«РЕМОНТ» № 73

ПУСТЬ ЭТА КНИГА ПРИНЕСЕТ ВАМ УДАЧУ!

В.Л. Лихачев

«СОЛОН»

ЭЛЕКТРОСВАРКА
СПРАВОЧНИК

Технология ручной дуговой сварки

Характеристики и рекомендации по применению электродов

Более 200 отечественных марок электродов

Более 250 зарубежных марок электродов

Характеристики 80 источников сварочного тока

ISBN 5-98003-101-4

9 785980 031015

Серия «Ремонт»
Выпуск 73

В. Л. Лихачев

ЭЛЕКТРОСВАРКА

СПРАВОЧНИК

Москва
СОЛОН-Пресс
2010

УДК 621.396.218
ББК 32.884.1
Л65

В. Л. Лихачев
Л65 Электросварка. Справочник. — М.: СОЛОН-Пресс, 2010. — 672 с.: ил. — (Серия «Ремонт», выпуск 73).

ISBN 5-98003-101-4

Книга «Электросварка. Справочник» охватывает практически все аспекты электродуговой сварки плавлением, подробнее — вопросы ручной дуговой сварки.

В книге приводятся подробные характеристики более 400 сварочных электродов отечественного и зарубежного производства. Приведена таблица соответствия электродов ESAB отечественным электродам.

По всем электродам приведены рекомендации по области применения, режимам сварки и свойства сварного шва.

Примененная система объединения в группы, а также классификация по американскому (AWS), международному (ISO), немецкому (DIN) и европейскому (EN) стандартам упрощает выбор и использование широкой гаммы представленных электродов.

В данном справочнике дается подробная расшифровка обозначения электрода по ГОСТ, AMS, ISO, DIN, EN.

Большое внимание в книге уделяется сварочному оборудованию. Приведено описание и даны технические характеристики около 80 источников сварочного тока.

Описаны устройства стабилизации горения сварочной дуги и устройства снижения напряжения холостого хода источника сварочного тока.

Приведен расчет необходимого количества электродов для сварки конструкции и расчет температуры предварительного подогрева.

Описаны приемы и методы ручной дуговой сварки. Приведены специальные виды ручной электросварки.

Справочник предназначен для электросварщиков и широкого круга инженерно-технических работников, связанных в своей практической деятельности со сварочными работами.

Приведенные в книге сведения будут полезны инженерно-техническим работникам промышленных и строительных предприятий, проектных, конструкторских и научно-исследовательских организаций и студентам технических специальностей. Кроме этого справочник будет хорошим пособием для сварщиков (1-й уровень профессиональной подготовки) и мастеров, бригадиров (2-й уровень) при подготовке к аттестации — первичной или очередной.

УДК 621.396.218
ББК 32.884.1

ISBN 5-98003-101-4

© Макет и обложка «СОЛОН-Пресс», 2010
© В. Л. Лихачев, 2010

Предисловие

Сварка — одна из наиболее прогрессивных технологий XX столетия. Трудно указать область промышленного и строительного производства, где не используется сварка для соединения элементов конструкций. Очевидно, что и в XXI веке сварочные технологии получат дальнейшее развитие.

Среди большого разнообразия видов сварки дуговая сварка является наиболее распространенным видом сварочных работ, широко применяемым для изготовления разнообразных металлических конструкций, так как она самый доступный источник тепла достаточно высокой интенсивности. Более того, с помощью ручной дуговой сварки можно производить точную стыковку криволинейных поверхностей в труднодоступных местах.

В последнее десятилетие на территории России и стран СНГ сформировался свободный рынок сварочных материалов. Несколько тысяч больших, средних и малых фирм изготавливают и продают разнообразные сварочные материалы, потребность в которых постоянно возрастает.

В книге приведены сведения об электродах, наиболее распространенных на территории России и стран ближнего зарубежья. Все описываемые марки электродов имеют сертификаты соответствия Госстандартов Российской Федерации и Украины (Сепроз), а также гигиенические сертификаты Минздрава России. Ряд марок электродов сертифицирован Морским Регистром судоходства, Регистром Ллойда (Англия).

Электроды классифицированы на следующие группы:

- электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей;
- электроды для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности;
- электроды для сварки теплоустойчивых сталей;
- электроды для сварки высоколегированных коррозионно-стойких сталей и сплавов;
- электроды для сварки высоколегированных жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов;
- электроды для сварки специализированных сталей;
- электроды для сварки разнородных сталей и сплавов;
- электроды для наплавки;
- электроды для сварки и наплавки чугуна;
- электроды для сварки и найловки алюминия и его сплавов,
- электроды для сварки цветных металлов;
- электроды для резки металлов.

Представление каждой группы электродов сопровождается их общей краткой характеристикой, приведено соответствие электродов зарубежным стандартам: американскому (AWS), немецкому (DIN), международному (ISO).

Описание входящих в группу конкретных марок электродов содержит:

- основное назначение;
- технические характеристики, включая производительность наплавки;
- типичные механические свойства сварного шва при нормальной (кроме особо оговоренных случаев) температуре;

- типичный химический состав наплавленного металла и рекомендуемые режимы сварки;
- технологические особенности применения;
- условное обозначение электродов или обозначение электродов в документации (в стандартах).

Содержащаяся в книге информация позволит потребителю сделать обоснованный выбор электродов, обеспечивающих необходимые характеристики металла сварного шва для соответствующих свариваемых конструкций и деталей, швов, повысить производительность и эффективность.

Помимо подробной информации об электродах для электросварки, в справочнике уделяется большое внимание сварочному оборудованию. Описаны устройства и работа 80 источников сварочного тока, приведены их эксплуатационно-технические характеристики. рассмотрены устройства стабилизации горения сварочной дуги и устройства снижения напряжения холостого хода сварочного агрегата.

В справочнике предложены расчетные методики определения расходных материалов и температуры предварительного подогрева свариваемых металлических конструкций. Подробно описаны приемы и методы специальных видов неавтоматизированной (ручной) дуговой сварки.

Приведенные в справочнике сведения будут полезны инженерно-техническим работникам промышленных и строительных предприятий, проектных, конструкторских и научно-исследовательских организаций, а также студентам и аспирантам вузов, которые обучаются строительным специальностям.

В заключение автор выражает глубокую признательность доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой «Теория и технология сварки» СПбГПУ, члену Управляющего Научно-технического Совета НАКС, заслуженному деятелю науки РФ В. В. Башенко, взявшего на себя труд по тщательному вычитыванию и проверке первоначального варианта рукописи и обнаружившего множество неочевидных и трудноуловимых ошибок, а также высказавшего ряд замечаний по улучшению структуры книги. Анализ и осмысление замечаний существенно повысили профессиональный уровень автора, что оказалось весьма существенным в работе над следующими книгами данной серии, в том числе и над учебно-справочным пособием по газо-электросварке.

1. Электросварка

1.1. История сварки

1.1.1. История развития сварки

Способ получения неразъемных соединений различных металлических деталей путем сварки и пайки был известен еще в глубокой древности. Так, в египетских пирамидах при археологических раскопках нашли золотые изделия, которые имели паянные оловом соединения, а при раскопках итальянского города Помпеи обнаружили свинцовые водопроводные трубы с продольным паяным швом. Широко применялась в прошлом и кузнечная сварка. При этом способе сварки соединяемые металлы нагреваются до состояния пластичности, а затем проковываются в местах соединения.

Ранее сварка представляла собой технологический процесс самого разнообразного применения, но, за небольшим исключением, не использовалась для создания сложных конструкций. Чаще ее использовали для изготовления свинцовых труб или свинцовых кровельных листов. Подогрев осуществлялся с помощью древесного угля, а сварку выполняли последовательными ударами молота (рис. 1.1).

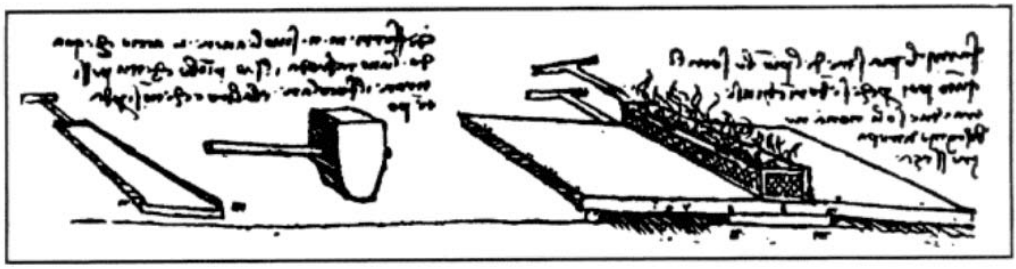


Рис. 1.1. Сварка листов свинцовой кровли, предложенная Леонардо да Винчи

Широко распространена была ремонтная сварка, например, ремонт каретных осей, разрушающихся от усталости.

Уровень технологии сварки в средние века можно увидеть на примере огромной пушки Дол Грайэт, 1382 года выпуска (рис. 1.2). Эта пушка представляла собой кованную трубу, усиленную наружными обручами, которые присоединялись к трубе кузнечной сваркой. Общая масса изделия более 16 тонн. Такой способ изготовления пушек был широко распространен во всем мире. Самые большие пушки этого типа были изготовлены в Индии в XVI и XVII веках. Они достигали 9 метров в длину и весили до 50 тонн.

В большинстве древних строений в качестве несущих элементов, нагруженных сжатием, применялись камень и неармированный бетон, а также древесина для балок и перекладин. В некоторых случаях требовались узлы, работающие на растяжение, и тогда использовали железные анкера, изготовленные кузнечной сваркой или ковкой. Одним из примеров тому является купол Храма Рокк в Иеру-

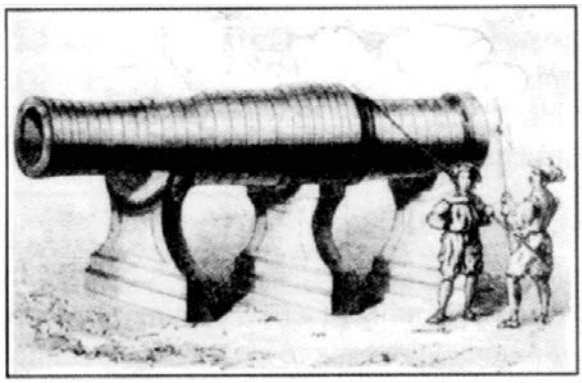


Рис. 1.2. Пушка Дол Грайэт 1382 г.

салиме (VIII в.). В нем горизонтальная растягивающая нагрузка восьмигранного свода приложена к восьмигранному стальному крепежному кольцу. И это не украшение, а составной компонент конструкции.

В итальянской Венеции аркады Дворца Дожей также поддерживаются стальными брусьями. И здесь горизонтальная нагрузка сводов требовала сварного крепления.

Вообще, готическая архитектура и архитектура эпохи Возрождения часто требовали стальных сварных соединений несущих конструкций как на начальной стадии строительства, так и при последующем ремонте. Это было первое широко распространенное применение сварки в элементах сооружений.

С наступлением индустриализации, вследствие развития науки и техники, многие изготавливаемые ранее из дерева и камня элементы сооружений были заменены металлическими. Преобладающим металлом было и остается железо или его сплавы, называемые сталями.

Можно с уверенностью утверждать, что и в дальнейшем сварка будет оставаться одним из ведущих технологических процессов в промышленном производстве и в строительстве. До $^{2}/_{3}$ мирового потребления стального проката идет на производство сварных конструкций и сооружений. Сварке подвергаются практически любые металлы и неметаллы в любых условиях — на земле, в морских глубинах и в космосе. Толщина листов свариваемых деталей колеблется от единиц микрон до десятков и сотен сантиметров, масса сварных конструкций — от долей грамма до сотен и тысяч тонн. Зачастую сварка является единственно возможным или наиболее эффективным способом создания неразъемных соединений конструкционных материалов и получения заготовок, максимально приближенных к оптимальной форме готовой детали или конструкции.

1.1.2. История разработки процессов сварки плавлением

Большинство современных электродуговых процессов были разработаны в первой половине 20-го века, хотя начало свое они берут в веке 19-м. Так, в 1802 году впервые в мире профессор Санкт-Петербургской медикохирургической академии Василий Владимирович Петров (1761—1834) открыл и наблюдал дуговой разряд от построенного им сверхмощного «Вольтового столба». Этот столб состоял из 2100 пар разнородных кружков (из меди и цинка), которые были проложены бумажными кружками, смоченными водным раствором нашатыря. Тогда это был наиболее мощный источник электрического тока. Проделав боль-

шое количество опытов, профессор Петров показал возможность использования электрической дуги для освещения и плавления металлов.

Он первым предложил применить электрическую дугу в качестве источника теплоты для мгновенного расплавления металлов.

Изначально в дуговой сварке не использовали расходных сварочных материалов, и основным видом электросварки была сварка дугой с использованием неплавящегося угольного электрода. Впервые она была применена в 1881 году Августом де Меританом. Спустя короткое время, в 1888 году, Н. Г. Славянов заменил уголь на голый металлический электрод (пруток), обычно изготавливавшийся из холоднокатанной стали (например, телеграфной проволоки, проволоки для изгороди и т. д.). Тем самым было положено начало дуговой сварке плавящимся электродом. Дугу от такого электрода было очень трудно зажигать и поддерживать, так как она горела на открытом воздухе, и поэтому наплавленный металл был сильно загрязнен и вспенен кислородом и азотом. Процесс сварки был не слишком благоприятен для пользователя и сопровождался образованием неровных поверхностей плавления, пористости и довольно обильным крупнокапельным переносом металла.

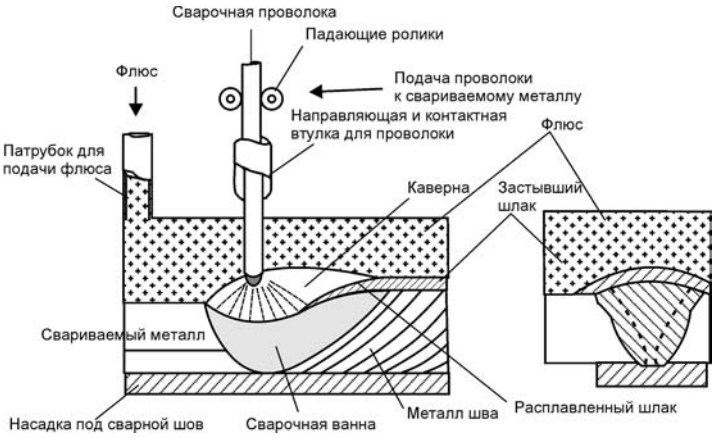
Первые флюсы, наносимые непосредственно на поверхность электродов, были аналогичны флюсам кузнечной сварки (песок, борат, пепел и т. п.). Учитывая то, что с помощью дуговой и кузнечной сварки решаются совершенно разные технические задачи, данный подход не был эффективным. Основной прогресс был достигнут (приблизительно в 1902 г.), когда Кельберг изготовил флюс для голых электродов. Стержни опускали в пасту, состоящую из порошкообразных карбонатов и окисей металлов, смешанных с водой. Покрытие высушивали при обычной температуре (от 20 до 30 °С), и электрод был готов к применению. Хотя по современным стандартам такое флюсование электрода считается сырым, с тонкой, низкокачественной обмазкой, оно давало некоторую газовую защиту при сварке и в какой-то степени обеспечивало стабилизацию дуги.

Однако разработки продолжались, и к 1912 году появилось толстое электродное покрытие, по существу представляющее собой обертку из синего асбеста, пропитанного жидким стеклом (рис. 1.3, *а*). Преимущество толстого покрытия заключалось в существенных добавках других составляющих, чего не было в тонком покрытии. Эти и другие подобные им изменения давали важные преимущества толстым электродам, так как они обеспечивали лучшую стабилизацию дуги и шлаковую защиту сварного шва. Электроды с толстым покрытием, пропитанным жидким стеклом, нашли применение в таких важных областях промышленности, как изготовление вооружений и ремонт бойлеров кораблей. Широкое использование толстого флюсового покрытия было обусловлено еще и тем, что оно обеспечивало не только защиту от атмосферного загрязнения, но создавало легко ионизируемые компоненты, стабилизирующие горение дуги. Этим компенсировался недостаток умения сварщика и повышался шанс получения шва без дефектов. Впервые прочность сварного шва стала равной прочности основного металла.

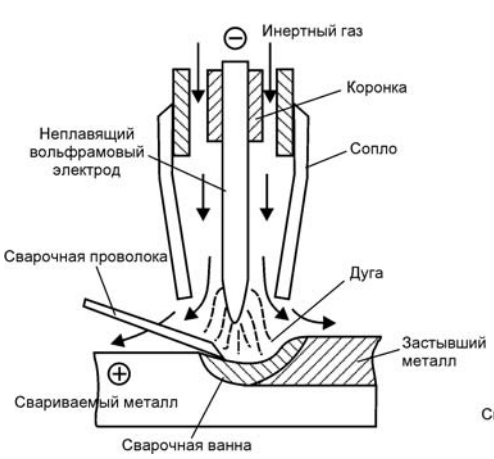
Электроды с толстым покрытием, изначально разработанные для ремонта бойлеров на кораблях, заложили фундамент для разработок в области сварочных материалов на много десятилетий вперед. Изготовители сварочных электродов еще и до настоящего времени используют в работе ряд прежних составляющих компонентов для флюса, такие как $CaCO_3$, K_2CO_3, MgO, C, $KNaSiO_3$, B_2O_3, $HAlSiO_4$.

Интересный и показательный факт: даже при явных преимуществах покрытых электродов, в большинстве случаев, вплоть до 20-х годов XX века, в электросварке использовались в основном голые металлические электроды. Это происходило в основном по экономическим соображениям, так как первые покрытые

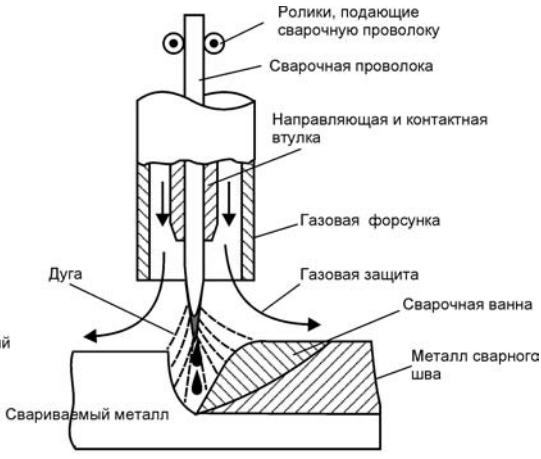
а)



б)



в)



г)

Рис. 1.3. Схематичная иллюстрация основных сварочных процессов: *а* — сварка плавящимся электродом (SMAW); *б* — дуговая сварка под флюсом защищенной дугой (SAW); *в* — дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа (GTAW); *г* — дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа (GMAW)

электроды дорого стоили и при этом не всегда полностью удовлетворяли требованиям по качеству.

Однако применение электродов, покрытых флюсом наглядно показало, что толстое покрытие способствует:

- стабилизации дуги во время сварки;
- образованию газового и флюсового слоя для защиты дуги и наплавленного металла от атмосферного загрязнения;
- регулированию взаимодействия флюс/металл путем добавления легирующих элементов в наплавленный металл;
- формированию правильной формы сварного шва за счет его укрытия шлаком во время сварки.

Непрерывная сварка электродом с флюсовым покрытием осуществлялась при помощи сварочной головки с автоматической подачей прутка. Этот процесс механизированной сварки известен как гравитационная сварка. С начала 1940-х годов этот метод широко использовался на японских верфях для сварки протяженных горизонтально-вертикальных угловых швов.

При сварке под флюсом дуга и расплавленный металл защищены оболочкой из расплавленного флюса и слоем нерасплавленных частиц гранулированного флюса (рис. 1.3, *б*). Этот процесс был разработан в США и СССР к концу 1930-х годов. В течение долгого времени считалось, что теплота должна выделяться за счет процесса нагрева током, проходящим через сопротивление расплавленного шлака.

Преимущество данного процесса заключается в том, что для достижения глубокого провара и получения высокой скорости наплавки металла при значительной экономии затрат можно применять очень высокие сварочные токи. Шов сваривают без разбрызгивания металла и попадания воздуха, так как дуга и сварочная ванна полностью защищены. Данный метод применяют в основном для сварки в нижнем положении плоских пластин с длинной и прямой разделкой.

Примерно в 1960 году был разработан процесс сварки под флюсом несколькими электродами, при котором используют две или более сварочные проволоки, подающиеся в одну и ту же сварочную ванну. Проволоки могут быть под током, либо в качестве присадки. Такой процесс позволяет увеличить скорость наплавки металла и улучшить эксплуатационную гибкость. Регулирование процесса наплавки металла также способствует достижению более высоких скоростей сварки.

Один за другим были разработаны, в частности на японских судоверфях, некоторые типы процессов односторонней сварки под флюсом на медной или флюсовой подкладке (рис. 1.4).

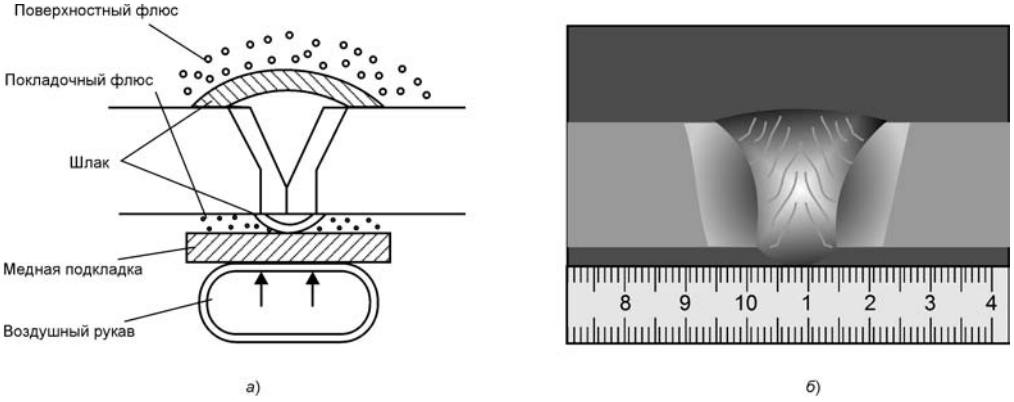


Рис. 1.4. Флюсо-медная подкладка (*а*) и сварной шов (*б*)

Односторонняя дуговая сварка представляет собой процесс получения шва с полностью проплавленным основным металлом путем сварки только с одной стороны. Она применялась в конструкциях, где пространство было слишком узким для сварки металла с обеих сторон. Целью этой разработки являлось повышение эффективности работ на габаритных конструкциях в судостроении в случаях, когда переворачивание деталей было затруднительным или невозможным. Для получения гладкой однородной поверхности с обратной стороны шва подкладывали длинную медную полосу с нанесенным на ее поверхность тонким слоем флюса, которую прижимали к обратной стороне шва с помощью надувного резинового рукава (рис. 1.4, *а*). Так как односторонний процесс сварки под флюсом делает возможным изготовление сборочной линии в сочетании с конвейером, его успешно начали применять на многих судоверфях, а впоследствии его применение распространилось и на стадию строительного монтажа.

Идея применения защиты дуги и наплавленного металла от атмосферного загрязнения принудительной подачей газа в зону сварки известна примерно столько же, сколько и покрытый электрод. Рассмотрено и испытано много видов газов от инертных до водорода. Примерно в 1930 году в США был проведен ряд экспериментов по горению дуги с вольфрамовым электродом в атмосфере инертного газа, а позднее, в 1940 году, была начата на практике сварка дугой, возбуждаемой вольфрамовым электродом в гелии (рис. 1.3, *в*). Это было началом применения процесса дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа. В ходе разработки этого процесса чистота защитного газа была повышена до 99,95%, особенно в связи с потребностью в высокоочищенных газах для сварки алюминиевых сплавов и реактивных металлов. Популярность приобрел аргон как наиболее эффективный и безопасный в применении газ.

В 1948 году был разработан новый процесс с применением защитного газа. Это была дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа (рис. 1.3, *г*). В дуговой сварке вольфрамовым электродом электрод был неплавящимся, а в данном процессе электрод имел форму проволоки, которая подавалась из бухты в дугу со скоростью, равной скорости плавления проволоки. Так как применение аргона для дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитного газа экономически невыгодно, то после нескольких лет исследований в СССР, Великобритании, Нидерландах и Японии к концу 1950-х годов были разработаны методы, сделавшие возможным использование углекислого газа в качестве защитного.

1960-е годы были самым важным периодом, в течение которого были разработаны многие процессы сварки плавлением, отличные от вышеупомянутых, которые стали широко применять во всем мире. В их число входит дуговая сварка порошковой проволокой в защитном газе и без него, электрогазосварка, дуговая сварка плавящимся электродом в смеси газов ($Ar+CO_2$), электрошлаковая сварка и т. д.

В начале 1980-х годов были разработаны и применялись в основном порошковые проволоки малого диаметра (1,2—1,6 мм), поэтому применение полуавтоматической и автоматической дуговой сварки было распространено в основном в судостроении и строительстве мостов.

1.1.3. Электроды с железным порошком в покрытии

Вводить дополнительный металлический материал в покрытие сварочных электродов с целью интенсификации процесса плавления присадочного материала предложили еще в 1937 г. Е. М. Кузмак и И. П. Доронин. На стержни диаметром 4,0; 5,0 и 6,0 мм с предварительно нанесенным тонким покрытием наматывали спираль из проволоки малого диаметра. Затем на эти электроды наносили вто-

рой слой покрытия того же состава, что и первый. Масса намотанной спирали составляла 100—110% массы стержня. По данным Е. М. Кузмака и И. П. Доронина, предложенные электроды имели коэффициент наплавки порядка 18—20 г/А·ч, т. е. в 2 раза больше, чем у промышленных электродов без железного порошка.

Примерно через десять лет специалисты ряда стран (Англии, Франции, Германии, США и др.), оценив достоинства электродов Е. М. Кузмака и И. П. Доронина, разработали промышленные марки высокопроизводительных электродов с железным порошком. В дальнейшем в результате систематических исследований особенностей процессов плавления электродов с различным количеством железного порошка в покрытии различных типов, разработки требований к железному порошку, изучения технологии их изготовления была разработана широкая номенклатура высокопроизводительных электродов, определился устойчивый спрос на такие электроды. В то же время, потребитель стал диктовать поставщикам все новые требования к электродам с железным порошком, регламентируя типы покрытий, сварочно-технологические характеристики, возможность сварки в иных, кроме нижнего, положениях, свойства и эксплуатационные характеристики свариваемых соединений и т. д. Процесс совершенствования высокопроизводительных электродов во многих странах находится в развитии и в настоящее время. Фирмы ряда западных стран предлагают потребителю достаточно широкую номенклатуру электродов различного назначения с основным, рутиловым, рутило-основным и другими типами покрытий, характеризующимися коэффициентом наплавки 12—20 г/А·ч.

В нашей стране широкое применение высокопроизводительных электродов началось примерно к середине 60-х гг. Именно в это время были разработаны электроды ОЗС-3, АНО-1, ЗРС-1 и др. с коэффициентом наплавки 14—15 г/А·ч. По многим причинам в течение нескольких десятилетий интерес к такого рода электродам снижался, хотя промышленные и экономические выгоды применения высокопроизводительных электродов убедительны.

1.1.4. Первые сварные конструкции

Кораблестроение. Первые нормативы на стальные суда были выданы Регистром Ллойда в 1855 г. и Бюро Веритас в 1858 г. Поскольку преобладающим видом соединения металлических листов была клепка, эти суда собирались без применения сварки. Впервые сварка была использована в качестве ремонтной технологии, больше по необходимости, нежели осознанно.

Сварочная технология впервые была широко применена в 1905 году для ремонта русских судов, поврежденных во время войны с Японией. Успех этих ремонтных работ обусловил идею использования сварки с самого начала сооружения судна. После ремонта небольших барж в 1915—1917 гг. и выдачи Регистром Ллойда в 1918 году первых нормативов на сварку судов, были разрешены проектирование и спуск на воду судов с цельносварным корпусом.

Вскоре после Первой мировой войны все государства, имеющие в своем распоряжении морской флот, проявили живой интерес к быстрому и дешевому способу строительства судов. В Швеции было сконструировано и построено 16-ти метровое судно «ESAB IV», демонстрирующее все особенности цельнометаллической конструкции корпуса корабля. По этому проекту во Франции был построен 20-ти метровый корабль «SAF 4», а в Японии спущен на воду «Suwa Maru».

Первое большое судно дальнего плавания было построено и спущено на воду в Великобритании в 1919 г. Корабль «Fullagar» имел 46 метров в длину и водоизмещение 398 тонн. Это судно выдержало серьезное крушение, которое потопило

бы клепаный корабль. Очередной значительный шаг в направлении совершенства сварных кораблей был сделан в связи с ограничением тоннажа немецких судов по Версальскому договору. Самым лучшим способом обеспечения требований к уменьшению веса судов была сварная конструкция. В 1923 году был спущен на воду легкий крейсер «Emden», длиной 155 м и водоизмещением 6056 тонн.

В 20-е и 30-е годы XX в. клепаные суда еще оставались в большинстве. Картина изменилась в 40-е годы. Вторая мировая война породила огромный спрос на корабли, удовлетворить который могли только сварные суда. В эти годы в США было построено 2600 так называемых «Либерти Шипс» (Кораблей Свободы).

При эксплуатации сварных судов проявился новый вид разрушения корпуса судна. Он появлялся в основном из-за остаточных напряжений и отсутствия способности к деформации при определенных условиях. В конечном счете, большие научно-исследовательские работы смогли решить проблему хрупкого излома с помощью специальных материалов, требований к проектированию и сварке.

Несущие стальные конструкции для зданий. Несущим стальным конструкциям для зданий с самого начала пришлось остро соперничать с бетонными и каменными. Сталь применяли только тогда, когда свойства общепринятых материалов были недостаточными. Примером может служить Эйфелева башня в Париже. В то время невозможно было возвести подобное сооружение из бетона. Развитие сварочной технологии изменило отношение к ней. Значительное сокращение стоимости производства и времени изготовления сделали стальные конструкции конкурентоспособными во многих областях. Экономичное превосходство сварных конструкций стало очевидным.

С 1920 года в США были начаты проектные исследования по созданию конструкций несущих каркасов для многоэтажных зданий с использованием сварочной технологии.

Результаты этих исследований и ожидания снижения стоимости строительства были настолько убедительными, что 7-этажная больница Калифорнийского университета была построена за один месяц. Сообщалось, что при этом использовали 10 сварочных установок, которыми сварили более чем 3500 м швов. Несколькими годами позже этот успех привлек внимание европейских конструкторов. В 1922 году в Германии (Neese) была представлена на рассмотрение первая докторская диссертация, посвященная деталям конструкций, проектированию, анализу и проверке качества сварных соединений.

В 20-е годы по всему миру было воздвигнуто несколько зданий с применением сварки. В Германии были построены заводские здания, 13-этажное здание было возведено в Катовицах (Польша) и 20-этажное в Швейцарской Лозанне. Строительство здесь проходило по обычной технологии: изготовление элементов конструкций в цехе с использованием всех установок оснастки, приборов и доступных для автоматизации средств, а затем последующее возведение здания на монтажной строительной площадке с помощью сварки, а иногда и болтовых соединений.

После этой ранней, более или менее экспериментальной стадии новой технологии, потребовались правила и нормативы. Первые нормативы были введены в Германии в 1926 г. Затем в Польше в 1927 был опубликован норматив «Стандартное производство металлоконструкций с использованием дуговой сварки». Позднее за ними последовали все промышленно-развитые страны. В 30-е годы сварка была внедрена в технологию сооружения небоскребов и высотных зданий: 32-этажное здание в Лос-Анджелесе, 19-этажное в Варшаве, Литтори-Тауэр высотой 116 м в Милане.

Мосты. С середины XIX века, когда сталь стала дешевой и массовой продукцией, начали возводить огромные мосты. В качестве примера можно вспомнить некоторые выдающиеся сооружения: мост через реку Форт, мост Тайн Бридж в Великобритании, Бруклинский мост в Нью-Йорке. Все эти мосты были склепаны. Конструкторы в течение долгого времени неохотно использовали сварку из-за сомнений в надежности.

Во Франции в 1923 году механики были вынуждены взяться за срочный ремонт моста. С помощью сварки были добавлены ребра жесткости. Год спустя после удачного опыта железнодорожный виадук был отремонтирован и усилен сваркой. Допустимую нагрузку смогли удвоить.

В конце 20-х годов были сооружены первые сварные мосты. Пионерами были США и вслед за ними Советский Союз, выполнявший свои пятилетние планы. Экономия от применения сварки при строительстве мостов была значительной. В 1930 году уже существовали первые нормативы на сварные мосты, и широкому применению сварки уже ничего не мешало. В Бельгии были построены мосты через канал Альберта. Позднее они рухнули из-за хрупкостных разрушений. Замечательным примером того времени является полностью сварной мост в Чехословакии (Faltus). Проект производства сварочных работ отвечает всем современным требованиям. К концу 30-х годов были полностью разработаны концепции, проект и анализ сварных мостов.

Транспортные средства и оборудование. Вероятно, не случайно, автомобильная промышленность и сварочная технология развивались в одно и тоже время. В Германии первая реализация ацителено-кислородной сварки состоялось на автомобильном заводе. По другую сторону реки Рейн, во Франции автомобильная промышленность сыграла роль первооткрывателя. Ситроен создал первый отдел сварки, который отвечал за все аспекты новой технологии, например, за выбор материалов, технологию сварки, обеспечение качества и обучение персонала. Все больше и больше узлов производили с использованием сварки. Технология вводилась постепенно, шаг за шагом и в 30-е годы были спроектированы полностью сварные конструкции железнодорожных составов, локомотивов, трамваев, электрогенераторов и, в целях обороны, бронемашин. Одним из замечательных примеров, повлиявших на историю Второй мировой войны, является проектирование Патоном О. Е. сварного русского танка Т-34. Корпус был собран с применением автоматизированной линии сварки под флюсом.

После войны сварка стала развиваться в мирных целях. Кроме непрерывных улучшений, можно увидеть и несколько краеугольных камней развития. В машиностроении, особенно при конструировании станков, механизмов и оборудования, литые чугунные корпуса были почти полностью заменены сварными. В 60-х и 70-х годах появление высокопрочных закаленно-отпущенных сталей оказало основное влияние на конструирование кранового, металлообрабатывающего и землеройного оборудования. Без этих материалов было бы не возможно создание передвижных кранов с грузоподъемностью до 1000 тонн.

1.2. Сущность процесса сварки

Сварка — это один из ведущих технологических процессов обработки металлов. Большие преимущества сварки обеспечили ее широкое применение в народном хозяйстве. С помощью сварки осуществляется производство судов, турбин, котлов, самолетов, мостов, реакторов, высотных зданий и других необходимых конструкций.

Сваркой называется технологический процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или при пластическом деформировании, или совместным действием того и другого.

Сварное соединение металлов характеризуется непрерывностью их структур. Для получения сварного соединения нужно осуществить межмолекулярное сцепление между свариваемыми деталями, которое приводит к установлению атомарной связи в пограничном слое.

Если зачищенные поверхности двух соединяемых металлических деталей при сжатии под большим давлением сблизить так, чтобы могло возникнуть общее, электронное облако, взаимодействующее с ионизированными атомами обоих металлических поверхностей, то получаем прочное сварное соединение. На этом принципе основана холодная сварка пластичных металлов.

При повышении температуры в месте соединения деталей, амплитуда колебания атомов относительно постоянных точек их равновесного состояния увеличивается, и тем самым создаются условия более легкого получения связи между соединяемыми деталями. Чем выше температура нагрева, тем меньшее давление требуется для осуществления сварки, а при нагреве до температур плавления необходимое давление становится равным нулю.

Физическая сущность процесса сварки очень проста. Поверхностные атомы куска металла имеют свободные, ненасыщенные связи, которые захватывают всякий атом или молекулу, приблизившуюся на расстояние действия межатомных сил. Сблизив поверхности двух кусков металла на расстояние действия межатомных сил или, говоря проще, до соприкосновения поверхностных атомов, получим по поверхности соприкосновения сращивание обоих кусков в одно монолитное целое с прочностью соединения цельного металла, поскольку внутри металла и по поверхности соединения действуют те же межатомные силы. Процесс соединения после соприкосновения протекает самопроизвольно (спонтанно), без затрат энергии и весьма быстро, практически мгновенно.

Объединение отдельных объемов конденсированной твердой или жидкой фазы в один общий объем сопровождается уменьшением свободной поверхности и запаса энергии в системе, а потому термодинамический процесс объединения должен идти самопроизвольно, без подведения энергии извне. Свободный атом имеет избыток энергии по сравнению с атомом конденсированной системы, и присоединение свободного атома сопровождается освобождением энергии. Такое самопроизвольное объединение наблюдается между объемами однородной жидкости.

Гораздо труднее происходит объединение объемов твердого вещества. Приходится затрачивать значительное количество энергии и применять сложные технические приемы для сближения соединяемых атомов. При комнатной температуре обычные металлы не соединяются не только при простом соприкосновении, но и при сжатии значительными усилиями. Две стальные пластинки, тщательно отшлифованные и «пригнанные», подвергнутые длительному сдавливанию усилием в несколько тысяч килограмм, при снятии давления легко разъединяются, не обнаруживая никаких признаков соединения. Если соединения возникают в отдельных точках, они разрушаются действием упругих сил при снятии давления. Соединению твердых металлов мешает, прежде всего, их твердость, при их сближении действительное соприкосновение происходит лишь в немногих физических точках, и расширение площади действительного соприкосновения достаточно затруднительно.

Металлы с невысокой твердостью, например, свинец, прочно соединяются уже при незначительном сдавливании. У более твердых металлов поверхность дей-

ствительного соприкосновения очень мала по сравнению с общей кажущейся, даже на тщательно обработанных и пригнанных поверхностях.

Сварка представляет собой технологический процесс получения плотного неразъемного соединения деталей с использованием сил молекулярного сцепления, при этом материал соединения (сварной шов) имеет те же физические и механические характеристики, что и соединяемые детали.

Все виды сварки можно разделить на две большие группы — сварка давлением и сварка плавлением.

Сварка давлением использует пластические свойства материалов соединяемых деталей, при этом нагрев играет второстепенную роль или совсем не применяется. При сварке давлением металл нагревается до пластического состояния за счет высокого электрического сопротивления зоны контакта и затем осаживается механическим усилием, вызывающим пластическую деформацию деталей и их соединение в одно целое.

При сварке плавлением металл нагревают до жидкого состояния (расплавления), причем кромки соединяемых деталей расплавляются одновременно, образуя общую ванну жидкого металла; при кристаллизации (затвердевании) расплавленный металл сварочной ванны образует прочное соединение, имеющее литую структуру.

Таким образом, процесс сварки заключается в образовании прочных связей между атомами и молекулами на соединяемых поверхностях заготовок. Для образования соединений необходимо выполнение следующих условий:

- освобождение свариваемых поверхностей от загрязнений, оксидов и адсорбированных на них инородных атомов;
- энергетическая активация поверхностных атомов, облегчающая их взаимодействие друг с другом;
- сближение свариваемых поверхностей на расстояние, сопоставимое с межатомным расстоянием в свариваемых заготовках.

В зависимости от формы энергии, используемой для образования сварного соединения, все виды сварки разделяют на три класса: термический, термомеханический и механический.

К термическому классу относятся виды сварки, осуществляемые плавлением с использованием тепловой энергии (дуговая, плазменная, электрошлаковая, электронно-лучевая, лазерная, газовая и др.).

К термомеханическому классу относятся виды сварки, осуществляемые с использованием тепловой энергии и давления (контактная, точечная электросварка, диффузионная и др.).

К механическому классу относятся виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления (ультразвуковая, взрывом, трением, холодная и др.).

По виду источника энергии, используемой для нагрева, сварку плавлением можно разделить на электрическую и газовую. При газовой сварке используется энергия горения в кислородной атмосфере горючих газов — ацетилена, газов-заменителей (пропана, метана, водорода и т. д.) и паров горючих жидкостей (бензина, керосина).

При электрической дуговой сварке основная часть теплоты, необходимая для нагрева и плавления металла, получается за счет дугового разряда, возникающего между свариваемым металлом и электродом. Под действием теплоты дуги кромки свариваемых деталей и торец плавящегося электрода расплавляются, образуя сварочную ванну, которая некоторое время находится в жидком состоянии. При затвердевании металла образуется сварное соединение. Энергия, необходимая для

образования и поддержания дугового разряда, отбирается от источников питания дуги постоянного или переменного тока. Классификация дуговой сварки производится в зависимости от степени механизации процесса сварки, рода тока и полярности, типа дуги, свойств электрода, вида защиты зоны сварки от атмосферного воздуха и по другим признакам.

1.3. Классификация видов сварки

Электрическую сварку плавлением в зависимости от характера источников нагрева и расплавления свариваемых кромок можно разделить на следующие основные виды сварки:

- электродуговая, где источником тепла является электрическая дуга;
- электрошлаковая, где основным источником теплоты является расплавленный шлак, через который протекает электрический ток;
- электронно-лучевая, при которой нагрев и расплавление кромок соединяемых деталей производят направленным потоком электронов, излучаемых раскаленным катодом;
- лазерная, при которой нагрев и расплавление кромок соединяемых деталей производят направленным сфокусированным мощным световым лучом микрочастиц-фотонов.

Электродуговую сварку можно классифицировать следующим образом:

- по роду тока сварки — на дугу, запитываемую постоянным током прямой (минус на электроде) или обратной (плюс на электроде) полярности или переменным током. В зависимости от способов сварки применяют ту или иную полярность. Сварка под флюсом и в среде защитных газов обычно производится на обратной полярности;
- по типу дуги — на дугу прямого действия (зависимую дугу) и на дугу косвенного действия (независимую дугу). В первом случае дуга горит между электродом и основным металлом, который также является частью сварочной цепи, и для сварки используется теплота, выделяемая в газовом столбе дуги и на электродах; во втором — дуга горит между двумя электродами. Основной металл не является частью сварочной цепи и расплавляется преимущественно за счет теплоотдачи от газов столба дуги. В этом случае питание дуги осуществляется обычно переменным током, но она имеет ограниченное применение из-за малого коэффициента полезного действия дуги (отношение полезно используемой тепловой энергии дуги к полной тепловой энергии);
- по свойствам электрода — на сварку плавящимся электродом и неплавящимся (угольным, графитовым и вольфрамовым). Сварка плавящимся электродом является самым распространенным способом сварки; при этом дуга горит между основным металлом и металлическим стержнем, подаваемым в зону сварки по мере плавления. Этот вид сварки можно производить одним или несколькими электродами. Если два электрода подсоединены к одному полюсу источника питания дуги, то такой метод называют двухэлектродной сваркой, а если подсоединенных электродов больше — многоэлектродной сваркой пучком электродов. Если каждый из электродов получает независимое питание — сварку называют двухдуговой (многодуговой) сваркой. При дуговой сварке плавлением КПД дуги достигает 0,7—0,9;
- по условиям наблюдения за процессом горения дуги — на открытую, закрытую и полуоткрытую дугу. При открытой дуге визуальное наблюдение за процессом горения дуги производится через специальные защитные стек-

ла — светофильтры. Открытая дуга применяется при многих способах сварки: при ручной сварке металлическим и угольным электродом, при сварке в защитных газах. Закрытая дуга располагается полностью в расплавленном флюсе — шлаке, основном металле и под гранулированным флюсом, она невидима. Полуоткрытая дуга характерна тем, что одна ее часть находится в основном металле и расплавленном флюсе, а другая над ним. Наблюдение за процессом производится через светофильтры. Используется при автоматической сварке алюминия по флюсу;

- по роду защиты зоны сварки от окружающего воздуха: без защиты (голым электродом, электродом со стабилизирующим покрытием); со шлаковой защитой (толстопокрытыми электродами, под флюсом); со шлакогазовой защитой (толстопокрытыми электродами); с газовой защитой (в среде газов); с комбинированной защитой (газовая среда и покрытие или флюс).

  Стабилизирующие покрытия представляют собой материалы, содержащие элементы, легко ионизирующие сварочную дугу. Наносятся тонким слоем на стержни электродов (тонкопокрытые электроды), предназначенных для ручной дуговой сварки. Защитные покрытия представляют собой механическую смесь различных материалов, предназначенных ограждать расплавленный металл от воздействия воздуха, стабилизировать горение дуги, легировать и рафинировать металл сварного шва. Наибольшее применение имеют средне- и толстопокрытые электроды, предназначенные для ручной дуговой сварки и наплавки. Применяются также магнитные покрытия, которые наносятся на проволоку в процессе сварки за счет электромагнитных сил, возникающих между находящейся под током электродной проволокой и ферромагнитным порошком, находящимся в бункере, через который проходит электродная проволока при полуавтоматической или автоматической сварке. Иногда магнитное покрытие дополняется подачей защитного газа.
- по степени механизации — на ручную, механизированную (полуавтоматическую), автоматическую.

  Отнесение процесса сварки к тому или иному способу зависит от того, как выполняются зажигание и поддержание определенной длины дуги, манипуляция электродом для придания шву нужной формы, перемещение электрода по линии наложения шва и прекращения процесса сварки. При ручной сварке указанные операции, необходимые для образования шва, выполняются рабочим-сварщиком вручную без применения механизмов.

  При полуавтоматической сварке плавящимся электродом механизируются операции по подаче электродной проволоки в сварочную зону, а остальные операции процесса сварки осуществляются вручную.

  При автоматической сварке под флюсом механизируются операции по возбуждению дуги, поддержанию определенной длины дуги, перемещению дуги по линии наложения шва. Автоматическая сварка плавящимся электродом ведется сварочной проволокой диаметром 1—6 мм; при этом режим сварки (ток, напряжение, скорость перемещения дуги и др.) более стабилен, что обеспечивает однородность качества шва по его длине, в то же время требуется высокая точность в подготовке и сборке деталей под сварку.

В технической литературе часто встречаются общепризнанные аббревиатуры, обозначающие различные способы сварки:

- MMA (Manual Metal Arc) — ручная дуговая сварка штучными металлическими плавящимися электродами с покрытием;
- MIG/MAG (Mechanical Inert/Active Gas) — механизированная (полуавтоматическая) сварка в среде защитных газов (инертных или активных);

- TIG (Tungsten Inert Gas) — сварка неплавящимся (вольфрамовым) электродом в среде инертных защитных газов, например, так называемая аргонодуговая сварка.

Основными элементами любой сварочной установки являются: источник сварочного тока; исполнительный механизм; соединительные элементы (кабели); вспомогательные элементы (оснастка). В зависимости от выбранного вида сварки различают следующие виды сварочного оборудования:

1. Для ручной дуговой сварки штучными плавящимися электродами с покрытием (метод MMA):

- трансформаторы;
- выпрямители;
- генераторы;
- инверторы.

Трансформаторы предназначены для сварки на переменном токе, выпрямители, генераторы и инверторы — для сварки на постоянном токе.

2. Для полуавтоматической сварки металлической проволокой в среде защитных газов (метод MIG/MAG) — сварочные полуавтоматы, состоящие из источника питания (встроенного или автономного), блока управления, подающего механизма и специальной сварочной горелки.

3. Для автоматической сварки металлической проволокой в среде защитных газов или под флюсом — сварочные автоматы (самоходные тракторного типа, подвесные или планетарные головки).

4. Для ручной дуговой сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом в среде инертных защитных газов (метод TIG) — специализированные сварочные установки переменного и постоянного тока.

1.4. Принцип действия электродуговой сварки

Дуга — мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка происходит во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения. Процесс зажигания дуги в большинстве случаев включает в себя три этапа: короткое замыкание электрода на заготовку, отвод электрода на расстояние 3—6 мм и возникновение устойчивого дугового разряда.

Короткое замыкание выполняется для разогрева торца электрода и заготовки в зоне контакта с электродом. После отвода электрода с его разогретого торца (катода) под действием электрического поля начинается термоэлектронная эмиссия электронов. Столкновение быстродвижущихся по направлению к аноду электронов с молекулами газов и паров металла приводит к их ионизации. По мере разогрева столба дуги и повышения кинетической энергии атомов и молекул происходит дополнительная ионизация за счет их соударения. Отдельные атомы также ионизируются в результате поглощения энергии, выделяемой при соударении других частиц. В результате дуговой промежуток становится электропроводным и через него начинается разряд электричества. Процесс зажигания дуги заканчивается возникновением устойчивого дугового разряда.

Дуга горит между стержнем электрода 1 и основным металлом 7 (рис. 1.5). Под действием теплоты дуги электрод и основной метал плавятся, образуя металлическую сварочную ванну 4. Капли 8 жидкого металла с расплавляемого электродного стержня переносятся в сварочную ванну через дуговой промежуток. Вместе со стержнем плавится покрытие 2 электрода, образуя газовую защиту 3 вокруг

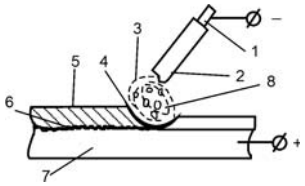


Рис. 1.5. Сварочная дуга

дуги и жидкую шлаковую ванну на поверхности расплавленного металла. Металлические и шлаковые ванны вместе образуют сварочную ванну. По мере движения дуги металл сварочной ванны затвердевает и образуется сварочный шов 6. Жидкий шлак по мере остывания образует на поверхности шва твердую шлаковую корку 5, которая удаляется после остывания шва. На рис. 1.5 стрелкой показано направление сварки.

1.5. Основные сведения о сварочной дуге

Сварочные дуги и способы сварки. При сварке металлов используется теплота, выделенная в столбе дуги и на концах электродов. При этом возможны три схемы исполнения дуги (рис. 1.6).

Дугой прямого действия называют дугу, образованную между электродом и свариваемым металлом (рис. 1.6, *а*).

Дугой косвенного действия называют дугу, горящую между двумя электродами (рис. 1.6, *б*).

Дугой комбинированного действия называют дугу, горящую между двумя электродами и свариваемым металлом (рис. 1.6, *в*). При комбинированной дуге возможно подключение по трехфазной схеме и тогда сварочную дугу называют трехфазной.

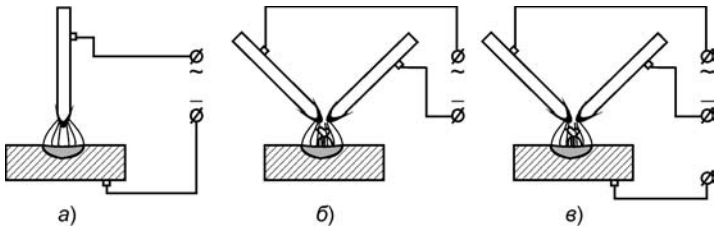


Рис. 1.6. Сварочные дуги

Электродуговую сварку выполняют плавящимся и неплавящимся электродом.

Сварка плавящимся электродом с использованием дуги прямого действия и постоянного или переменного тока получила наибольшее распространение в ремонтной практике. В качестве плавящегося электрода применяют металлический стержень необходимого химического состава, подаваемый в зону дуги по мере его плавления. Наплавленный шов образуется из частично расплавленного основного металла и металла электрода.

Сварку неплавящимся электродом с использованием дуги прямого и реже косвенного действия сравнительно часто применяют при ремонте и изготовлении кузовов автомобилей, при сварке тонколистового металла. В этом случае применяют угольный или вольфрамовый электрод. Наплавленный (сварочный) шов образуется за счет расплавления основного металла или основного и присадочного металла, вводимого в зону дуги.

Сварку неплавящимся электродом (угольным или вольфрамовым) ведут, как правило, постоянным током при прямой полярности, т. е. электрод подключают к катоду, чтобы избежать перегрева электрода.

Строение дуги прямого действия с использованием постоянного тока прямой полярности (минус на электроде) схематически показано на рис. 1.7. Сварочная дуга имеет три зоны: катодную 3, граничащую с катодным пятном 2 электрода 1, анодную 5, граничащую с анодным пятном 6 свариваемого металла 8, и столб дуги 4. Наибольшая температура 6000—7500 °С достигается в середине столба дуги. С увеличением плотности тока температура возрастает. На катодном пятне стального электрода температура достигает 2400 °С, а на катоде угольного электрода — 3200 °С, соответственно на аноде стального — 2600 °С и на аноде угольного электрода — около 4000 °С.

Разность температур на аноде и катоде используется при сварке плавящимся электродом. Детали из тонкого или легкоплавкого металла, а также из чувствительных к перегреву высокоуглеродистых, нержавеющих и легированных сталей сваривают током обратной полярности, т. е. деталь является катодом, а электрод анодом.

Длина сварочной дуги L (рис. 1.7) равна сумме всех трех областей: катодной, анодной и столба дуги. Напряжение дуги $U_д$ характеризуется кривой *абвг* и слагается из падения напряжения в катодной $U_к$ и анодной $U_а$ областях и в столбе дуги $U_{ст}$.

Падение напряжения в катодной и анодной областях зависит от материала электродов, давления и свойств окружающей газовой среды, поэтому в процессе сварки они постоянны. Падение напряжения в столбе дуги, кроме перечисленных факторов, зависит еще и от длинны дуги. С удлинением дуги напряжение возрастает, так как возрастает сопротивление столба дуги. Ручную дуговую сварку плавящимся электродом выполняют короткой дугой длиной 2—6 мм. Чем больше диаметр электрода, тем длиннее дуга. Дугу более 6 мм называют длинной. При сварке длинной дугой наплавленный металл получается пористым, так как увеличивается его окисление кислородом и обогащение азотом воздуха. Кроме того, ухудшается формирование шва, увеличиваются потери металла на разбрызгивание, снижается производительность, возрастает количество дефектов сварки. При угольном электроде сварку ведут длинной дугой.

Устойчивое горение дуги при сварке металлическим электродом наблюдается при напряжении 18—28 В, а угольным или графитовым при 30—35 В.

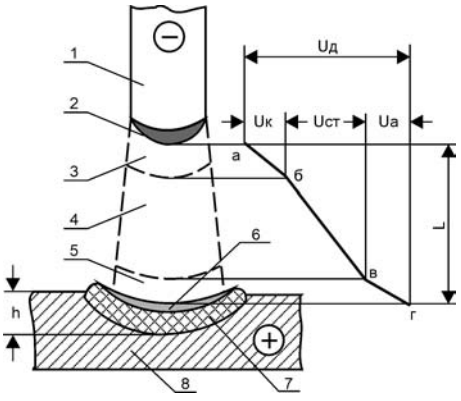


Рис. 1.7. Схема строения сварочной дуги: 1 — электрод; 2 — катодное пятно; 3 — катодная область; 4 — столб дуги; 5 — анодная область; 6 — анодное пятно; 7 — сварочная ванна; 8 — основной металл (деталь); *абвг* — кривая падения напряжения в дуге; $U_к$ — паление напряжения в катодной области; $U_{ст}$ — в столбе дуги; $U_а$ — анодной области; $U_д$ — напряжение дуги; L — длина дуги; h — глубина проплавления (провар)

Вольт-амперная характеристика дуги есть зависимость напряжения дуги от тока в дуге при ее установившемся (стационарном) горении. В общем виде график такой зависимости изображен на рис. 1.8, *а*.

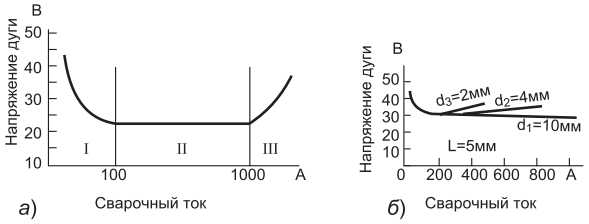


Рис. 1.8. Вольт-амперные характеристики открытой дуги:
а — в общем виде; *б* — с электродами различных диаметров

При малых токах (участок *I*) характеристика дуги падающая. Это объясняется тем, что увеличение тока до 100 А вызывает возрастание площади сечения столба дуги и его электропроводности. Дуга на этом участке горит неустойчиво и поэтому находит ограниченное применение.

При дальнейшем увеличении тока до 1000 А (участок *II*) напряжение дуги практически не изменяется, она имеет жесткую характеристику. Изменение тока от 100 до 1000 А вызывает пропорциональное изменение (увеличение или уменьшение) площади сечения столба дуги и площади анодного и катодного пятен. Поэтому плотность тока и напряжения на всех участках дуги остаются постоянными. Такая дуга (с жесткой характеристикой) находит наиболее широкое применение при ручной сварке.

Повышение тока свыше 1000 А приводит к тому, что площадь катодного пятна и площадь сечения дуги не могут возрастать из-за ограниченного диаметра электрода, сопротивление дуги и, следовательно, ее напряжение увеличиваются (участок *III*). Дугу с возрастающей характеристикой широко используют для сварки под слоем флюса и в защитных газах.

При сварке постоянным током прямой полярности диапазон тока для получения жесткой характеристики дуги зависит от диаметра электрода. На рис. 1.8, *б* показаны вольт-амперные характеристики сварочной дуги длиной $L = 5$ мм с электродами различных диаметров.

1.6. Процессы в металле, сопровождающие сварку

1.6.1. Строение металла в зоне сварки

Температура нагрева в зоне сварки колеблется от температуры точки плавления до начальной температуры основного металла. Строение структуры металла в зоне термического влияния и размеры этой зоны зависят от химического состава, толщины основного металла, способа и режима сварки, а также от термического цикла сварки и других факторов.

На рис. 1.9 приведена схема строения металла в зоне термического влияния при сварке низкоуглеродистой стали (рис. 1.9, *а*) и среднеуглеродистой или низколегированной (рис. 1.9, *б*) сталей.

Участок сплавления 1 расположен рядом с металлом шва, иногда его называют переходным. Он формируется из жидкой и твердой фаз, за время контакта, когда

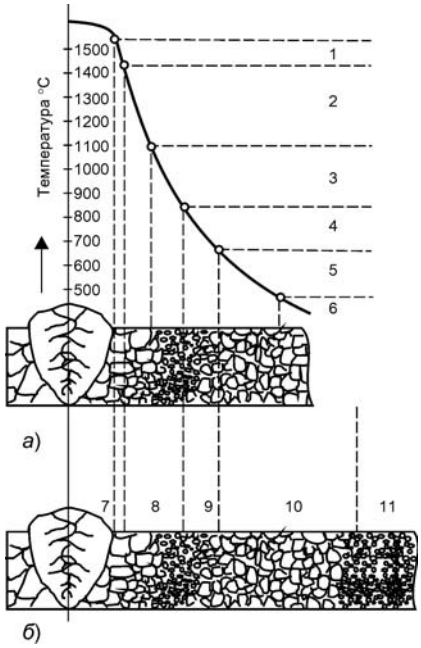


Рис. 1.9. Строение металла в зоне термического влияния при ручной сварке:
а — низкоуглеродистой стали; *б* — среднеуглеродистой стали;
1—11 — участки структурных изменений металла

протекают диффузионные процессы и развивается химическая неоднородность. Свойства переходного участка часто оказывают решающее влияние на прочность и работоспособность наплавленного слоя. На этом участке обычно образуются трещины, ножевая коррозия, усталостные разрушения и т. п. Поэтому правильное его формирование имеет большое значение.

Участок перегрева 2 формируется при температуре 1100—1500 °С. Металл претерпевает аллотропические превращения: α-железо переходит в γ-железо, и в результате значительного перегрева происходит рост зерна. Эта часть зоны термического влияния — наиболее слабое место, она приобретает большую хрупкость и низкую прочность по сравнению с основным металлом. Выбор рациональной технологии сварки сводится в первую очередь к обеспечению наименьшего ухудшения свойств металла в этой части.

Участок перекристаллизации 3 (или нормализации), характеризуется наиболее мелкозернистой структурой, образующейся при температуре 900—1100 °С. На этом участке наблюдается наилучшая прочность и пластичность.

Участок неполной перекристаллизации 4 (или неполной нормализации), характеризуется температурой 720—880 °С. Этой температуры оказывается недостаточно, чтобы полностью изменить структуру основного металла в мелкозернистую. Поэтому в зоне 4 наряду с зернами основного металла имеются зерна, образующиеся при перекристаллизации. Этот участок имеет достаточную прочность и мало влияет на прочность сварного соединения.

Участок рекристаллизации 5 (или старения), формируется в пределах температур 500—700 °С, при которых происходит восстановление формы и размера зерен, разрушенных или деформированных при обработке основного металла. Заметного изменения структуры и свойств металла на этом участке не замечается.

Участок падения ударной вязкости 6, нагреваемый до температуры 500 °С и ниже, структурным изменениям не подвергается. Однако при сварке низкоуглеродистых сталей с повышенным содержанием газов возможно резкое падение ударной вязкости, которое можно объяснить старением металла после холодной деформации.

При сварке среднеуглеродистых и низколегированных сталей, податливых закалке, структура в зоне термического влияния будет несколько иной. За участком сплавления 7 (рис. 1.9, *б*) будут расположены участки: закалки 8, неполной закалки 9, отпуска 10 и структуры основного металла 11.

Ширина зоны термического влияния при ручной сварке тонкопокрытыми электродами составляет 2—4 мм, а толстопокрытыми электродами 5—6 мм.

1.6.2. Сварка деталей из углеродистых и легированных сталей

Общие сведения. Хорошее качество сварки и наплавки стальных деталей во многом зависит от их химического состава (от содержания углерода и легирующих примесей). Малоуглеродистые низколегированные стали с содержанием углерода до 0,20% и легирующих элементов не более 5% хорошо свариваются обычным способом. Стали, содержащие углерода до 0,30% и легирующих элементов не более 6%, свариваются удовлетворительно. Стали, содержащие в своем составе углерода более 0,35% и легирующих элементов более 8%, свариваются ограниченно или плохо.

Сварка сопровождается комплексом одновременно протекающих процессов, основными из которых являются:

- тепловое воздействие на металл в зоне термического влияния;
- термодеформационные плавления;
- кристаллизация металла в объеме сварочной ванны.

Физическая свариваемость характеризует принципиальную возможность получения монолитных сварных соединений, главным образом это относится к разнородным металлам.

В процессе сварки имеет место непрерывное охлаждение. Характер структурных превращений такой же, как при изотермической выдержке. С увеличением скорости охлаждения получаемая структура в зоне изотермического влияния измельчается, твердость ее повышается. Если скорость охлаждения превышает критическую скорость, образование структур закалки неизбежно.

Закаленные структуры в машиноаппаратостроении являются крайне нежелательными. Они отличаются высокой твердостью, хрупкостью, плохо обрабатываются, склонны к образованию трещин.

Если скорость охлаждения ниже критической, образование закалочных структур исключается. В зоне термического влияния наиболее желательными являются пластичные, хорошо обрабатываемые структуры типа перлита или сорбита. Поэтому получение качественных соединений непременно связано с достижением желаемых структур, что достигается в основном регулированием скорости охлаждения.

Чтобы избежать появления трещин, при сварке углеродистых и высоколегированных сталей, детали из таких сталей перед сваркой предварительно подогревают или пользуются специальными приемами сварки.

Подогрев способствует перлитному превращению металла и является действенным средством исключения закалочных структур. Поэтому он служит в качестве предварительной термической обработки сварных соединений (нагрев до свар-

ки и в процессе ее). Меняя скорость охлаждения, можно получить желаемую твердость в зоне термического влияния.

В некоторых случаях появляется необходимость увеличения скорости охлаждения. Путем ускоренного охлаждения удается измельчить зерно, повысить прочностные свойства и ударную вязкость в зоне термического влияния. С этой целью находит применение метод сопутствующего охлаждения. Сварное соединение в процессе сварки с обратной стороны охлаждается водой или воздушной смесью, что способствует получению крутой ветви скорости охлаждения.

Углеродистые стали. Сплавы железа (Fe) и углерода (C), в которых процентное содержание углерода не превышает 2,14%, называются углеродистыми сталями. Углерод оказывает сильное влияние на свойства сталей.

Наличие других химических элементов в сплаве обусловлено:

- для марганца (Mn) — технологическими особенностями производства;
- для кремния (Si) — необходимостью устранения вредных включений закиси железа FeO и FeS. Вокруг оторочки сернистого железа, начиная с 985 °C, происходит оплавление, что ведет к снижению технологической прочности сварного шва. Температура плавления MnS составляет 1620 °C, кроме того это соединение пластично;
- для группы элементов — серы (S), фосфора (P), азота (N), водорода (H) — невозможностью их полного удаления из металла;
- для хрома (Cr), никеля (Ni), меди (Cu) — случайными причинами попадания в сплав.

Углеродистые стали представляют собой сплав Fe-C. До 95% аппаратуры, оборудования и прочих технических устройств изготавливают из этих сталей.

В отечественной промышленности наиболее широко применяются стали с содержанием углерода до 0,22%, гораздо реже от 0,22 до 0,3%.

Структурно-фазовые превращения углеродистых сталей определяются диаграммой состояния Fe-C. В нормализованном состоянии стали имеют феррито-перлитную структуру. С точки зрения кинетики распада аустенита, в углеродистых сталях происходит превращение аустенита в перлит (второе основное превращение).

В зависимости от температуры охлаждения, степени переохлаждения, скорости охлаждения феррито-цементитной смеси получается различной степени дисперсионный перлит, сорбит, бейнит, троостит.

Низколегированные стали повышенной прочности. К низколегированным относятся стали, содержащие в своем составе до 2% легирующих химических элементов каждого в отдельности и до 5% суммарно (Mn, Si, Cr, Ni). Содержание углерода, как и в углеродистых сталях не превышает 0,22%. Содержание S и P в низколегированных сталях такое же, как в качественных сталях.

При сварке, кинетика распада аустенита такая же, как и углеродистых сталей. При охлаждении на воздухе получается феррито-перлитная структура. Поэтому низколегированные стали повышенной прочности относят к хорошо свариваемым сталям.

Однако легирующие элементы существенно снижают критическую скорость охлаждения. При содержании в верхнем пределе и при высоких скоростях охлаждения возможно подавление перлитного превращения и появления промежуточных и закалочных структур.

При уменьшении погонной энергии сварки и увеличении интенсивности охлаждения в металле сварного шва и зоне термического влияния возрастает вероятность распада аустенита с образованием закалочных структур. При этом будет

увеличиваться вероятность образования холодных трещин и склонность к охрупчиванию.

При повышенных погонных энергиях наблюдается рост зерна аустенита и образуется грубозернистая феррито-перлитная структура с пониженной ударной вязкостью.

Выбор тепловых режимов в основном преследует цель недопущения холодных трещин. Одним из самых технологичных средств, снижающих вероятность появления трещин, является подогрев. Температура подогрева определяется в зависимости от эквивалента углерода и толщины свариваемого материала. Необходимая температура подогрева возрастает с увеличением легированности стали и толщины свариваемого материала.

Низколегированные перлитные жаропрочные стали. Хромомолибденовые стали 12МХ, 12ХМ, 15ХМ предназначены для работы в диапазоне температур от −40 до +560 °С. В основном используются при температурах от +475 до +560 °С. Их применение обусловлено низкой стоимостью и достаточно высокой технологичностью при изготовлении сварных конструкций и в производстве отливок и поковок.

Реакция стали на термический цикл сварки характеризуется разупрочнением в зоне термического влияния, которая объясняется процессами отпуска. Протяженность разупрочненного участка увеличивается при больших значениях погонной энергии сварки.

Мягкая разупрочненная прослойка может явиться причиной локальных разрушений сварных соединений в процессе эксплуатации, особенно при изгибающих нагрузках.

Устранение разупрочнения осуществляется последующей термической обработкой с фазовой перекристаллизацией в печах (объемная термическая обработка).

Образование обезуглероженной (ферритной) прослойки — специфический показатель свариваемости, присущий низколегированным перлитным жаропрочным сталям.

В процессе последующей эксплуатации при температурах 450—600 °С, происходит миграция углерода из металла шва в основной металл, или наоборот, когда имеет место различие в их легировании карбидообразующими химическими элементами.

1.6.3. Стали системы Fe-C-Cr (хромистые стали)

Хром — основной легирующий элемент. Он придает сталям ценные свойства: жаропрочность, жаростойкость (окалиностойкость, коррозионную стойкость). Чем больше содержание хрома, тем более высокой коррозионной стойкостью обладает сталь. Такое влияние хрома объясняется его способностью к самопассивированию даже в естественных условиях и образованию плотных газонепроницаемых оксидных пленок при высоких температурах.

Стали типа 15Х5М. Склонность к закалке осложняет технологический процесс выполнения сварочных работ. В зоне термического влияния образуются твердые прослойки, которые не устраняются даже при сварке с подогревом до 350—400 °С. Для полного устранения твердых прослоек необходимо применение дополнительных мер. Небольшая скорость распада хромистого аустенита, вызывающая склонность к закалке на воздухе, и фазовые превращения мартенситного характера снижают стойкость сталей к образованию трещин при сварке. Применение закаливающихся на воздухе сталей для изготовления сварного обо-

рудования приводит к образованию в сварных соединениях механической неоднородности.

Механическая неоднородность, заключающаяся в различии свойств характерных зон сварного соединения, является следствием, с одной стороны, неоднородности термодеформационных полей при сварке структурно-неравновесных сталей, с другой — применением технологии сварки с отличающимися по свойствам сварочными материалами из-за необходимости обеспечения технологической прочности.

В настоящее время применяется два вида сварки:

- сварка однородными перлитными электродами, близкими по составу к основному металлу. При этом металл шва и зона термического влияния приобретают закаленную структуру и образуется широкая твердая прослойка;
- сварка с применением аустенитных электродов. Поскольку аустенитные материалы не склонны к закалке, твердые прослойки образуются только в зоне термического влияния.

Хромистые мартенситно-ферритные стали. У стали марки 08Х13 с содержанием углерода 0,08%, термокинетическая диаграмма распада аустенита имеет две области превышения: в интервале 600—930 °С, соответствующая образованию феррито-карбидной структуры, и 120—420 °С — мартенситной. Количество превращенного аустенита в каждом из указанных температурных интервалов зависит, главным образом, от скорости охлаждения. Например, при охлаждении со средней скоростью 0,025 °С/с превращение аустенита происходит преимущественно в верхней области с образованием феррита и карбидов. Лишь 10% аустенита в этом случае превращается в мартенсит в процессе охлаждения от 420 °С. Повышение скорости охлаждения стали до 10 °С/с способствует переохлаждению аустенита до температуры начала мартенситного превращения (420 °С) и полному его бездиффузионному превращению. Изменения в структуре, обусловленные увеличением скорости охлаждения, сказываются и на механических свойствах сварных соединений. С возрастанием доли мартенсита наблюдается снижение ударной вязкости.

Увеличение содержания углерода приводит к сдвигу границы превращения мартенсита в область более низких температур. У сталей с содержанием углерода 0,1—0,25% в результате этого полное мартенситное превращение имеет место после охлаждения со скоростью примерно 1 °С/с.

С точки зрения свариваемости, мартенситно-ферритные стали являются «неудобными» в связи с высокой склонностью к подкалке в сварных соединениях. Подкалка приводит к образованию холодных трещин. Склонность к образованию трещин при сварке зависит от характера распада аустенита в процессе охлаждения. В случае формирования мартенситной структуры ударная вязкость сварных соединений 13%-ных хромистых сталей снижается до 0,05—0,1 МДж/м^2. Последующий отпуск при 650—700 °С приводит к распаду структуры закалки, выделению карбидов, в результате чего тетрагональность мартенсита уменьшается. После отпуска ударная вязкость возрастает до 1 МДж/м^2. С учетом такой возможности восстановления ударной вязкости большинство марок хромистых сталей имеет повышенное содержание углерода для предотвращения образования значительного количества феррита в структуре. Таким образом удается предотвратить охрупчивание стали. Однако при этом наблюдается ухудшение свариваемости вследствие склонности сварных соединений к холодным трещинам из-за высокой хрупкости околошовного металла со структурой пластинчатого мартенсита.

1.6.4. Аустенитные коррозионностойкие стали

Аустенитные стали содержат в своем составе Cr, Ni, C. По реакции на термический цикл хромоникелевые стали относятся к хорошо свариваемым. При охлаждении они претерпевают однофазную аустенитную кристаллизацию неперлитного распада, тем более мартенситного превращения при этом не происходит.

Характерным показателем свариваемости хромоникелевых сталей является межкристаллитная коррозия (МКК).

МКК развивается в зоне термического влияния, нагретой до температур 500—800 °С (критический интервал температур).

При пребывании металла в опасном (критическом) интервале температур по границам зерен аустенита выпадают карбиды хрома Cr_4C, что приводит к обеднению приграничных участков зерен аустенита хромом. Хром определяет коррозионную стойкость стали. В обедненных хромом межкристаллитных участках развивается коррозия, которая называется межкристаллитной.

Межкристаллитная коррозия имеет опасные последствия — может вызвать хрупкие разрушения конструкций в процессе эксплуатации.

Чтобы добиться стойкости стали против межкристаллитной коррозии, нужно исключить или ослабить эффект выпадения карбидов т. е. стабилизировать свойства стали.

1.6.5. Аустенитно-ферритные нержавеющие стали

Аустенитно-ферритные стали относятся к группе хорошо свариваемых сталей. Они стойки к образованию горячих трещин и устойчивы против межкристаллитной коррозии.

Специфичным моментом свариваемости является их повышенная склонность к росту зерна. Наряду с ростом ферритных зерен возрастает общее количество феррита. Последующим быстрым охлаждением фиксируется образовавшаяся структура. Размеры зерна и количество феррита, а также ширина зоны перегрева зависят от погонной энергии сварки, соотношения структурных составляющих в исходном состоянии и чувствительности стали к перегреву. Соотношение количества структурных составляющих (гамма- и альфа-фаз) в исходном состоянии в значительной степени зависит от содержания в стали титана. Количество титана в стали также определяет устойчивость аустенитной фазы против гамма-альфа превращения при сварочном нагреве. Чем выше содержание Ti, тем чувствительней сталь к перегреву. Вследствие роста зерна и уменьшения количества аустенита наблюдается снижение ударной вязкости металла околошовной зоны и угла загиба сварных соединений аустенитно-ферритных сталей. Менее чувствительными к сварочному нагреву являются стали не содержащие титан, например, стали 03Х23Н6 и 03Х22Н6М2.

1.6.6. Сварка разнородных сталей

Специфическими показателями свариваемости разнородных сталей являются процессы диффузии и разбавления.

Наибольшую опасность представляет диффузия углерода в сторону высоколегированной стали, где большая концентрация хрома или других карбидообразующих элементов.

Разбавление происходит при перемешивании свариваемых сталей и присадочного материала в объеме сварочной ванны.

Сталь более легированная разбавляется сталью менее легированной. Степень разбавления зависит от доли участия каждого из составляющих в разнородном сварном соединении.

1.7. Типы сварных соединений и классификация сварных швов. Технологические термины

Основные типы сварных соединений. Сварным соединением называется неразъемное соединение деталей, выполненное сваркой. В металлических конструкциях встречаются следующие основные типы сварных соединений:

- стыковые;
- нахлесточные;
- тавровые;
- угловые;
- торцовые.

Стыковое соединение — это сварное соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцовыми поверхностями.

Нахлесточное — сварное соединение, в котором сваренные элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга.

Тавровое — сварное соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента.

Угловое — сварное соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев.

Торцовое — сварное соединение, в котором боковые поверхности сваренных элементов примыкают друг к другу.

Классификация и обозначение сварных швов. Сварной шов — это участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла или в результате пластической деформации при сварке давлением или сочетания кристаллизации и деформации. Сварные швы могут быть стыковыми и угловыми.

Стыковой — это сварной шов стыкового соединения. Угловой — это сварной шов углового, нахлесточного или таврового соединений (ГОСТ 2601—84).

Сварные швы подразделяются также по положению в пространстве (ГОСТ 11969—79):

- нижнее — в лодочку — Л;
- полугоризонтальные — Пг;
- горизонтальные — Г;
- полувертикальные — Пв;
- вертикальные — В;
- полупотолочные — Пп;
- потолочные — П.

По протяженности швы различают сплошные и прерывистые. Прерывистые швы могут быть цепными или шахматными. По отношению к направлению действующих усилий швы подразделяются на:

- продольные;
- поперечные;
- комбинированные;
- косые.

По форме наружной поверхности стыковые швы могут быть выполнены нормальными (плоскими), выпуклыми или вогнутыми. Соединения, образованные выпуклыми швами лучше работают при статических нагрузках. Однако чрезмерный наплыв приводит к лишнему расходу электродного металла и поэтому выпуклые швы неэкономичны. Плоские и вогнутые швы лучше работают при динамических и знакопеременных нагрузках, так как нет резкого перехода от основного

металла к сварному шву. В противном случае создается концентрация напряжений, от которых может начаться разрушение сварного соединения.

По условиям работы сварного узла в процессе эксплуатации изделия сварные швы подразделяются на рабочие, которые непосредственно воспринимают нагрузки, и соединительные (связующие), предназначенные только для скрепления частей или деталей изделия. Связующие швы чаще называют нерабочими швами. При изготовлении ответственных изделий выпуклость на рабочих швах снимают электрическими шлифмашинками, специальными фрезами или пламенем аргонодуговой горелки (выглаживание).

Основные типы, конструктивные элементы, размеры и условия обозначения швов сварных соединений для ручной электродуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей, регламентированы ГОСТ 5264—80.

Конструктивные элементы сварных соединений. Форму разделки кромок и их сборку под сварку характеризуют три основные конструктивные элемента: зазор, притупление кромок, и угол скоса кромки.

Тип и угол разделки кромок определяют количество необходимого электродного металла для заполнения разделки, а значит, и производительность сварки. Х-образная разделка кромок, по сравнению с V-образной, позволяет уменьшить объем наплавленного металла в 1,6—1,7 раза. Кроме того, такая разделка обеспечивает меньшую величину деформаций после сварки. При Х-образной и V-образной разделке, кромки притупляют для правильного формирования шва и предотвращения образования прожогов.

Зазор при сборке под сварку определяется толщиной свариваемых металлов, маркой материала, способом сварки, формой подготовки кромок и т. п. Например, минимальную величину зазора назначают при сварке без присадочного металла небольших толщин (до 2 мм) или при дуговой сварке неплавящимся электродом алюминиевых сплавов. При сварке плавящимся электродом зазор обычно составляет 0—5 мм, увеличение зазора способствует более глубокому проплавлению металла.

Шов сварного соединения характеризуется основными конструктивными элементами в соответствии с ГОСТ 2601—84: шириной; выпуклостью; глубиной проплавления (для стыкового шва) и катетом для углового шва; толщиной детали.

Основные элементы сварного шва показаны на рис. 1.10.

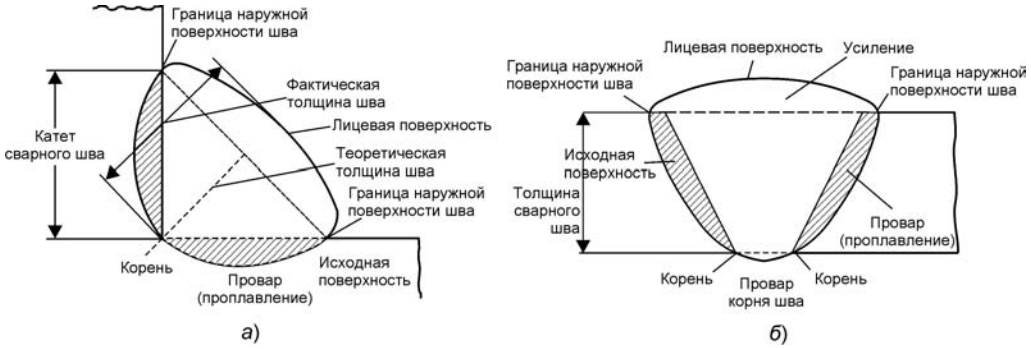


Рис. 1.10. Основные элементы сварного шва: *а* — угловой шов; *б* — стыковой шов

Технологическая прочность сварного шва. Термин «Технологическая прочность» применяется для характеристики прочности конструкции в процессе ее изготовления. В сварных конструкциях технологическая прочность лимитируется в основном прочностью сварных швов. Это один из важных показателей свариваемости стали.

Технологическая прочность оценивается образованием горячих и холодных трещин.

Горячие трещины — это хрупкие межкристаллические разрушения металла шва и зоны термического влияния. Возникают в твердо-жидком состоянии на завершающей стадии первичной кристаллизации, а так же в твердом состоянии при высоких температурах на этапе преимущественного развития межзернистой деформации.

Наличие температурно-временного интервала хрупкости является первой причиной образования горячих трещин. Температурно-временной интервал обуславливается образованием жидких и полужидких прослоек, нарушающих металлическую сплошность сварного шва. Эти прослойки образуются при наличии легкоплавких, сернистых соединений (сульфидов) FeS с температурой плавления 1189 °С и NiS с температурой плавления 810 °С. В пиковый момент развития сварочных напряжений по этим жидким прослойкам происходит сдвиг металла, перерастающего в хрупкие трещины.

Вторая причина образования горячих трещин — высокотемпературные деформации. Они развиваются вследствие затрудненной усадки металла шва, формоизменения свариваемых заготовок, а так же при релаксации сварочных напряжений в неравновесных условиях сварки и при послесварочной термообработки, структурной и механической концентрации деформации.

Холодные трещины. Холодными считают такие трещины, которые образуются в процессе охлаждения после сварки при температуре 150 °С или в течении нескольких последующих суток. Они имеют блестящий кристаллический излом без следов высокотемпературного окисления.

Основные факторы, обуславливающие появление холодных трещин:

- образование структур закалки (мартенсита и бейнита) приводит к появлению дополнительных напряжений, обусловленных объемным эффектом;
- воздействие сварочных растягивающих напряжений;
- концентрация диффузионного водорода.

Водород легко перемещается в незакаленных структурах. В мартенсите диффузионная способность водорода снижается, он скапливается в микропустотах мартенсита, переходит в молекулярную форму и постепенно развивает высокое давление, способствующее образованию холодных трещин. Кроме того, водород, адсорбированный на поверхности металла и в микропустотах, вызывает охрупчивание металла.

Свариваемость — свойство металла и сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия. Сложность понятия о свариваемости материалов объясняется тем, что при оценке свариваемости должна учитываться взаимосвязь сварочных материалов, металлов и конструкции изделия с технологий сварки.

Показателей свариваемости много. Показателем свариваемости легированных сталей, предназначенных например, для изготовления химической аппаратуры, является возможность получить сварочное соединение, обеспечивающее специальные свойства — коррозионную стойкость, прочность при высоких или низких температурах.

При сварке разнородных металлов показателем свариваемости является возможность образования в соединении межатомных связей. Однородные металлы соединяются сваркой без затруднений, тогда как некоторые пары из разнородных металлов совершенно не образуют в соединении межатомных связей, например, не сваривается медь со свинцом, или титан с углеродистой сталью.

Важным показателем свариваемости металлов является отсутствие в сварных соединениях закаленных участков, трещин и других дефектов, отрицательно влияющих на работу сварного соединения.

Единого показателя свариваемости металлов пока нет.

1.8. Параметры режима дуговой сварки

Основные параметры дуговой сварки. К основным параметрам относятся сила тока $I_д$, напряжение дуги $U_д$ и скорость наплавки $v_{св}$.

Полное количество тепла (тепловая мощность дуги), выделяемое сварочной дугой, определяется по формуле:

$$Q = I_д U_д k,$$

где Q — тепловая мощность дуги, Вт; $I_д$ — сила тока в дуге, А; $U_д$ — напряжение дуги В; k — коэффициент, учитывающий род тока.

При сварке на постоянном токе коэффициент k принимают равным единице, а на переменном токе — 0,70—0,97.

Основное количество тепла (около 80%) выделяется в анодной и катодной зонах, причем на аноде больше. Под действием тепла, выделенного дугой, расплавляется металл электрода (плавящегося) и детали (основной). Часть тепла теряется на нагрев электрода, на разбрызгивание металла и утекает в окружающую среду.

Эффективная тепловая мощность дуги — это количество тепла, вводимого дугой в свариваемый металл в единицу времени. Ее определяют по формуле (кал.):

$$Q_э = Q\eta,$$

где $Q_э$ — эффективная тепловая мощность дуги, кал; η — эффективный к.п.д. нагрева основного металла (его определяют экспериментальным путем).

При сварке металлическим электродом голым или с тонким покрытием $\eta = 0{,}50—0{,}65$; электродом с толстым покрытием $\eta = 0{,}70—0{,}85$; неплавящимся электродом в защитных газах $\eta = 0{,}50—0{,}60$.

Производительность сварки характеризуется количеством (в граммах) расплавленного электродного или присадочного металла в единицу времени, которое определяется по формуле:

$$G = KI_д t,$$

где K — коэффициент наплавки, г/А·ч; $I_д$ — сварочный ток; t — время горения дуги.

Коэффициент наплавки зависит от присадочного материала, материала электрода и его покрытия, рода и полярности тока, а также от потерь при сварке. Для ручной сварки он колеблется от 6 до 18 г/А·ч и составляет в среднем 8—12 г/А·ч.

Иногда при нормировании сварочных работ удобнее использовать не количество наплавленного металла, а скорость наплавки, которую определяют по формуле (см/ч):

$$v_{-в} = \frac{KI_д}{F\rho},$$

где K — коэффициент наплавки, г/А·ч; $I_д$ — сварочный ток; F — площадь поперечного сечения сварного шва, см^2; ρ — плотность металла шва, г/см^3 (для стали $\rho = 7{,}85$).

Потери электродного металла в виде брызг и паров при ручной сварке тонкопокрытыми электродами составляют 10—20%, электродами с толстым покрытием — 5—10% и в защитных газах — 3—6%.

Ток дуги. Этот параметр в наибольшей степени определяет тепловую мощность. При постоянном диаметре электрода с увеличением силы тока дуги возрастает концентрация тепловой энергии в пятне нагрева. Повышается температура плазмы столба дуги. Стабилизируется положение активных пятен на электроде и на изделии. С увеличением силы тока дуги возрастает длина сварочной ванны, ее ширина и глубина проплавления. Особенно интенсивно растет глубина проплавления. Это обусловлено не только увеличением тепловой мощности и сосредоточением энергии в пятне нагрева, но и значительным повышением давления дуги на ванну, которое пропорционально квадрату силы сварочного тока. В определенных пределах изменения тока, глубина проплавления ванны приближенно может быть оценена зависимостью, близкой к линейной:

$$h = kIl_{д},$$

где h — глубина проплавления (провар); k — коэффициент, зависящий от рода тока, полярности, диаметра электрода, степени сжатия дуги и др.; I — сварочный ток; $l_{д}$ — длина дуги.

Напряжение дуги. С увеличением напряжения также возрастает тепловая мощность дуги, а, следовательно, и размеры сварочной ванны. Особенно интенсивно возрастают ширина и длина ванны. Ширина ванны связана с напряжением практически прямой зависимостью:

$$e = k\frac{I_{д}U_{д}}{v_{-в}S},$$

где e — ширина сварочной ванны; S — толщина свариваемого металла; $v_{св}$ — скорость наплавки.

При постоянной величине сварочного тока повышение напряжения дуги незначительно сказывается на глубине проплавления ванны. Это обусловлено некоторым снижением эффективного к.п.д. дуги и большими возможностями для блуждания активного пятна в сварочной ванне.

Скорость сварки. При постоянной погонной энергии увеличение скорости сварки вызывает повышение термического к.п.д. процесса, а это, в свою очередь, приводит к возрастанию глубины проплавления и снижению ширины шва. Изменение скорости сварки при постоянной тепловой мощности дуги заметно сказывается на размерах сварочной ванны и шва. Это можно видеть из уравнений для определения ширины e и длины l сварочной ванны:

$$l = k\frac{(U_{д}I_{д})^2}{v_{-в}S^2}.$$

Дополнительные параметры режима дуговой сварки. Дополнительные параметры связаны с условиями ведения процесса сварки и особенностями горения дуги. Так, например, при одной и той же погонной энергии можно изменять диаметр электрода, род тока и полярность, использовать импульсный и непрерывный режимы горения дуги. В некоторых случаях применяют сжатую дугу, а иногда колебания электрода. Эти особенности процесса также сказываются на формировании ванны и конечных размеров швов.

Диаметр электрода. При постоянной величине сварочного тока диаметр электрода определяет плотность энергии в пятне нагрева и подвижность дуги. В связи с этим при увеличении диаметра электрода снижается глубина проплавления ванны и возрастает ее ширина.

Род тока и полярность. В зависимости от рода тока и полярности на изделии выделяется различное количество теплоты. Если теплоту, выделяющуюся на аноде $W_а$ и катоде $W_к$, приближенно оценивать по эффективному падению напряжений, то получим зависимости:

$$W = U^э = U + (\varphi + 2kT);$$

$$W_к = U_к^э = U_к - (\varphi + 2kT),$$

где $U_а$ и $U_к$ — анодное и катодное падение напряжения; φ, kT — потенциальная и термическая энергия электронов.

На катоде не вся энергия $U_к$ переходит в теплоту. Часть ее ($\varphi + 2kT$) уносится в плазму столба дуги. На аноде выделяется энергия $U_а$ и прибавляется потенциальная и термическая энергия электронов. Количество теплоты, выделенное на катоде, зависит от потенциала ионизации дугового газа. Поэтому разница в тепловыделении на катоде и аноде определяется способом дуговой сварки. В реальных условиях при сварке на прямой полярности (анод на изделии) глубина проплавления оказывается меньше, чем при сварке на обратной полярности (катод на изделии). Это легко объясняется формой столба дуги. Анодное пятно занимает большую площадь по сравнению с катодным. Поэтому ширина ванны и шва при сварке на прямой полярности возрастает.

При выборе рода тока необходимо учитывать влияние магнитного поля дуги на ее отклонение (магнитное дутье). Наличие вблизи дуги ферромагнитных масс или посторонних магнитных полей усиливает это явление. Формирование сварочной ванны и шва при действии магнитного поля меняется. Наблюдается вытеснение расплавленного металла из сварочной ванны, снижение глубины проплавления и т. п.

Меры борьбы с отклонением дуги собственным магнитным полем заключаются в правильном токоподводе, устранении ферромагнитных масс вблизи дуги, ориентировании угла наклона электрода по направлению отклонения столба дуги. Полное устранение магнитного дутья достигается при питании дуги переменным током.

Угол наклона электрода. Изменяя наклон электрода в плоскости продольной оси шва, можно существенно влиять на размеры сварочной ванны и шва. При $\alpha < 90°$ сварку выполняют углом вперед. Давление дуги вытесняет расплавленный металл в головную часть ванны. При этом глубина проплавления основного металла снижается. При $\alpha > 90°$ сварку выполняют углом назад. Давление дуги способствует интенсивному вытеснению расплавленного металла из головной части ванны в хвостовую. Глубина проплавления возрастает.

Аналогичные результаты могут быть получены отклонением столба дуги магнитным полем при вертикальном расположении электрода.

Колебание электрода. При поперечных колебаниях электрода возрастает ширина шва и снижается глубина проплавления. Изменяются условия кристаллизации и тепловой цикл в зоне термического влияния. Колебания электрода в процессе сварки обычно осуществляют с частотой 10—60 Гц и амплитудой 2—4 мм. Для этих целей используются различные по конструкции и принципу действия устройства.

Сжатие столба дуги. При сварке сжатой дугой появляется новый дополнительный параметр режима — степень сжатия дуги. С увеличением степени сжатия дуги увеличивается температура плазмы дуги, повышается концентрация теплоты в пятне нагрева, возрастает глубина проплавления и снижается ширина сварочной ванны и шва.

Импульсная подача тока. При импульсном горении дуги появляются два новых дополнительных параметра процесса: время импульса $t_и$ и время паузы $t_п$. Тепловая энергия подводится только во время импульса. Оба этих параметра оказывают влияние на размеры сварочной ванны и шва. При неизменной погонной энергии в течение цикла ($t_ц = t_и + t_п$) увеличение времени паузы ужесточает режим. Значительно возрастает термический к.п.д. процесса. Благодаря этому до определенных значений $t_и$ растет глубина проплавления основного металла и снижается ширина шва.

На размеры ванны и шва большое влияние оказывает число одновременно горящих дуг и их расположение. При сварке трехфазной дугой, путем изменения мощности в отдельных дугах, имеется возможность регулировать количество теплоты, выделяемое между электродами и на свариваемых кромках.

Сварка плавящимся и неплавящимся электродом. *Плавление и перенос металла электрода в сварочную ванну.* Скорость плавления электрода жестко связана с величиной сварочного тока. При сварке различных видов сварных соединений и типов швов требуется неодинаковая скорость плавления электрода. В одних случаях она должна быть минимальной, в других, наоборот, максимальной.

При сварке стыковых соединений без разделки кромок и без зазора расплавленный металл электрода образует усиление шва. По мере увеличения толщины свариваемых элементов для полного их проплавления необходимо увеличение силы тока дуги. Одновременно с этим увеличивается и количество расплавляющегося электродного металла. В результате образуются швы с чрезмерно большим усилением. Для получения швов с нормальным усилением следует искать пути снижения скорости плавления электрода или прибегать к разделке кромок, сварке с увеличенным фиксированным зазором.

При выполнении стыковых соединений с разделкой кромок, а также при сварке угловых швов желательно увеличивать скорость плавления электрода, поскольку в этих случаях производительность процесса в значительной мере определяется количеством электродного металла, расплавляющегося в единицу времени, необходимого для заполнения разделки или формирования угловых швов с заданным катетом.

На практике используют в качестве характеристики среднюю скорость плавления электрода, определяющуюся количеством расплавленного металла:

$$G_р = k\alpha_р I_д,$$

где $\alpha_р$ — коэффициент расплавления электрода, г/(А·ч); $I_д$ — сила тока дуги, А; k — коэффициент, зависящий от выбора единиц измерения.

Количество наплавленного металла или средняя скорость наплавки:

$$G_н = k\alpha_н I_д,$$

где $\alpha_н$ — коэффициент наплавки, г/(А·ч).

Коэффициенты расплавления электрода и наплавки зависят от способа сварки и плотности тока на электроде. Для небольших плотностей тока при ручной дуговой сварке сталей их значение не превышает 7—10 г/(А·ч). С увеличением плотности тока значение коэффициентов возрастает до 17 г/(А·ч) и более. Разница в коэффициентах $\alpha_р$ и $\alpha_н$ определяется потерями электродного металла на разбрызгивание, испарение и т. п.:

$$\psi = \frac{\alpha_р - \alpha_н}{\alpha_р} \cdot 100\ \%,$$

где ψ — коэффициент потерь, %.

Для различных способов дуговой сварки потери составляют 1—15%. С увеличением силы сварочного тока потери на разбрызгивание возрастают.

На формирование сварочной ванны и шва влияет характер переноса электродного металла при его плавлении. Перенос расплавленного металла с электрода в сварочную ванну осуществляется под действием электродинамических сил и газовых потоков, образующихся в столбе дуги.

Стойкость неплавящегося электрода и плавление присадочного металла. При сварке неплавящимся электродом отсутствует перенос расплавленного металла через дуговой промежуток. Это в значительной мере облегчает условия горения дуги и обусловливает более высокую ее стабильность. Присадочный металл по мере необходимости подается в головную часть сварочной ванны. В отличие от сварки плавящимся электродом скорость плавления присадочного металла не связана жесткой зависимостью с величиной сварочного тока. Количество присадочного металла, подаваемого в ванну, выбирают из условия обеспечения требуемой доли участия присадочного металла в образовании шва. При сварке стыковых соединений без разделки кромок присадочный металл необходим в основном для создания усиления шва.

Переход присадочного металла в сварочную ванну, минуя дуговой промежуток, исключает его разбрызгивание. Сокращаются потери на испарение и ограничивается взаимодействие расплавленного металла с газовой фазой столба дуги.

При сварке неплавящимся электродом создаются благоприятные условия для защиты ванны и формирования шва. Стойкость вольфрамового электрода в первую очередь определяется плотностью тока. Большое влияние оказывает род тока и полярность.

Способы сварки со шлаковой и газошлаковой защитой. Шлаковая защита при дуговой сварке образуется за счет расплавления флюсов, электродных покрытий и сердечников порошковой проволоки. Наиболее надежна шлаковая защита при сварке под флюсом. Образование капель при плавлении электрода и их перенос происходит в объеме газового пузыря, заполненного парами металла и флюса. Взаимодействие с атмосферными газами практически исключается.

Менее надежна шлаковая защита при сварке покрытыми электродами и порошковой проволокой. Капли электродного металла проходят через открытый дуговой промежуток и взаимодействуют с атмосферой. Наличие на каплях шлаковой пленки не всегда предохраняет их от этого взаимодействия. При сварке наряду со шлаковой защитой должна создаваться и газовая защита. В электродные покрытия и сердечники порошковой проволоки в соответствии с этим вводят шлакообразующие и газообразующие компоненты.

1.9. Ручная дуговая сварка

1.9.1. Технология ручной дуговой сварки

Ручную дуговую сварку выполняют сварочными электродами, которые вручную подают в дугу и перемещают вдоль заготовки. В процессе сварки металлическим покрытым электродом — дуга горит между стержнем электрода и основным металлом. Стержень электрода плавится, и расплавленный металл каплями стекает в металлическую ванну. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода, образуя газовую защитную атмосферу вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну на поверхности расплавленного металла. Металлическая и шлаковые ванны вместе об-

разуют сварочную ванну. По мере движения дуги сварочная ванна затвердевает и образуется сварочный шов. Жидкий шлак после остывания образует твердую шлаковую корку.

Электроды для ручной сварки представляют собой стержни с нанесенными на них покрытиями. Стержень изготовляют из сварочной проволоки повышенного качества. Сварочную проволоку всех марок в зависимости от состава разделяют на три группы: низкоуглеродистая, легированная и высоколегированная.

Ручная сварка удобна при выполнении коротких и криволинейных швов в любых пространственных положениях (рис. 1.11) — нижнем, вертикальном, горизонтальным, потолочном, при наложении швов в труднодоступных местах, а также при монтажных работах и сборке конструкций сложной формы. Ручная сварка обеспечивает хорошее качество сварных швов, но обладает более низкой производительностью, например, по сравнению с автоматической дуговой сваркой под флюсом.

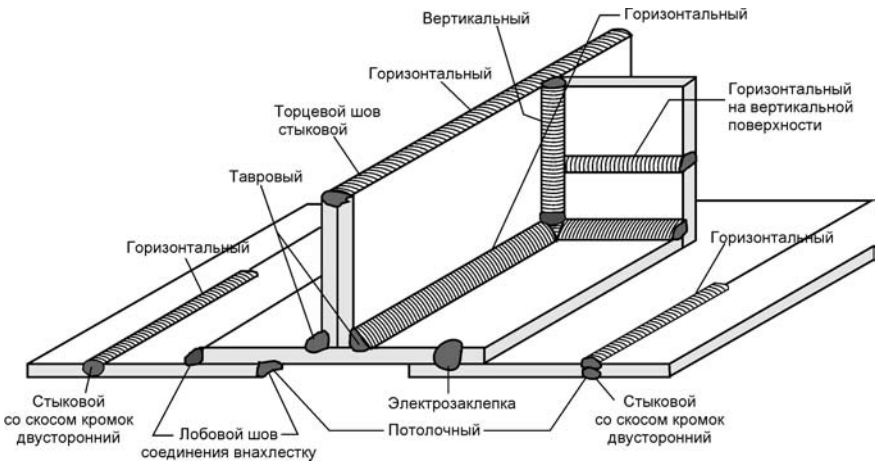


Рис. 1.11. Виды сварных швов

Производительность процесса в основном определяется сварочным током. Однако ток при ручной сварке покрытыми электродами ограничен, так как повышение тока сверх рекомендованного значения приводит к разогреву стержня электрода, отслаиванию покрытия, сильному разбрызгиванию и угару расплавленного металла.

Выбор режима. Под режимом сварки понимают совокупность контролируемых параметров, определяющих условия сварки.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины металла, катета шва, положения шва в пространстве.

Примерное соотношение между толщиной металла S и диаметром электрода $d_э$ при сварке в нижнем положении шва составляет:

Толщина металла, S, мм	1–2	3–5	4–10	12–24	30–60
Диаметр электрода, $d_э$, мм	2–3	3–4	4–5	5–6	6–8

Сила тока в основном зависит от диаметра электрода, но также зависит и от длины его рабочей части, состава покрытия, положения в пространстве сварки.

Чем больше ток, тем больше производительность, т. е. большее количество наплавленного металла:

$$Q = \alpha_{н} I_{-в} t,$$

где Q — количество наплавленного металла; $\alpha_{н}$ — коэффициент наплавки, г/(А·ч); $I_{св}$ — сварочный ток, А; t — время, ч.

Однако при чрезмерном токе для данного диаметра электрода, электрод быстро перегревается выше допустимого предела. Это приводит к снижению качества шва и повышенному разбрызгиванию. При недостаточном токе дуга неустойчива, часто обрывается, в шве могут быть непровары. Величину тока приблизительно можно определить по следующим формулам:

при сварке конструкционных сталей для электродов диаметром 3—6 мм:

$$I_{д} = (20 + 6d_{э})d_{э};$$

для электродов диаметром менее 3 мм:

$$I_{д} = 30d_{э},$$

где $d_{э}$ — диаметр электрода, мм.

Сварку швов в вертикальном и потолочном положениях выполняют, как правило, электродами диаметром не более 4 мм. При этом сила тока должна быть на 10—20% ниже, чем для сварки в нижнем положении. Напряжение дуги изменяется в сравнительно узком интервале 16—30 В.

Техника сварки. Дуга — мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка возникает во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения. Процесс зажигания дуги в большинстве случаев включает в себя три этапа: короткое замыкание электрода на заготовку, отвод электрода и возникновение устойчивого дугового разряда.

Дуга может возбуждаться двумя приемами: касанием конца электрода к свариваемому изделию и отводом от изделия перпендикулярно вверх на расстояние 3—4 мм (рис. 1.12), или быстрым боковым движением электрода к свариваемому изделию и отводе электрода от изделия («чирканьем» электродом по изделию, подобно зажиганию спички). Прикосновение электрода к изделию должно быть кратковременным, иначе он приваривается к изделию. Второй способ удобнее, но неприемлем в узких и неудобных местах.

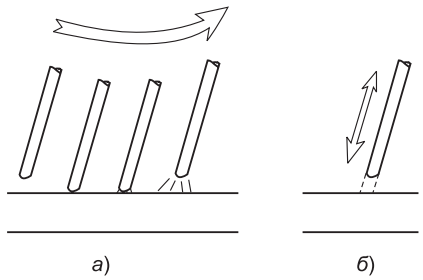


Рис. 1.12. Методы зажигания дуги:
а — боковым движением; *б* — касанием электрода

В процессе сварки необходимо поддерживать определенную длину дуги, которая зависит от марки и диаметра электрода. Ориентировочно нормальная длина дуги должна быть в пределах

$$L_д = (0{,}5 - 1{,}1)d_э,$$

где $L_д$ — длина дуги, мм; $d_э$ — диаметр электрода, мм.

Длина дуги значительно влияет на качество сварки. Короткая дуга горит устойчиво и обеспечивает получение высококачественного сварного шва, так как расплавленный металл быстро проходит дуговой промежуток и меньше подвергается окислению и азотированию. Кроме этого, сварка на длинной дуге электродами с покрытием основного типа, приводит к пористости металла шва. Для правильного формирования шва при сварке плавящимся электродом необходимо электрод по отношению к поверхности свариваемого металла держать наклонно, под углом 15—20° от вертикальной линии. Изменяя угол наклона электрода, можно регулировать глубину расплавления основного металла и влиять на скорость охлаждения сварочной ванны. На рис. 1.13 показано влияние наклона электрода и наклона свариваемого изделия на глубину проплавления основного металла.

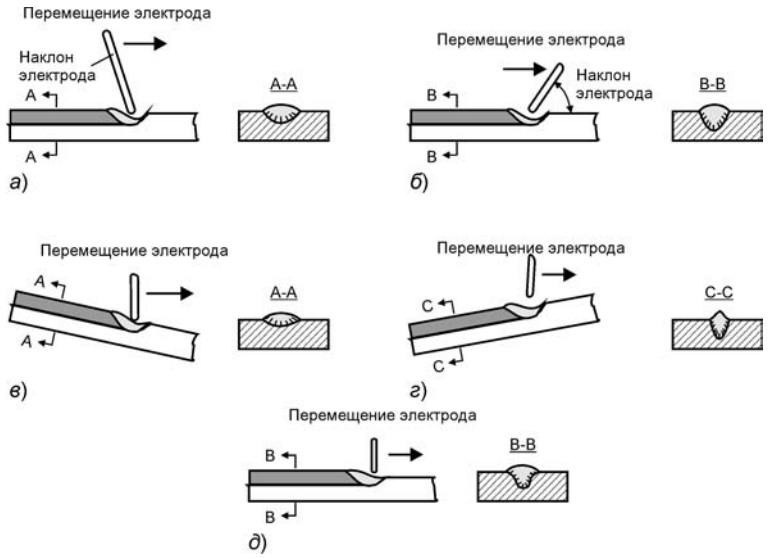


Рис. 1.13. Влияние наклона электрода и наклона свариваемого изделия на глубину проплавления основного металла: *а* — сварка углом вперед; *б* — сварка углом назад; *в* — сварка вертикальным электродом под уклон; *г* — сварка вертикальным электродом на подъем; *д* — сварка вертикальным электродом горизонтальной поверхности

Кроме длины дуги на качество сварного шва также влияет величина сварочного тока, напряжение и темп сварки. Внешний вид получаемого сварного шва при отклонении от нормальных режимов показан на рис. 1.14.

В процессе сварки электроду сообщается движение в трех направлениях.

- **Первое движение** — поступательное, по направлению оси электрода. Этим движением поддерживается постоянная (в известных пределах) длина дуги в зависимости от скорости плавления электрода.
- **Второе движение —** перемещение электрода вдоль оси образования валика шва. Скорость этого движения устанавливается в зависимости от тока, диа-

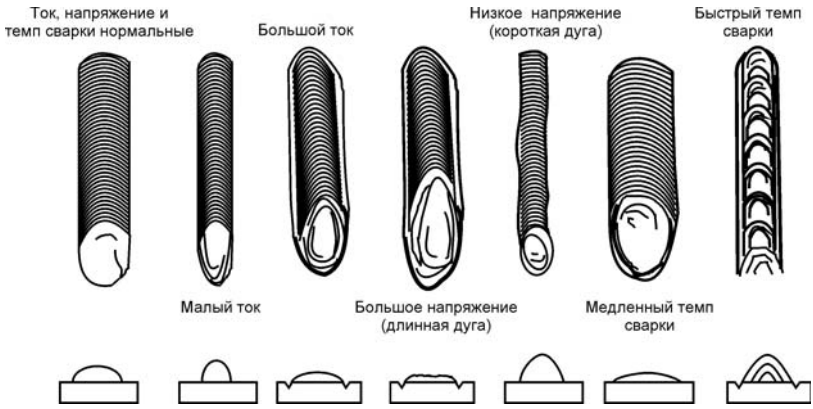


Рис. 1.14. Зависимость сварного шва от напряжения, тока и темпа сварки

метра электрода, скорости его плавления, вида шва и других факторов. При отсутствии поперечных движений электрода получается так называемый ниточный валик, на 2—3 мм шире диаметра электрода, или узкий шов шириной $e = 1{,}5d_э$.

- **Третье движение** — перемещение электрода поперек шва для получения шва шире, чем ниточный валик, так называемого уширенного валика.

Поперечные колебательные движения конца электрода определяются формой разделки, размерами и положением шва, свойствами свариваемого материала, навыком сварщика. Широкие швы ($e = (1{,}5 - 5)d_э$) получают с помощью поперечных колебаний, изображенных на рис. 1.15. На примере этих основных колебательных движений в табл. 1.1 приведены движения электрода при различных видах сварки.

При сварке тонких листов накладывают узкий валик (шириной 0,8—1,5 диаметра электрода) без поперечных колебаний. В других случаях (при сварке толстых листов) применяют уширенные валики. Колебательные движения улучшают прогрев кромок шва, замедляют остывание ванны наплавленного металла, обеспечивают получение однородного шва и устраняют непровар его корня.

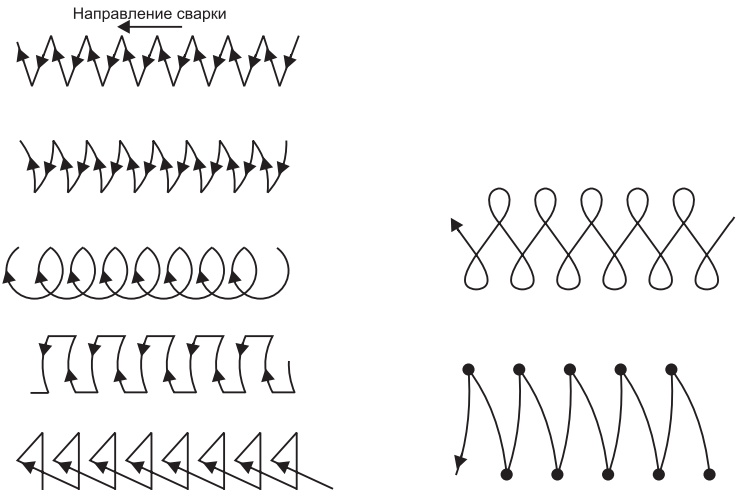
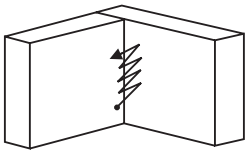
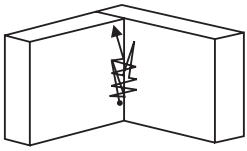
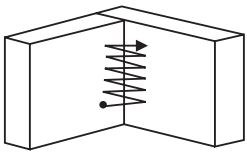
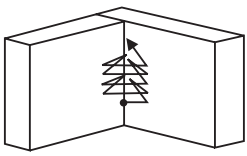
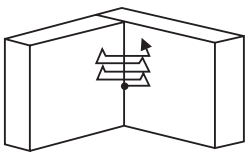
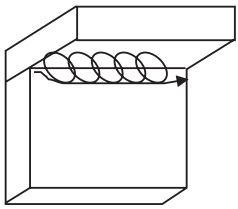
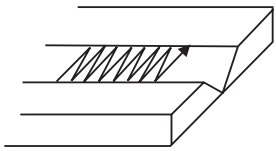


Рис. 1.15. Схема движения конца электрода при ручной электродуговой сварке

Таблица 1.1. Примеры движения электрода при различных видах сварки

Наименование движений	Схема движений	Назначение
Возвратно-поступательное движение в одной плоскости		Применяется для получения подварочного валика сварного шва высокопроизводительными электродами во всех позициях и для всех типов соединений
Циклическое перемещение электрода		Применяется для проварки корня углового шва и V-образных разделок высокопроизводительными электродами
Прямолинейное зигзагообразное перемещение электрода в вертикальной плоскости		Применяется со всеми типами электродов для заполняющих вертикальных угловых и с V-образной разделкой швов, иногда применяется для облицовочного шва. С низко-водородными электродами применяется для проварки корня углового шва и V-образных разделок
Треугольное перемещение электрода		Применяется для облицовочного шва. С низко-водородными электродами применяется для проварки корня углового шва и V-образных разделок
Возвратно-поступательное движение с вертикальным смещением между проходами		Применяется со всеми типами электродов для заполняющих вертикальных угловых и с V-образной разделкой швов. В конце горизонтального перемещения, на обеих краях, электрод имеет фиксированную задержку, затем небольшое перемещение вверх
Перемещение с нахлестом и небольшим качанием электрода вокруг сварочной ванны		Применяется со всеми типами электродов для сварки потолочных швов, иногда во время циклического движения делается захлест кратера
Прямолинейное зигзагообразное перемещение электрода в горизонтальной плоскости		Применяется со всеми типами электродов в широких V-образных разделках в нижнем положении

Сварку встык без разделки кромок производят преимущественно сквозным проплавлением с одной стороны шва. В этих случаях рекомендуется применять подкладки (стальные, медные). Иногда, когда это возможно, производят подварку шва узким валиком с обратной стороны.

Детали под сварку собирают в приспособлениях, чаще всего прихватками. Сечение прихваточного шва составляет примерно 1/3 от сечения основного шва, длина его 30—50 мм. Угловые швы сваривают «в угол» или «в лодочку» (рис. 1.16).

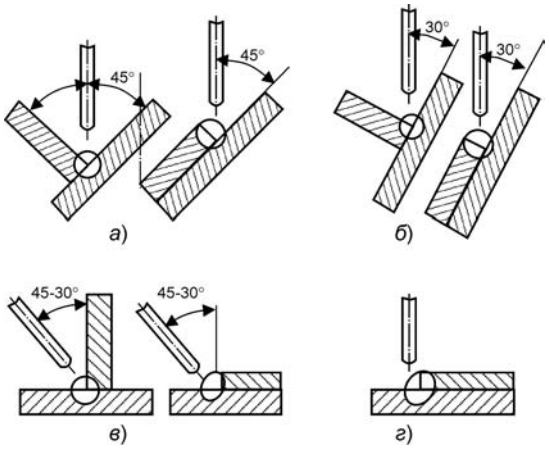


Рис. 1.16. Положение электрода и изделия при выполнении угловых швов: *а* — сварка в симметричную «лодочку», *б* — в несимметричную «лодочку», *в* — «в угол» наклонным электродом, *г* — с оплавлением кромок

При образовании углового шва (рис. 1.16, *а*, *б*, *в*) электрод ставят под углом 45° к поверхности детали. Применяя повышенные величины тока, во избежание непровара шва, обе свариваемые поверхности наклоняют к горизонтальной плоскости под углом 45° (сварка в лодочку, рис. 1.16, *а*). При наклоне свариваемых поверхностей под углом 30° или 60° — в несимметричную лодочку.

При сварке «в угол» проще сборка, допускается большой зазор между свариваемыми деталями (до 3 мм), но сложнее техника сварки, возможны дефекты типа подрезов и наплывов, меньше производительность, так как приходится за один проход сваривать швы небольшого сечения (катет < 8 мм) и применять многослойную сварку. Сварка в лодочку более производительна, допускает большие катеты шва за один проход, но требует более тщательной сборки.

При сварке встык шва с V-образной разделкой (рис. 1.17, *а*) дугу зажигают вблизи скоса кромок и наплавляют валик металла. В зависимости от толщины листа и диаметра электрода шов выполняют за один или несколько проходов.

При многослойной сварке каждый слой тщательно очищают. Число слоев определяют, исходя из диаметра электрода. Толщина слоя равна $(0{,}8 \div 1{,}2)d_{эл}$.

Сварку Х-образных швов (рис. 1.17, *б*) с целью уменьшения деформации производят попеременным наложением слоев с обеих сторон разделки.

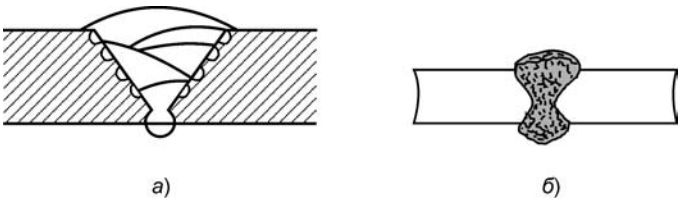
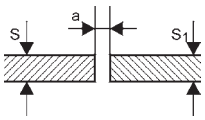
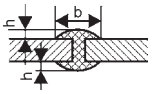
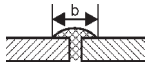
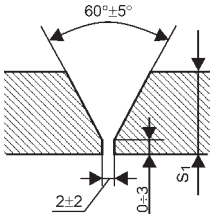
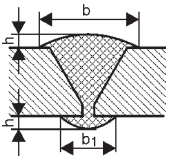
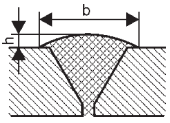
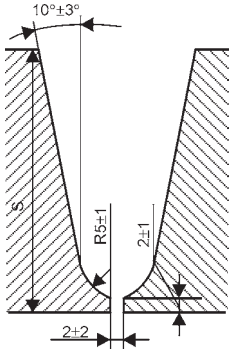
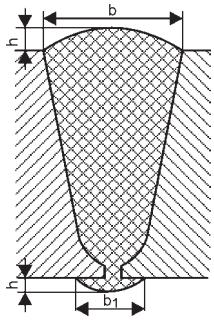
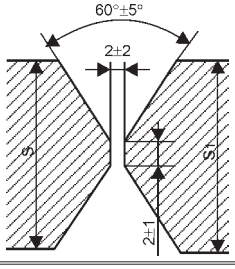
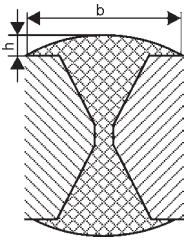
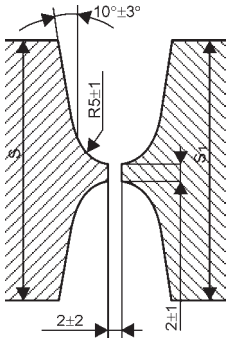
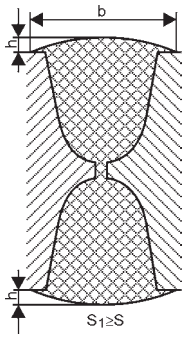
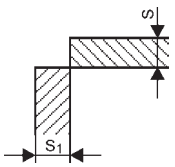
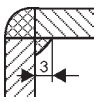
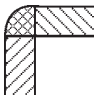
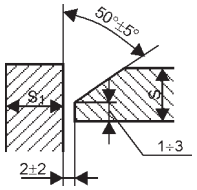
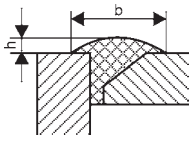
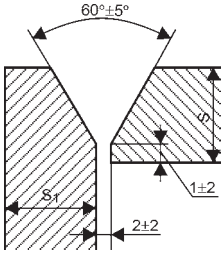
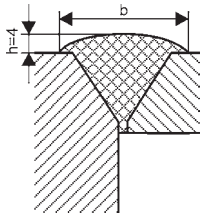
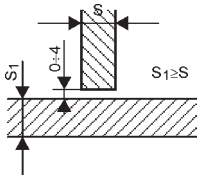
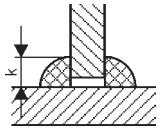


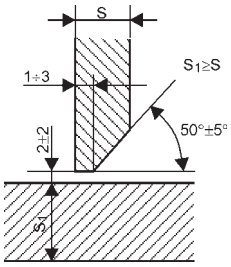
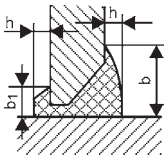
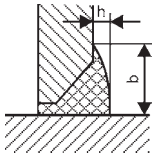
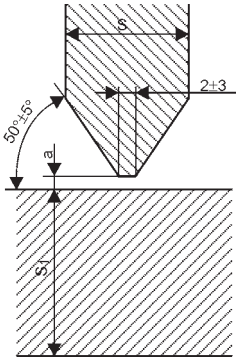
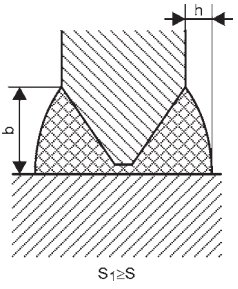
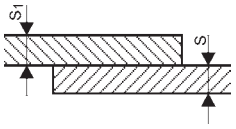
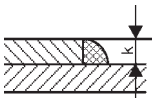
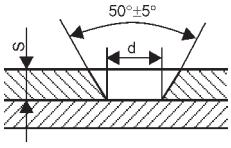
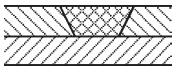
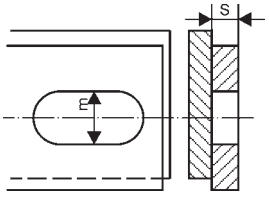
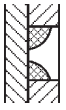
Рис. 1.17. Сварка в стык с разделкой кромок: *а* — схема наложения валиков металла с V-образной разделкой кромок; *б* — сварка встык с двухсторонней разделкой кромок.

Сборка деталей при подготовке под сварку, разделка кромок металла и зазоры между деталями при сварке встык, согласно ГОСТа, показаны на рисунках в табл. 1.2, а также на рис. 1.18—1.21.

Таблица 1.2. Основные типы и размеры конструктивных элементов шва

<table>
<tr><th>Тип сварных швов по ГОСТ</th><th>Наименование сварного соединения</th><th>Тип конструктивных элементов</th><th>Сварное соединение</th><th colspan="3">Размер конструктивных элементов</th></tr>
<tr><td>–</td><td>С отбортовкой</td><td>–</td><td>
</td><td colspan="3">S=1÷3</td></tr>
<tr><td rowspan="5">С2</td><td rowspan="5">Стыковой без скоса кромок двухсторонний</td><td rowspan="6"> 
</td><td rowspan="5"> 
</td><td>S=S1</td><td>b</td><td>a</td></tr>
<tr><td>3÷3,5</td><td rowspan="3">8±4</td><td rowspan="4">$1^{+0,5}_{-1,0}$</td></tr>
<tr><td>4÷4,5</td></tr>
<tr><td>5÷5,5</td><td rowspan="2">9±4</td></tr>
<tr><td>6÷8</td><td>$2^{+1,5}_{-1,0}$</td></tr>
<tr><td colspan="3">h=2÷3</td></tr>
<tr><td>С3</td><td>Стыковой без скоса кромок односторонний</td><td> 
</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">С8</td><td rowspan="2">Стыковой V-образный со скосом двух кромок двухсторонний</td><td rowspan="3"> 
</td><td rowspan="2"> 
</td><td>S=S1</td><td>b</td><td>S2</td></tr>
<tr><td>3÷8</td><td>S+11</td><td>1±1</td></tr>
<tr><td>С9</td><td>Стыковой V-образный со скосом двух кромок односторонний</td><td> 
</td><td>9÷14</td><td>S+13</td><td rowspan="3">$2^{+1,0}_{-2,0}$</td></tr>
<tr><td>С11</td><td>Стыковой V-образный с криволинейным скосом двух кромок двухсторонний</td><td> 
</td><td> 
</td><td>15÷21</td><td>S+15</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>22÷26</td><td>S+16</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="3">b_1=10±4; h=3÷4</td></tr>
<tr><td rowspan="8">С11</td><td rowspan="8">Стыковой V-образный с криволинейным скосом двух кромок двухсторонний</td><td rowspan="8">
</td><td rowspan="8">
</td><td>S</td><td>b</td><td>h</td></tr>
<tr><td>20÷23</td><td>S+9</td><td rowspan="7">0^{+5}</td></tr>
<tr><td>24÷29</td><td>S+7</td></tr>
<tr><td>30÷33</td><td>S+4</td></tr>
<tr><td>34÷41</td><td>S</td></tr>
<tr><td>42÷49</td><td>S-3</td></tr>
<tr><td>50÷55</td><td>S-7</td></tr>
<tr><td>56÷60</td><td>S-12</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3">b_1=10±4</td></tr>
<tr><td>С15</td><td>Стыковой Х-образный с двумя скосами двух кромок духстронний симметричный</td><td> 
</td><td> 
</td><td>S</td><td>b</td><td>h</td></tr>
<tr><td>12÷17</td><td>S+3</td><td>3</td></tr>
<tr><td>18÷29</td><td>S+1</td><td rowspan="3">4</td></tr>
<tr><td>30÷44</td><td>S-3</td></tr>
<tr><td>42÷50</td><td>S-8</td></tr>
<tr><td>51÷60</td><td>S-11</td><td>5</td></tr>
</table>

Тип сварных швов по ГОСТ	Наименование сварного соединения	Тип конструктивных элементов	Сварное соединение	Размер конструктивных элементов
С17	Стыковой Х-образный с двумя криволинейными скосами двух кромок двухсторонний			S: 30÷35 → b: S-3 → h: 4 36÷41 → S-7 42÷51 → S-12 → h: 5 52÷60 → S-24
У4	Угловой без скоса кромок двухсторонний			S=2÷30; S1=2÷30
У5	Угловой без скоса кромок односторонний			S=1÷30; S1=2÷30
У7	Угловой со скосом одной кромки односторонний			S: 4÷7 → b: S+11 8÷11 → S+13 12÷17 → S+15 18÷26 → S+18 h=3÷4; S1≤S
У10	Угловой со скосом двух кромок односторонний			S: 12÷14 → b: S+12 16÷21 → S+14 22÷26 → S+15 h=4; S1=S
Т1	Тавровый без скоса кромок двухсторонний			S: 3÷6 → K: 3÷4 7÷9 → 5 10÷30 → 6÷8

Тип сварных швов по ГОСТ	Наименование сварного соединения	Тип конструктивных элементов	Сварное соединение	Размер конструктивных элементов
Т8	Тавровый со скосом одной кромки двухсторонний			S / b / h 4÷7 / S+9 / 3±3 8÷11 / S+11 12÷17 / S+13 / 4±3 18÷26 / S+16 / 5±3
Т9	Тавровый со скосом одной кромки односторнний			b_1=3
Т10	Тавровый со скосом двух кромок двухсторонний			S / b / h 12÷17 / S+2 / 3±3 18÷25 / S / 5±3 26÷35 / S-2 / 6±3 36÷47 / S-3 / 9±3 48÷51 / S-4 / 11±3 52÷60 / S-5 / 13±3
Н2	Внахлестку без скоса кромок двухсторонний			S=2÷60; k=S
Н3	Внахлестку электрозаклепками			S≥2; d≥2S
Н4	Внахлестку электрозаклепками			S≥2; m≥2S

Сварка встык листов разной толщины показана на рис. 1.18.

Соединение листов внахлестку лобовыми швами показано на рис. 1.19.

Соединение листов внахлестку фланговыми швами с усилением прорезными швами показано на рис 1.20.

Соединение листов встык с накладками показано на рис. 1.21. Накладки приварены к листам лобовыми и фланговыми швами (средняя проекция общая для обеих соединений).

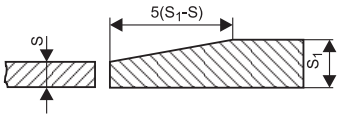


Рис. 1.18. Разделка кромок листов разной толщины для сварки в стык

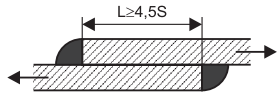


Рис. 1.19. Соединение листов внахлестку лобовыми швами

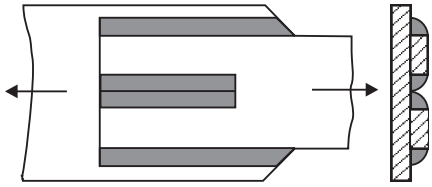


Рис. 1.20. Соединение листов внахлестку фланговыми швами, усиленными прорезными швами

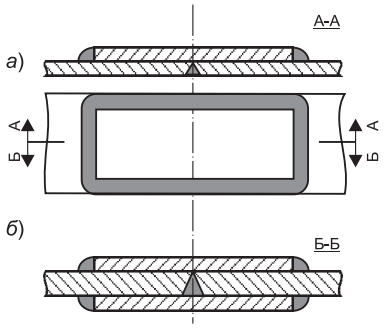


Рис. 1.21. Соединение листов встык с одной накладкой (*а*) и то же, с двумя накладками (*б*)

Для повышения работоспособности сварных конструкций, уменьшения внутренних напряжений и деформаций большое значение имеет порядок заполнения швов. Под порядком заполнения швов понимается, как порядок заполнения разделки шва по поперечному сечению, так и последовательность сварки по длине шва.

По протяженности все швы условно можно разделить на три группы:

- короткие — до 300 мм;
- средние — 300—1000 мм;
- длинные — свыше 1000 мм.

В зависимости от протяженности шва, материала, требований к точности и качеству сварных соединений сварка таких швов может выполняться различными способами (рис. 1.22).

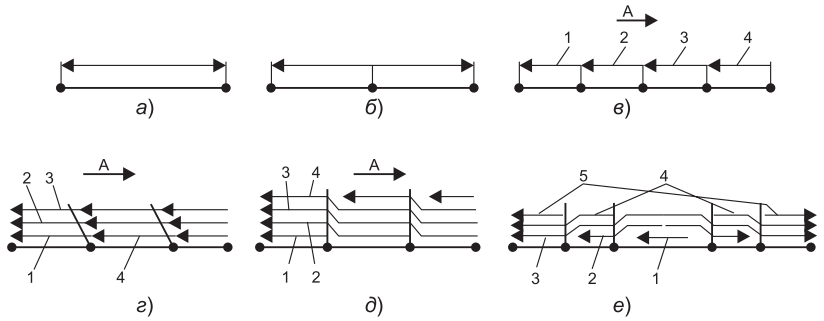


Рис. 1.22. Схемы сварки: *а* — напроход; *б* — от середины к краям; *в* — обратно ступенчатым способом; *г* — блоками; *д* — каскадом; *е* — горкой; А — направление заполнения разделки: (стрелками указано направление сварки); 1—5 последовательность сварки в каждом слое

Короткие швы выполняют на проход — от начала шва до его конца. Швы средней длины варят от середины к концам или обратно ступенчатым методом. Швы большой длины выполняют двумя способами: от середины к краям (обратно ступенчатым способом) и вразброс.

При обратно ступенчатом методе весь шов разбивается на небольшие участки длиной по 150—200 мм, на каждом участке сварку ведут в направлении, обратном общему направлению сварки. Длина участков обычно равна от 100 до 350 мм. В зависимости от количества проходов (слоев), необходимых для выполнения проектного сечения шва, различают однопроходный (однослойный) и многопроходный (многослойный) швы.

С точки зрения производительности наиболее целесообразными являются однопроходные швы, которые обычно применяются при сварке металла небольших толщин (до 8—10 мм) с предварительной разделкой кромок.

Сварку соединений ответственных конструкций большой толщины (свыше 20—25 мм), когда появляются объемные напряжения и возрастает опасность образования трещин, выполняют с применением специальных приемов: заполнения швов «горкой» или «каскадным» методом.

При сварке «горкой» сначала в разделку кромок наплавляют первый слой небольшой длины 200—300 мм, затем второй слой, перекрывающий первый и имеющий в 2 раза большую длину. Третий слой перекрывает второй и длиннее его на 200—300 мм. Так наплавляют слои до тех пор, пока на небольшом участке над первым слоем разделка не будет заполнена. Затем от этой «горки» сварку ведут в разные стороны короткими швами тем же способом. Таким образом, зона сварки все время находится в горячем состоянии, что позволяет предупредить появление трещин. «Каскадный» метод является разновидностью горки.

При сварке горизонтальных швов на вертикальной плоскости (рис. 1.23, *а*) разделку делают лишь верхнему листу, дугу возбуждают на нижней кромке, затем постепенно переходят на скошенную верхнюю кромку.

Вертикальные швы сваривать труднее, вследствие стекания расплавленного металла вниз. Для уменьшения стекания металла работу ведут короткой дугой и в направлении снизу вверх (рис. 1.23, *б*), за исключением листов толщиной до 1,5 мм.

Сварку потолочных швов (рис. 1.23, *в*) производят очень короткой дугой, при которой происходит короткое замыкание электрода на деталь. Применяют электроды с тугоплавкой обмазкой, которая образует вокруг электродов «втулочку», содержащую направленый газовый поток, удерживающий электродный металл.

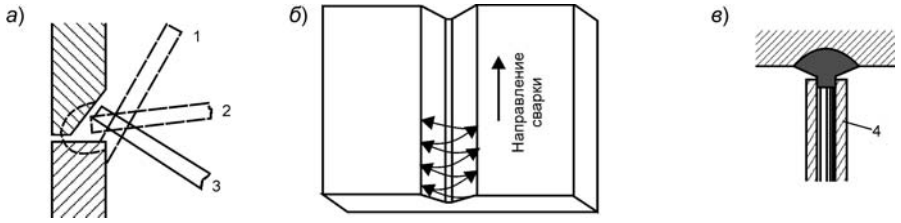


Рис. 1.23. Схематическое изображение работы при выполнении сварки различными швами: *а* — горизонтальный шов на вертикальной плоскости; *б* — вертикальный шов; *в* — потолочный шов. 1—3 — положение электрода в пространстве; 4 — покрытие электрода

Обеспечение нормативных требований по технологии и технике сварки — основное условие получения качественных сварных швов. Отклонения размеров и формы сварного шва от проектных чаще всего наблюдаются в угловых швах и связаны с нарушением режимов сварки, неправильной подготовкой кромок под сварку, неравномерной скоростью сварки, а также при несвоевременном контрольном обмере шва.

1.9.2. Особенности сварки и наплавки углеродистых и легированных сталей

Сварка и наплавка среднеуглеродистых и низколегированных сталей. Содержание углерода выше 0,2% приводит к возрастанию закаливающих свойств стали, а также к возникновению закалочных трещин и остаточных напряжений. Чтобы избежать этих дефектов, сварку выполняют не допуская появления пор, подрезов, с плавными переходами от изделия к поверхности наплавленного слоя. Нельзя применять прихватки, которые потом полностью не завариваются, а также подваривать дефекты короткими швами менее 100 мм. Многослойную сварку или наплавку ведут так, чтобы при наложении последующего слоя предыдущий не успевал охладиться до температуры ниже 200 °С. Сталь, легко подающуюся закалке, перед сваркой подогревают до температуры 200—250 °С, то же выполняют при сварке на морозе. Углеродистые и низколегированные стали сваривают и наплавляют преимущественно электродами типов Э-42 и Э-46 с рутиловым покрытием. При сварке конструкционных сталей наилучшее качество сварки дают электроды типа Э-42А с фтористокальциевыми покрытиями УОНИ-13, ОЗС-2.

Для наплавки быстроизнашивающихся поверхностей, работающих в абразивной среде, а также там, где требуется повышенная твердость, лучше применять электроды типа Т-590, Т-620 и др. Без термической обработки они позволяют получать менее пластичный металл шва, но с твердостью HRC 56-62.

Режимы сварки и наплавки среднеуглеродистых и низколегированных сталей могут быть выбраны по графику (рис. 1.24) в зависимости от диаметра электрода и толщины свариваемого металла. При выполнении потолочных и вертикальных швов применяют электроды диаметром не более 4 мм и силу сварочного тока уменьшают на 10—20%.

Детали, имеющие цементированные поверхности с высокой твердостью (кулачки распределительных валов, тарелки толкателей и др.), наплавляют электродами ОЗН-400 и ЦП-4. При этом твердость слоя достигает 45-55 HRC без термической обработки. Перед наплавкой с кулачков распределительных валов снимают наждачным кругом верхний, имеющий наклеп, слой металла толщиной 1—2 мм. При наплавке вал частично погружают в воду, чтобы уменьшить коробление и из-

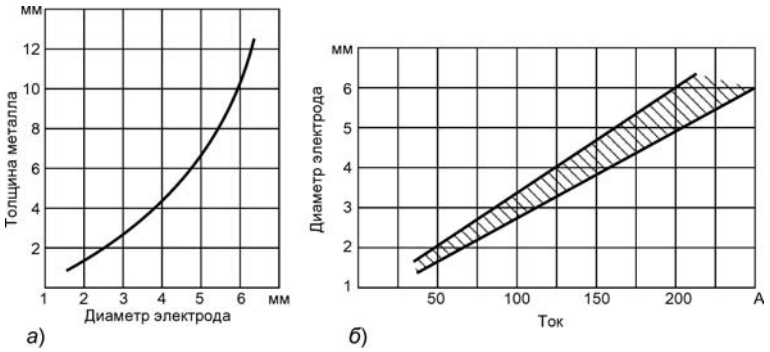


Рис. 1.24. Графики выбора режима сварки и наплавки: *а* — график выбора диаметра электродов; *б* — график выбора силы сварочного тока

бежать нарушения термической обработки участков, расположенных близко к зоне сварки. Так же наплавляют тарелки толкателей клапанов.

Сварка среднелегированных сталей. Среднелегированные стали (ГОСТ 4543—71) обладают высоким значением временного сопротивления разрыву (600—2000 МПа) и высокой стойкостью против перехода в хрупкое состояние. Поэтому их применяют для конструкций, работающих при низких или высоких температурах, при ударных или знакопеременных нагрузках, в агрессивных средах и для других тяжелых условий.

Среднелегированные стали (20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСНА, 30ХН2МФА), чувствительны к нагреву, при сварке они могут закаливаться; перегреваясь, образовывать холодные трещины, что затрудняет их сварку.

Чем выше содержание углерода и легирующих примесей и чем толще металл, тем хуже свариваемость этих сталей.

Такие стали свариваются покрытыми электродами с основным покрытием на постоянном токе с обратной полярностью, швы выполняются многослойными каскадным и блочным способами.

Технология должна предусматривать низкие скорости сварки и охлаждение металла шва. Существенно способствует предупреждению трещин в металле повышение его температуры выше 150 °С. Длина ступени каскадной сварки должна выбираться из расчета указанного разогрева металла предыдущего слоя шва. Обычно длина ступени сварки составляет 150—200 мм.

Сварка легированных теплоустойчивых сталей. Теплоустойчивые стали по микроконструкции подразделяются на стали перлитного класса (12МХ, 12ХІМІФ, 20ХІМІФІТР и др.) и стали мартенситного класса.

Все теплоустойчивые легированные стали поставляются потребителю после термической обработки (закалка, термический отпуск, отжиг). Если рабочая температура изделий из сталей (трубы паронагревателей, детали газовых турбин, трубы печей нефтезаводов и др.) не превышает 600 °С, то они изготовляются из высоколегированных жаростойких и жаропрочных сталей.

Технологией сварки легированных теплоустойчивых сталей любой марки предусматривается предварительный или сопутствующий местный или общий подогрев свариваемого изделия, который обеспечивает структурную однородность метала шва с основным металлом и термическую обработку сварного изделия.

Химическая однородность металла шва с основным металлом нужна для исключения диффузионных явлений, которые могут произойти при высоких температурах во время эксплуатации сварных изделий, так как перемещения химиче-

ских элементов в процессе диффузии приводят к снижению длительности эксплуатации изделий.

С помощью термической обработки удается улучшить во всем сварном изделии микроструктуру металла. Но для повышения длительности работы изделий нужно правильно выбрать и осуществить режим термической обработки. Лучшая термическая обработка сварных изделий из легированной стали — закалка и высокий отпуск. На практике применяют только высокий отпуск или отжиг с нагревом до температуры около 780 °С.

Необходимый нагрев свариваемого изделия, а также термическая обработка производятся, как правило индукционным методом, током промышленной или повышенной частоты. Время выдержки при отпуске берется из расчета 4—5 мин/мм толщины стенки. Охлаждение сварного изделия до температуры предварительного подогрева (200—450 °С) должно быть медленным.

Сварку теплоустойчивых легированных сталей покрытыми электродами производят на тех же режимах, что и сварку низколегированных конструкционных. Сварку корневого шва выполняют электродами диаметром 2—3 мм.

Техника сварки теплоустойчивых сталей аналогична технике сварки низкоуглеродистых сталей. Многослойную сварку выполняют каскадным способом без охлаждения каждого выполненного слоя шва.

Сварка термически упрочненных сталей. Термической обработкой повышают механические свойства как легированных конструкционных, так и теплоустойчивых, жаропрочных и других сталей, например, 10Г2С1, 09Г2С, 14Г2, 15ХСНД, 12Г2СМФ, 15ХГ2СФР, 15Г2СФ, 15Г2АФ, 15ХГСА и др.

При содержании углерода более 0,12% термоупрочненные стали в процессе сварки образуют закалочные микроструктуры в зоне термического влияния, а также разупрочнение металла, если сварное соединение не подвергается после сварки термической обработке. Изменение твердости сварного соединения термически упрочненной стали показано в виде графика на рис. 1.25

Из рис. 1.25 видно, что зона термического влияния при сварке упрочненной стали, склонной при сварке к закалке, разделяется на следующие части:

- неполного расплавления (микроучасток интенсивной диффузии и химической неоднородности части оплавленных зерен основного металла);
- закалки и перегрева с температурой нагрева 920—950 °С;
- неполной закалки с температурой нагрева 720—920 °С;
- участок разупрочнения с температурой нагрева ниже 720 °С.

На участке закалки твердость металла будет максимальной, на участке неполной закалки твердость снижена. Самая низкая твердость по сравнения с другими участками, а также с основным металлом будет на участке разупрочнения.

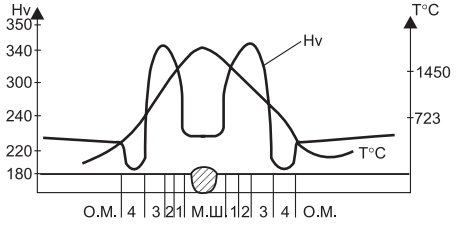


Рис. 1.25. Характер распределения твердости термически упрочненных сталей после выполнения сварки: О.М. — основной металл; М.Ш. — металл сварочного шва; 1 — участок неполного расплавления; 2 — микроучасток неоднородности; 3 — участок закалки, неполной закалки, отпуска; 4 — участок разупрочнения

Участок разупрочнения — самое слабое место сварного соединения при работе его на статическую нагрузку. Ширина участка разупрочнения влияет на работоспособность сварного соединения, она будет тем выше, чем меньше ширина этого участка. Ширина участка разупрочнения зависит от скорости охлаждения.

Для снижения ширины разупрочненного металла, как и всей зоны термического влияния, следует применять режимы сварки с низкой погонной тепловой энергией.

Сварка высокомарганцовистых сталей. Сталь марки Г-13 содержит около 1,5% углерода и 13% марганца, имеет высокую твердость и стойкость против истирания. Из этой стали изготавливают звенья гусениц тракторов, зубья ковшей экскаваторов и другие детали, работающие в условиях интенсивного абразивного износа. В стали, нагретой до температуры выше 1200 °С, при медленном охлаждении выделяются карбиды марганца, отчего она становится хрупкой и в ней образуются трещины.

При сварке этой стали необходимо создавать как можно меньшую зону нагрева и быстро охлаждать шов. Сварку и наплавку этих сталей следует выполнять уширенными валиками и короткими участками, каждый валик охлаждать водой.

1.9.3. Особенности сварки тонкостенных стальных деталей

Основная трудность, возникающая при дуговой сварке стальных листов и деталей толщиной 3—6 мм, не позволяющих разделку кромок — правильное формирование обратной стороны шва. При недостаточном подводе тепла дуги к месту сварки получается непровар сечения, а чрезмерный подвод тепла вызывает полное проплавление и расплавленный металл вытекает из объема шва, образуя с обратной стороны прожоги или натеки. Получить полное проплавление толщины тонкой стенки без натеков или прожогов очень трудно. В процессе сварки обратная сторона шва не видна, и сварщик, как правило, работает на режиме, вызывающим непровар. Оставшаяся в результате непровара трещина становится центром концентрации напряжений, и сварной шов быстро разрушается, особенно при переменных или ударных нагрузках.

Лучший способ устранения непровара — подварка шва с обратной стороны. Но часто подварку трудно выполнить, так как обратная сторона шва бывает малодоступна (потолочное положение) или совсем недоступна (сварка труб встык и т. п.), кроме того, подварка значительно увеличивает трудоемкость работ (на 30—40%). Поэтому сварка таких деталей выполняется на постоянном токе 140—160 А прямой полярности электродами диаметром 3—4 мм и поручается сварщику высокой квалификации.

Чтобы избежать непроваров, прожогов или натеков, рекомендуется применять подкладки, плотно прикладываемые к обратной стороне шва. Съемные подкладки изготавливают из красной меди. Так как медь высокотеплопроводный металл, то при соприкосновении с расплавленным металлом сварного шва подкладка не оплавляется и после окончания сварки легко удаляется. Там, где возможно, применяют несъемные подкладки из стальной полосы толщиной 3—4 мм и шириной 30—50 мм. Они остаются приваренными к обратной стороне шва. Применение подкладок значительно повышает производительность сварки, так как сварщик может не опасаясь прожогов, работать на режиме с повышенным током.

Особую трудность для электродуговой сварки представляют стали толщиной менее 3 мм. Листы такой толщины сваривают без зазора в стыке или чаще всего с отбортовкой кромок. Кромки листа отгибают на угол 90° (рис. 1.26, *а*). Получить хороший шов с такой отбортовкой затруднительно, так как возможен неровный

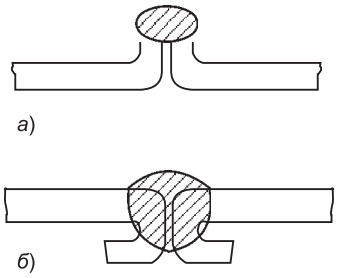


Рис. 1.26. Сварка тонких листов с отгибкой кромок:
а — отгиб на 90°; *б* — отгиб на 180°

провар кромок, поэтому чаще кромки отгибают на 180° (рис. 1.26, *б*), что дает возможность эффективнее использовать электроды с качественными покрытиями и получать хороший ровный шов.

Отбортованные кромки листов толщиной до 3 мм проплавляют часто угольным или графитовым электродом без применения присадочного материала.

1.9.4. Сварка в условиях низких температур

При сварке в условиях низких температур наблюдается повышенная скорость охлаждения при кристаллизации металла сварочной ванны и основного металла в зоне термического влияния (ЗТВ). В результате из расплавленного металла затрудняется выход на поверхность газов и оксидов, что увеличивает содержание в металле шва водорода, кислорода, азота и неметаллических включений, что часто приводит к образованию пор и горячих трещин. Во время сварки при низких температурах возможность образования горячих трещин в швах дополнительно усиливается с возрастанием скорости упругопластической деформации в критическом интервале температур, в котором нагретый металл уже находится в хрупком состоянии. В тех случаях, когда в металлоконструкциях с толщиной элементов более 16 мм имеются тавровые, угловые или крестообразные сварные соединения, вероятность образования в ЗТВ холодных трещин и инициируемых ими слоистых трещин весьма высока. Причинами слоистого растрескивания могут быть дефекты сварного соединения и дефекты, связанные с качеством толстолистового проката. В зимних условиях ухудшаются сварочно-технологические свойства электродов, главным образом за счет попадания влаги, приводящей к дополнительной пористости наплавленного металла. Повышенный отвод теплоты во время сварки толстолистового проката в условиях низких температур ухудшает проплавление основного металла, что приводит к образованию непроваров.

Для предупреждения образования дефектов рекомендуется предпринять ряд организационных и технологических мер:

- предусмотреть защиту сварочного поста от воздействия атмосферных осадков;
- организовать прокалку сварочных электродов и их хранение в пеналах на рабочем месте;
- применять сварочные электроды с основным покрытием (например, УОНИ-13/45);
- выполнять сварку с предварительным подогревом до 150 °С;
- предусмотреть использование повышенной погонной энергии при сварке;
- использовать вместо жестких прихваток сборочно-сварочные приспособления, не создающие излишних напряжений в металлоконструкциях;

- зажигать дугу на основном металле и выводить на него кратеры;
- использовать многослойную сварку;
- выбирать такую последовательность наложения швов, которая обеспечивает дегазацию расплавленного металла и освобождение его от неметаллических включений;
- организовать работу так, чтобы не было перерывов, способствующих охлаждению шва до температуры 100—120 °С;
- обеспечивать замедленное охлаждение места сварки.

1.9.5. Правила приварки усиливающих накладок при изготовлении и ремонте металлоконструкций

Накладки бывают односторонние и двусторонние. Их, как правило, применяют для усиления сварных соединений, выполненных встык, а также при заварке трещин. В зависимости от сечения соединяемых элементов накладки могут быть плоскими, угловыми или коробчатыми. Углы накладок должны быть скруглены радиусом не менее 30 мм. Накладки изготавливают из сталей Ст3сп5 (ГОСТ 380) или из Ст20 (ГОСТ 1050). Толщина односторонней накладки должна быть не менее 0,7, а двусторонней — не менее 0,5 от толщины свариваемого основного металла. Если на сварной шов должна быть поставлена накладка, то усиление валика следует снять с основным металлом.

Плоские накладки должны перекрывать заваренный стык или трещину не менее чем на 100 мм; при небольших габаритных размерах деталей перекрытие стыка может быть уменьшено до 50 мм. При постановке двусторонних плоских накладок их размер выбирают так, чтобы противоположные швы на разных сторонах детали были смещены не менее чем на 30 мм (см. рис. 1.27, сечение А—А). Необходимо обеспечивать плотное прилегание накладок к основному металлу. Для плоских накладок местные зазоры должны быть не более 1 мм, для угловых и коробчатых — не более 1,5 мм. Если накладка имеет размер по одной из осей более 300 мм, то для плотного прилегания она предварительно должна быть приварена пробочными швами (электрозаклепками) на расстоянии 150—200 мм друг от друга. Отверстия для пробочных швов следует сверлить только в накладке до постановки ее на место и заваривать в первую очередь. Лобовые и косые швы приварки накладок необходимо выполнять с отношением вертикального катета к горизонтальному 1:2, а переход от наплавленного металла к основному делать плавным.

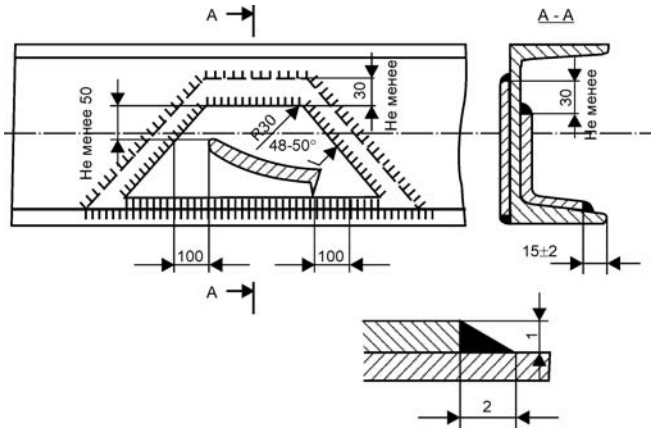


Рис. 1.27. Схема приварки усиливающих накладок

В ответственных металлоконструкциях для снятия напряжений и повышения усталостной прочности сварных соединений после приварки усиливающих накладок рекомендуется производить поверхностный наклеп сварных швов и зоны термического влияния многобойковым упрочнителем.

1.9.6. Заварка трещин и технологических отверстий

Заварка трещин. Как показывает опыт, заварка (ремонт) трещин без соответствующей подготовки может вызвать их мгновенное распространение даже при незначительных нагрузках и снижении температуры. Поэтому подготовку кромок под сварку и наложение сварных швов при заварке ручной дуговой сваркой проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 5264 и ГОСТ 11534. Если форма и размеры ремонтных швов не вписываются в стандартные, то в каждом конкретном случае их вычерчивают с учетом особенностей и размеров элементов, а затем заносят в каталог технической документации и паспорт изделия.

Перед разделкой необходимо тщательно осмотреть трещину, точно определить ее концы (границы трещины хорошо проявляются при нагреве их газовой горелкой до температуры 100—150 °С), накернить их, затем засверлить сверлом диаметром 6—10 мм, а при толщине детали более 100—125 мм — сверлом диаметром 20—25 мм. Сверление выполнять так, чтобы центр отверстия совпадал с концом трещины или был на 3—5 мм дальше конца трещины. Когда отверстия на концах трещины высверлить невозможно (дрель не помещается в конструкции), по согласованию с технологами, на полностью разгруженных или сжатых элементах отверстия прожигают газокислородным пламенем, отступив от конца трещины на 50—80 мм. Для лучшего провара отверстия в конце трещины следует раззенковать на $^1/_2$—$^1/_3$ толщины стенки. Разделку трещин и выборку металла можно производить как механически, так и дуговым способом (специализированными электродами марки АНР-2 без зачистки кромок разделки). Возможно также применение воздушно-дуговой строжки угольными электродами, что требует обязательной абразивной зачистки кромок. Несквозные трещины необходимо разделывать на глубину, превышающую глубину их залегания не менее чем на 3 мм.

При заварке защемленных трещин (не выходящих на кромку) даже в конструкциях из низкоуглеродистых сталей рекомендуют перед сваркой произвести подогрев газовой горелкой мест, расположенных непосредственно за концами трещин. В отдельных случаях при высокой жесткости конструкции, большой толщине элементов, отсутствии специализированных сварочных материалов сварочные работы следует производить, если позволяют размеры, с предварительным подогревом до температуры 200—250 °С всей детали с последующим замедленным охлаждением в песке или путем укрытия асбестовой тканью.

Если трещина имеет длину более 300 мм, ее следует заваривать обратноступенчатым способом с длиной отдельной ступени 150—200 мм (рис. 1.28). При этом каждую отдельную ступень заваривают в направлении от кромки к концу трещины. После полной заварки трещины производят подварку корня шва с обратной стороны, предварительно подрубив вершину шва до полного удаления наплывов, шлака и черновин.

Если невозможно подварить шов с обратной стороны, то разрешается выполнять швы без подварки с обязательным соблюдением проектного зазора между кромками. Во время сварки таких швов нужно внимательно следить за проваром кромок на всю толщину, применяя в таких случаях по возможности остающиеся подкладки, плотно прилегающие к стенкам.

Рис. 1.28. Схема заварки трещины длиной более 300 мм

При многослойной сварке заполнение участков производят «горкой» или «каскадным способом». При заполнении участков шва «горкой» вначале наплавляют первый слой на небольшом участке, затем второй, который полностью перекрывает начало первого слоя. Затем в таком же порядке наплавляют третий и четвертый слои, образуя таким образом «горку» (рис. 1.29).

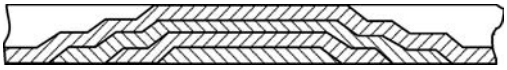


Рис. 1.29. Последовательность наложения валиков способом «горка»

Разница по ширине и высоте сварного шва в разных сечениях допускается не более 2 мм при условии плавного перехода от одного размера к другому. В случае заварки дефектного участка шва (после вырубки) допускается разница по ширине до 4 мм относительно невырубаемого шва. При этом должен быть обеспечен плавный переход от одного размера к другому. При заварке трещины по сварному шву концы ее должны быть засверлены, а ранее наплавленный металл — полностью удален.

При заварке трещин, проходящих по заклепочным соединениям или в конструкциях, укрепленных жесткими связями, необходимо удалить по одному ряду заклепок или связей с обеих сторон трещины. После заварки трещины поставить удаленные заклепки или связи. Если трещина доходит до заклепки, то последняя также должна быть удалена перед сваркой.

Заварка и обварка отверстий. Заварку отверстий в зависимости от их диаметра и глубины можно производить путем вварки вставок, сплошной заплавки и приварки накладки.

Отверстия диаметром 50 мм и более следует заваривать путем вварки конусообразной вставки (рис. 1.30), изготовленной из того же металла, что и деталь. Вставку перед вваркой необходимо прихватить в трех местах, затем обварить по периметру.

Отверстия, глубина которых больше двух диаметров, перед заваркой следует раззенковать (рис. 1.31) или перегородить пластиной толщиной 2—4 мм

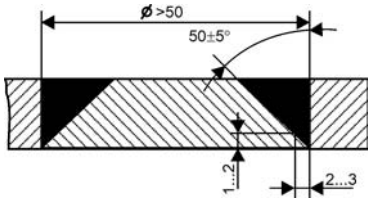


Рис. 1.30. Схема вварки конусообразной вставки в отверстие диаметром более 50 мм

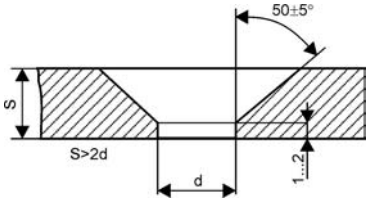


Рис. 1.31. Схема подготовки отверстия под заварку зенкованием

(рис. 1.32) из малоуглеродистой стали. Разрешается заваривать такие отверстия, применяя пробки в последовательности, указанной на рис. 1.33.

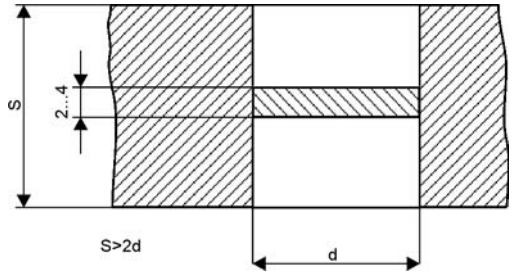


Рис. 1.32. Схема подготовки отверстия под заварку путем установки перегородки

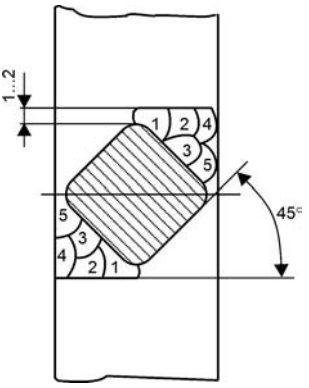


Рис. 1.33. Схема заварки отверстия с помощью пробок

Отверстия диаметром менее 15 мм перед заваркой нужно рассверлить до диаметра 18—20 мм. При наличии в завариваемом отверстии резьбы последнюю удаляют сверлом, диаметр которого на 1,5—2 мм больше наружного (наибольшего) диаметра резьбы.

Перед сваркой стенки отверстия должны быть очищены от ржавчины, грязи и масла. Если отверстие не перегораживают пластиной, то его с одной стороны необходимо закрыть огнеупорной подкладкой, флюсовой подушкой и т. п.

Заварку отверстий рекомендуют производить в нижнем положении наложением круговых валиков электродом, наклоненным к стенке под углом 30—40°. Если отверстие перекрывают с одной стороны накладкой, то последнюю приваривают с двух сторон по периметру (снаружи и со стороны отверстия).

Обварку отверстий с целью уменьшения размеров по диаметру следует производить электродуговой сваркой в один слой по всей толщине стенки с напуском на кромки.

При вертикальном положении стенки с обвариваемым отверстием сварку целесообразней производить по окружности в два приема с движением электрода снизу вверх (рис. 1.34).

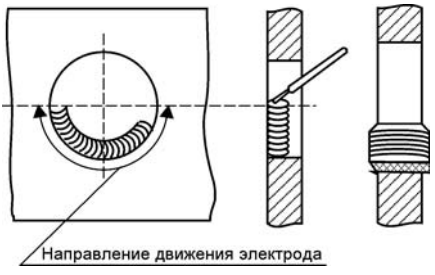


Рис. 1.34. Схема обварки отверстия с целью уменьшения размеров

1.9.7. Особенности сварки труб из коррозионностойких хромоникелевых сталей аустенитного класса

К аустенитному классу коррозионностойких сталей относят стали, имеющие после высокотемпературного нагрева преимущественно структуру аустенита (могут содержать до 10% феррита). Такие марки хромоникелевых сталей известны в мировой практике под наименованием стали 18—8 с содержанием примерно 18% хрома и 10% никеля. Это — наиболее широко используемые в промышленности стали марок 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т.

При подготовке и сварке труб из сталей аустенитного класса должны быть учтены специальные требования, которые сводятся к следующему. Резку труб и обработку кромок до проектного размера под сварку следует выполнять механическим способом. В случае использования термической резки с кромок должен быть снят слой металла до полного удаления всех неровностей, цветов побежалости и возможных горячих трещин.

Основными способами сварки, широко используемыми при монтаже трубопроводов, являются ручная дуговая сварка покрытыми электродами и дуговая сварка неплавящимся электродом в защитных газах. По условиям выполнения сварочных работ при монтаже трубопроводов из аустенитных сталей температура в зоне сварки не должна быть ниже −10 °С, т. е. при которой не требуется предварительный подогрев. При более низкой температуре сварочные работы разрешается выполнять только в специальных защитных устройствах.

При сварке покрытыми электродами зона, примыкающая к стыку шириной не менее 100 мм, должна быть покрыта водным раствором каолина или асбестовой тканью для защиты труб от брызг расплавленного металла.

Технология ручной дуговой сварки таких сталей предусматривает использование электродов ЦЛ-11, ЦТ-15, ЗИО-8, ЭА-400/10У и др. Рекомендуемые режимы сварки в зависимости от положения шва в пространстве и диаметра электрода приведены в технических условиях, паспортах и на электродных этикетках. Толщина стенки трубы определяет число слоев, которое необходимо наложить для заполнения разделки. Опыт показывает, что при толщине стенки трубы 4—6 мм число заполняющих слоев составляет 2, при 7—11 мм — 3, при 12—14 мм — 4. С увеличением толщины стенки через каждые 2—2,5 мм число слоев увеличивается на один. Наиболее ответственный — корневой шов, он должен надежно проплавлять кромки свариваемых труб и образовывать на внутренней поверхности шва равномерный обратный валик. Как правило, наружная поверхность корня шва должна быть вогнутой. Облицовочный шов должен иметь плавное очертание и сопряжение с поверхностью трубы без подрезов. Ширина шва должна быть такой, чтобы перекрывать ширину разделки на 2—3 мм в каждую сторону. Сварку следует выполнять на возможно короткой дуге. Перед гашением дуги сварщик должен заполнить кратер путем постепенного отвода электрода и вывода дуги на 15—20 мм на только что наложенный шов. Последующее зажигание дуги производят на металле трубы на расстоянии 12—15 мм от кратера. Во всех случаях многослойной сварки разбивку на участки выполняют с таким расчетом, чтобы стыки участков в соседних слоях не совпадали, а точки были смещены одна относительно другой, но не менее чем на 15 мм, важно чтобы последующий участок перекрывал предыдущий на 15—20 мм. Стыки труб диаметром менее 219 мм, независимо от толщины стенки, должен сваривать один сварщик. С целью равномерного распределения сварочных напряжений и поддержания необходимого температурного режима по всему периметру стыка трубы диаметром более 219 мм должны свариваться одновременно двумя сварщиками. Порядок наложения слоев при сварке труб в наиболее часто встречающихся монтажных условиях приведены на рис. 1.35—1.40.

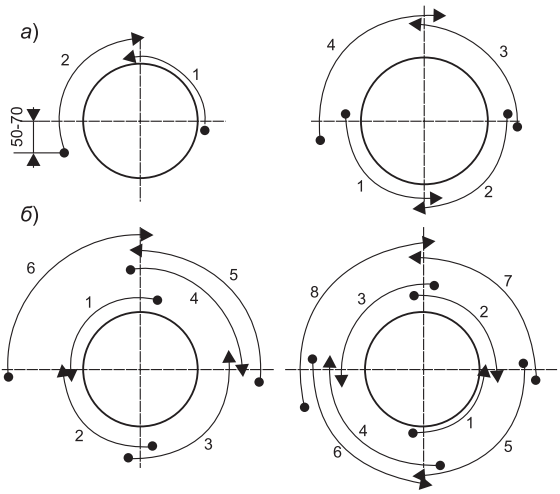


Рис. 1.35. Сварка с поворотом трубы на 180°:
а — первого слоя; б — второго слоя; 1—8 — последовательность наложения участков слоя

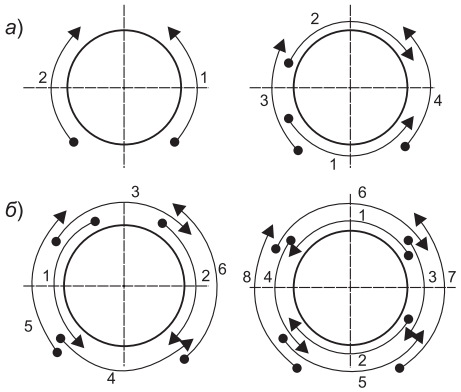


Рис. 1.36. Сварка с поворотом трубы на 90°:
а — первого слоя; б — второго слоя; 1—8 — последовательность наложения участков слоя

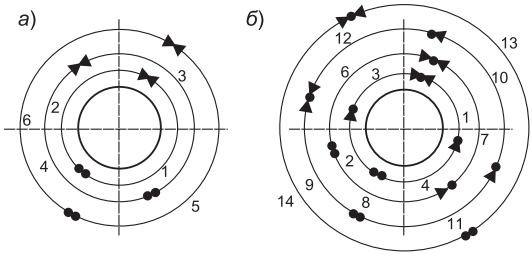


Рис. 1.37. Порядок наложения слоев при сварке вертикального неповоротного стыка труб одним сварщиком: а — для труб диаметром до 219 мм; б — для труб диаметром более 219 мм; 1—4 — последовательность наложения слоев

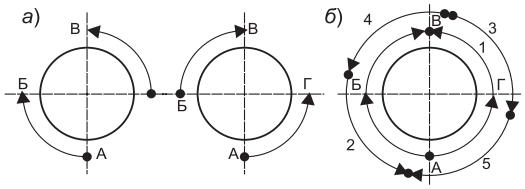


Рис. 1.38. Порядок наложения первого (а) и последующих (б) слоев шва при сварке вертикального неповоротного стыка труб диаметром более 219 мм двумя сварщиками

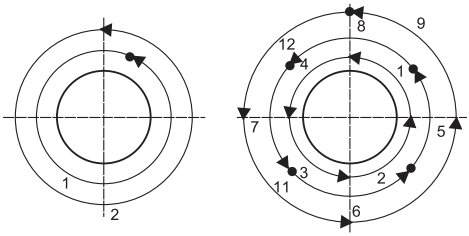


Рис. 1.39. Порядок наложения слоев при сварке горизонтальных стыков труб одним сварщиком

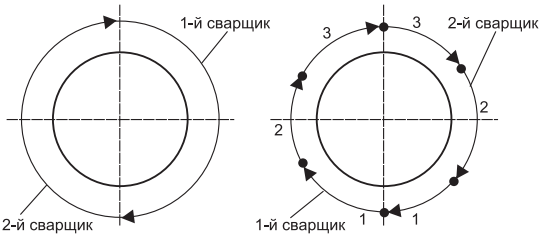


Рис. 1.40. Порядок наложения слоя шва горизонтального стыка при сварке двумя сварщиками

1.9.8. Подготовка поверхности металла к сварке

Очистку проката сталей, не склонных к закалке и используемых при изготовлении неответственных сварных металлоконструкций, можно осуществить быстрым нагревом поверхностного слоя металла ацетиленокислородным пламенем, при котором окалина отслаивается, ржавчина обезвоживается, а краска сгорает без значительного нагрева основного металла. Остатки оксидов и сгоревшей краски легко удаляются металлической щеткой. Отслаивание окалины и других загрязнений основано на разности их коэффициентов линейного расширения и основного металла.

Нагревают очищаемую поверхность металла пламенем специальных многопламенных горелок типа ГАО. Для очистки применяют жесткое окислительное пламя со скоростью истечения смеси из сопел мундштука, близкой к скорости отрыва (для увеличения газодинамического напора пламени на металл).

Угол наклона горелки к горизонту составляет 40—60°. Скорость ее перемещения от 0,5 до 1,0 м/мин. Наибольшую скорость очистки допускают сухие рыхлые

слои ржавчины, наименьшую — краски и лаки, которые не отслаиваются, а обугливаются или сгорают. Хороших результатов достигают при перемещении горелки «на себя», так как при этом предотвращается засорение сопл частицами окалины или ржавчины, отлетающими от очищаемой поверхности. Мундштук горелки располагают под углом 30° к направлению движения для перекрытия каждого предыдущего слоя последующим на 15—20 мм.

В зависимости от толщины краски или ржавчины и состояния поверхности металла очистку выполняют в два — три прохода. В перерывах между проходами удаляют продукты очистки и полностью охлаждают поверхность металла. Зачистку производят металлическими щетками сразу после охлаждения.

Производительность очистки поверхности составляет 20 $м^2$/ч при удельном расходе ацетилена от 0,1 до 0,4 $м^3$ на 1 $м^2$ очищаемой площади. Для очистки поверхности проката конструкционных сталей, применяемых для сварки ответственных конструкций, следует использовать пескоструйную обработку.

1.9.9. Ручная дуговая сварка оцинкованного металла

Один из эффективных способов защиты стали от коррозии — цинкование, используется при изготовлении гидротехнических сооружений, строительных конструкций, труб. Для нанесения слоя цинка на металл используются: горячее цинкование, гальванический метод и напыление. Толщина слоя цинка может составлять от 3 до 150 мкм. При поставке оцинкованного металла в сертификате указывается толщина слоя цинка.

В процессе сварки цинк интенсивно испаряется, поскольку его температура кипения составляет 906 °С. При дуговых способах сварки оцинкованной стали особое внимание должно быть уделено технике безопасности, так как выделяющиеся пары цинка, интенсивно загрязняющие воздух в рабочей зоне, могут привести к удушью, вызвать «цинковую лихорадку». Поэтому рабочее место сварщика должно быть оборудовано местной вентиляцией, а помещение, где выполняются сварочные работы — устройствами эффективной общеобменной вентиляции.

Интенсивно испаряясь при сварке, цинк попадает в сварочную ванну и способствует образованию пор и кристаллизационных трещин в шве. Наиболее эффективным технологическим приемом, предупреждающим образование дефектов в швах, является удаление слоя цинка с участков металла под сварку механическим (щетками, абразивным кругом) или термическим (газовой горелкой) способами. Возможно удаление слоя цинка и химическим способом — за счет обработки металла кислотой с последующей ее нейтрализацией щелочью, промывкой водой и сушкой. В ряде случаев при сварке изделий из оцинкованной стали удаление цинка не представляется возможным и приходится применять технологические приемы, обеспечивающие получение качественных швов. При ручной дуговой сварке оцинкованной стали важное значение имеет правильный выбор электрода. Для сварки низкоуглеродистых сталей рекомендуется использовать электроды с рутиловым покрытием (например, АНО-4, МР-3, ОЗС-4), а для сварки низколегированных сталей — электроды с покрытием основного вида (например, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ДСК-50). Чтобы предотвратить появление пор при сварке стыковых и угловых швов, необходимо увеличить ток сварки на 10—15 А и зазор между свариваемыми кромками в 1,5—2 раза, снизить скорость сварки на 10—20%. Следует отметить, что указанные мероприятия позволяют предупредить образование пор в шве при толщине слоя цинка не более 15 мкм. При толщине слоя цинка от 15 до 40 мкм следует применять специальную технику сварки, когда электродом совершают возвратно-поступательное движение, обес-

печивающее предварительное выгорание цинка. При сварке стали с толщиной слоя цинка более 40 мкм получение бездефектного шва возможно только после полного удаления цинка. Цинк не влияет на механические свойства бездефектных швов лишь при положительной температуре эксплуатации конструкции.

1.9.10. Сварка чугуна

Общие сведения. Сварка чугунных деталей трудный процесс, обусловленный химическим составом чугуна, его структурой и особыми механическими свойствами.

По химическому составу чугун — сплав железа с углеродом, содержащий некоторое количество кремния, марганца, фосфора, серы и других примесей. Обычно в чугуне содержится от 2 до 3,6% углерода.

Механические свойства чугуна во многом зависят от того, в каком виде находится углерод. Если большая часть углерода содержится в связанном состоянии в виде цементита (Fe_3C), то такой чугун имеет более светлый цвет, очень тверд, хрупок и не поддается механической обработке. Его часто называют белым, он почти не применяется для изготовления деталей. Наиболее широкое применение получил серый чугун. В нем большая часть углерода находится в структурно-свободном состоянии, в виде пластинчатых включений графита. Серый чугун, достаточно мягок, легко поддается обработке.

При быстром охлаждении серого чугуна, расплавленного или нагретого до температуры выше 750 °С, графит легко переходит в цементит (т. е. чугун отбеливается) и, кроме того, образуется закаленная структура в виде мартенсита и троостита. Относительное удлинение чугуна на разрыв практически равно нулю, поэтому при неравномерном нагреве или остывании почти всегда возникают большие внутренние напряжения и трещины.

В расплавленном состоянии чугун жидкотекуч и мгновенно переходит из жидкого состояния в твердое, минуя пластическое. Все эти свойства чугуна в большой степени затрудняют его сварку. Хуже всего поддается сварке чугун с крупными включениями графита и лучше сваривается чугун перлитного типа с мелким пластинчатым или сфероидальным графитом.

Трудность работы с чугуном вызвала появление различных способов его сварки. Твердо рекомендовать какой-либо из них для сварки определенных деталей весьма затруднительно, так как чугун одной и той же марки может иметь различную структуру. Более того, даже у одной корпусной детали со стенками различной толщины может быть различная структура чугуна. Способы сварки чугунных деталей можно разделить на два вида: горячую и холодную сварку.

Горячая сварка чугуна заключается в том, что деталь предварительно подогревают, а после сварки медленно охлаждают. Температура подогрева зависит от массы и формы детали, но не должна превышать 650 °С. Более высокий нагрев вызовет рост графитовых зерен, а при нагреве свыше 750 °С происходят уже химические и структурные изменения. Скорость охлаждения от начала затвердевания наплавленного металла до 600 °С должна быть не более 4 °С в секунду. При большей скорости охлаждения ухудшается процесс графитизации и происходит отбеливание чугуна. Мелкие детали подогревают до температуры 150—200 °С. Для подогрева деталей используют горн, электрические печи или индукционные аппараты (нагрев током промышленной частоты).

Холодная сварка чугуна находит все большее применение. Она выполняется различными способами и с использованием специальных электродов.

Сварка чугуна стальными электродами. Сварка чугуна электродами для сталей — наиболее доступный способ сварки. Однако в большинстве случаев он дает очень низкое качество сварного соединения и, как правило, сиюминутную выгоду.

Наплавленная сталь плохо сцепляется с чугуном из-за разной усадки. В зоне плавления она обогащается углеродом, становится хрупкой, податливой закалке и дает при остывании трещины.

При сварке стальными электродами вследствие проплавления чугуна содержание углерода в металле шва очень велико (1,1—1,8%). Металл валика, наплавленного на чугун, представляет собой закаленную высокоуглеродистую сталь со значительным содержанием кремния, марганца, а иногда фосфора, серы и других загрязнений, перешедших из чугуна. Это способствует образованию в шве трещин. Быстрое охлаждения, имеющее место при холодной сварке, приводит к значительному повышению твердости наплавленного металла и металла зоны термического влияния, где чугун приобретает структуру белого чугуна, характеризующуюся твердостью и хрупкостью. Между наплавленным валиком и основным металлом образуется полоса отбеленного чугуна шириной около 1 мм и затем более широкая полоса закаленного чугуна. Место сварки, выполненное стальными электродами, не поддается обработке режущим инструментом. В металле шва зачастую появляются поры из-за повышенного содержания газов в чугуне. Образование трещин и пор значительно снижает прочность и плотность сварного соединения. Многослойная наплавка в значительной степени устраняет эти недостатки.

Уже третий наплавленный слой становится исходным материалом электрода. Преимущества многослойной наплавки чугуна стальными электродами были использованы при разработке способа холодной сварки чугуна отжигающими валиками.

Вдоль трещины чугунной детали разделывают кромки, получая V-образный профиль трещины, и по обе стороны снимают литейную корку на расстоянии, примерно равном ширине разделки. На первый сварочный валик длиной 40—50 мм сразу же накладывают второй, отжигающий валик. При наложении второго валика первый больше прогревается и затем остывает с меньшей скоростью. Значительная часть цементита распадается, выделяется графит, а закаленная часть шва частично отпускается и нормализуется. Верхний (отжигающий) валик уже меньше подвержен закалке, в результате чего резко снижается твердость всего шва и частично снимаются остаточные напряжения, возникающие при сварке.

Для улучшения качества сварного соединения применяют электроды малого диаметра и пониженную силу тока, чтобы уменьшить тепловое воздействие дуги на чугун. Сварку ведут короткими участками, вразброс, стараясь как можно меньше проплавлять чугун. С целью усиления связи наплавленного металла с чугуном при сварке сильно нагруженных деталей (корпуса коробок передач, корпуса трансмиссий тракторов и т. п.) на разделанных кромках трещины часто ставят в шахматном порядке на резьбе упрочняющие стальные шпильки (рис. 1.41). Диаметр и число шпилек устанавливаются в зависимости от толщины стенок детали и длины трещины. Рекомендуется принимать диаметр шпилек $d = (0{,}15—0{,}2)S$, где S — толщина стенки, но не менее диаметра электрода. Расстояние между шпильками берут равным $(4—6)d$, глубина посадки — $2d$, расстояние от кромок — не менее $(1{,}5—2)d$. Выступающую часть шпилек обваривают по периметру, а затем наплавляют весь шов.

Процесс сварки начинается с обварки шпилек кольцевыми швами. Обварка должна вестись вразброс с целью избежания сильного местного перегрева детали. После обварки всех шпилек накладывают кольцевые швы, пока вся поверхность

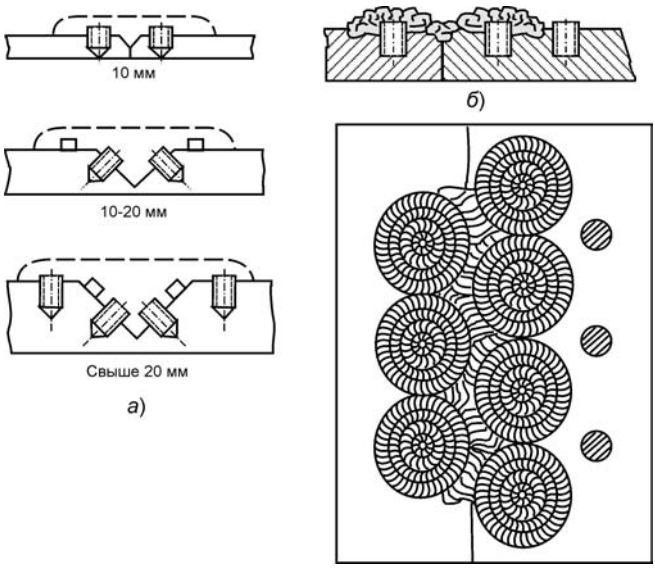


Рис. 1.41. Сварка чугуна с применением упрочняющих шпилек:
а — установка шпилек; *б* — обварка шпилек

завариваемого участка не будет покрыта слоем наплавленного металла. Крайние ряды шпилек обваривают лишь после того, как весь участок будет полностью заварен. Для обварки шпилек и нанесения облицовочного слоя следует применять электроды малого диаметра (3,0—3,5 мм), для окончательной заварки трещины можно использовать электроды диаметром от 4 до 6 мм.

В связи с тем, что прочность металла, наплавленного стальными электродами, примерно в два раза выше прочности чугуна, толщина наплавленного металла должна составлять примерно 50% от толщины стенки детали в месте сварки. Излишнее количество наплавленного металла нежелательно, так как при этом увеличиваются усадочные напряжения, и появляется опасность образования трещин.

Чрезмерный нагрев детали при сварке приводит к образованию трещин в зоне термического влияния. Поэтому при сварке не следует допускать нагрев свариваемой детали выше 40—50 °С на расстоянии 100 мм от шва.

Первые слои в разделке трещины или обварку упрочняющих шпилек выполняют электродами ЦЧ-4, а все последующие — электродами типа УОНИ-13/55 или другими электродами со стержнем из низкоуглеродистой стали. Во втористокальциевое покрытие электродов ЦЧ-4 введены элементы, активно вступающие в механическое соединение с углеродом свариваемого металла и образующие устойчивые карбиды, нерастворимые в железе. В результате этого достигается достаточно прочное соединение наплавляемого шва с чугуном.

Восстановление чугунных деталей способом отжигающих валиков в сочетании установки упрочняющих шпилек, скоб и других связей дает удовлетворительные результаты, но он трудоемок, сравнительно малопроизводителен, требует большого расхода электродного материала. Разработаны и успешно применяются для сварки чугуна железо-никелевые электроды.

Сварка чугуна электродами на основе никеля дает достаточно высокую прочность. При этой сварке отсутствуют трещины, а наплавленный металл хорошо поддается обработке. Это объясняется тем, что никель неограниченно растворяется в железе, а никелевый аустенит содержит много углерода без образования кар-

бидов. Металл наплавленный электродами ОЗЖН-1 содержит до 48% никеля. Электроды предназначены для холодной сварки серого и высокопрочного чугуна. Они рекомендуются для устранения дефектов в чугунных головках блоков, в блоках двигателей и других ответственных деталях.

В настоящее время широкое применение получают электроды с содержанием никеля более 90%, ОЗЧ-3, ОЗЧ-4. Однако такие электроды очень дороги.

Сварка электродами на основе меди применяется во всех случаях, когда не требуется высокая прочность сварного шва. Медь, как и никель, не образует соединений с углеродом, но она практически не растворяется в железе. Поэтому наплавленный шов не однороден, в медной основе расположены включения высокоуглеродистой железной фазы повышенной твердости.

Медно-железные электроды ОЗЧ-2, ОЗЧ-6 изготавливают из медного стержня с фтористо-кальциевым покрытием, в которое добавляют 50% железного порошка. Эти электроды применяют для заварки трещин в водяных рубашках блоков двигателей, головках блока и т. п. Трещину засверливают по концам и разделывают под углом 70—90° на 2/3 толщины детали. Края трещины тщательно зачищают, так как следы ржавчины, масла и прочих загрязнений вызывают пористость шва. Сварку ведут короткой дугой на постоянном токе обратной полярности с перерывами для охлаждения детали до температуры 50—60 °С. Для получения более плотного шва участки в 40—60 мм сразу после сварки проковывают. Слой наплавленный электродами ОЗЧ, представляет собой медь, насыщенную железом с вкраплением закаленной стали большой твердости. По границе шва отдельными участками располагаются зоны отбеливания. Несмотря на достаточно высокую твердость, шов можно обрабатывать твердосплавным инструментом.

Медно-никелевые электроды МНЧ-2 представляют собой стержни из монель-металла (28% меди, 2,5% железа, 1,5% марганца, остальное никель). Никель этих электродов не образует соединений с углеродом, поэтому наплавленный шов получается с малой твердостью, зона отбеленного чугуна почти отсутствует, зона закаленного чугуна имеет невысокую твердость, которая может быть легко снижена небольшим отпуском. Кроме того, в шве образуется меньше пор и трещин, его легче обрабатывать, но прочность его получается низкой. Поэтому медно-никелевые электроды часто применяют в сочетании с медно-железными электродами. Первый и последний слой наносят медно-никелевыми электродами (чтобы в первом слое обеспечить плотность, а в последнем — улучшить обработку), остальное заплавляют медно-железными электродами. Наплавку медно-никелевыми электродами ведут также, как и медно-железными электродами.

Для холодной сварки и наплавки чугуна (т. е. сварки и наплавки, выполняемых без предварительного подогрева) специальными электродами, характерно проведение процесса с минимальным тепловложением короткими валиками протяженностью 25—60 мм с охлаждением каждого наложенного валика на воздухе до температуры не более 60 °С. Иногда рекомендуется проковка каждого валика легкими ударами молотка.

Сварочные напряжения, возникающие в конструкции в результате нагрева, могут быть сняты почти полностью, если в шве и зоне термического влияния создать дополнительные пластические деформации. Этого можно достичь проковкой швов. Проковку проводят в процессе остывания металла при температурах 450 °С и выше либо от 150 °С и ниже. В интервале температур 400—200 °С в связи с пониженной пластичностью металла при его проковке возможно образование надрывов. Специальный нагрев сварного соединения для выполнения проковки, как правило, не требуется. Удары наносят вручную молотком массой 0,6—1,2 кг с закругленным бойком или пневматическим молотком с небольшим усилием до

изменения рисунка шва. При многослойной сварке проковывают каждый слой, за исключением первого, в котором от удара могут возникнуть трещины и облицовочного. Этот прием весьма эффективен для снятия напряжений при заварке трещин и замыкающих швов в жестких контурах деталей и узлов из конструкционных сталей и чугуна.

Проковка сварного соединения способствует также повышению усталостной прочности конструкции.

1.9.11. Сварка с глубоким проплавлением

Сварка с глубоким проплавлением — один из способов, повышающих производительность труда и снижающих расход электродов. Формирование и прочность сварного шва обеспечиваются за счет глубокого проплавления основного металла. Для сварки с глубоким проплавлением углеродистых и низколегированных конструкционных сталей общего назначения используют электроды типа ОЗС-3 с повышенной толщиной покрытия. После возбуждения дуги расплавление обмазки должно несколько отставать от расплавления электрода, образуя чехольчик, внутри которого горит дуга. При сварке с глубоким проплавлением электрод опирается на край этого чехольчика (рис. 1.42, *а*), благодаря чему предотвращается короткое замыкание. Сварка ведется короткой дугой. Чехольчик, образованный покрытием электрода, позволяет сконцентрировать поток дуги и повысить ее проплавляющее действие. С возрастанием тока глубина проплавления увеличивается. Электрод должен быть наклонен под углом 70—80° к линии шва (рис. 1.42, *б*). Расплавленный металл вытесняется газами в сторону противоположную направлению сварки, образуя ровный валик шва.

Этот способ находит применение при сварке каркасных и строительных конструкций, тонкостенных резервуаров и других изделий из стали толщиной 4—12 мм. Стыковые, угловые и тавровые соединения сваривают этим способом без разделки кромок. Силу тока задают равной 40—45 А на 1 мм толщины свариваемого металла.

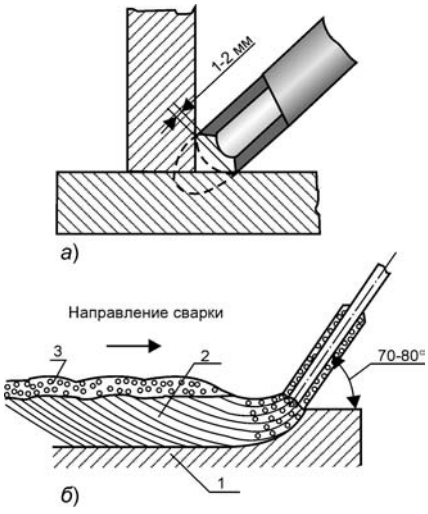


Рис. 1.42. Сварка с глубоким проплавлением: *а* — поперечный разрез; *б* — продольный разрез; 1 — изделие; 2 — металл шва; 3 — шлак

1.9.12. Ремонтная сварка при невозможности индификации стали

При ремонтной сварке корпусных деталей часто не представляется возможным определить марку свариваемого металла. В большинстве литых изделий содержание углерода от 0,1 до 0,45%.

Для решения задач ремонтной сварки в тех случаях, когда свариваемый материал идентифицирован ориентировочно и не представляется возможным осуществить предварительный подогрев или послесварочную термообработку, а равноценность металла шва основному металлу не является обязательным требованием, могут быть применены сварочные материалы с высоким содержанием легирующих элементов. Это, например, хорошо себя зарекомендовавшие на практике электроды с покрытием основного вида марки ЭА-395/9.

Сварку электродами ЭА-395/9 можно выполнять во всех пространственных положениях. Они обеспечивают получение металла шва с аустенитной структурой и с временным сопротивлением не менее 590 МПа. Такой металл отличается высокой пластичностью (относительное удлинение не менее 30%), вязкостью и высокой стойкостью против образования трещин. Металл шва не теряет этих свойств ни при низких температурах, ни при ударных нагрузках. Опыт применения электродов ЭА-395/9 при ремонте деталей, технологического оборудования и горнорудной техники из высокоуглеродистых сталей свидетельствует об успешной работе сварных соединений ответственных и тяжело нагруженных конструкций. К недостаткам электродов можно отнести лишь их высокую стоимость.

Если позволяют условия ремонта, возможно снижение потребления электродов марки ЭА-395/9 применением такого приема, как предварительная наплавка кромок (рис. 1.43). Тогда для заполнения разделки применяют менее дорогостоящие электроды с основным покрытием, например, марки УОНИ-13/55 и им подобные.

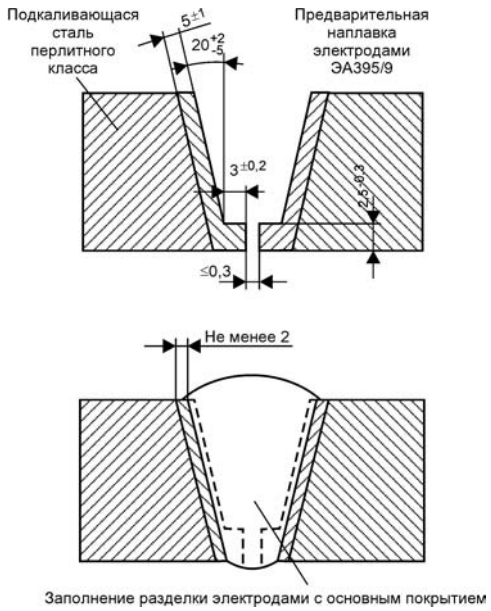


Рис. 1.43. Предварительная наплавка кромок

1.9.13. Повышение производительности ручной дуговой сварки покрытыми металлическими электродами

Для повышения производительности ручной дуговой сварки применяются электроды марок АНО-1 и АНО-18 с железным порошком в покрытии. Сварка такими электродами выполняется преимущественно в нижнем и наклонном (до 15°) положениях. Следует иметь в виду, что при увеличении толщины покрытия появляются трудности с обеспечением провара в узких разделках кромок. Такой способ целесообразен при заварке дефектов литья, заполнения разделок толстолистового металла и выполнения протяженных швов.

Повышение производительности труда достигается также при сварке пучком электродов, лежачим и наклонным электродами. При сварке пучком поочередное горение дуги между изделием и каждым из электродов позволяет применить большую плотность тока, увеличить глубину проплавления и скорость сварки. Сварка лежачим электродом целесообразна для изготовления однотипных изделий. При этом используются специальные электроды, длина которых вдвое больше стандартных. Сварка наклонным электродом позволяет одному сварщику выполнять работу одновременно на 3—4 постах.

1.9.14. Сварка алюминия и его сплавов электродами ОЗА-1 и ОЗА-2

Температура плавления алюминия 660 °С. Он легко окисляется на воздухе, и поверхность деталей из алюминия и его сплавов всегда покрыта плотной пленкой окиси алюминия Al_2O_3, температура плавления которой 2050 °С (температура кипения чистого алюминия 1800 °С). Тугоплавкая и механически прочная пленка окиси алюминия создает основные трудности при его сварке. Кроме того, при нагревании алюминий и его сплавы не изменяют цвета, а в расплавленном состоянии имеют большую жидкотекучесть, что также затрудняет сварку.

В покрытие электродов ОЗА-1 и ОЗА-2 входят хлористые и фтористые соли лития, калия, энергично растворяющие и переводящие в шлак окись алюминия. Сварку ведут постоянным током обратной полярности, при которой в результате катодного распыления улучшаются условия разрушения окисной пленки. После сварки, во избежание разъедания металла, шлак со шва удаляют, промывая горячей или подкисленной водой, и тщательно протирают стальными щетками. Перед сваркой поверхность детали обезжиривают бензином или ацетоном и подвергают очистке механическим или ручным способом стальной щеткой.

Для сварки чистого алюминия используют электроды ОЗА-1 со стержнем из алюминиевой проволоки марки АД-1 и АВ-2Т. Алюминиево-кремниевые сплавы (типа силумин) сваривают электродами ОЗА-2 со стержнями из проволоки марки Св-АК3, Св-АК10.

Чтобы избежать коробления, образования трещин и улучшить качество сварки, детали из алюминия и его сплавов перед сваркой нагревают до температуры 200—350 °С (в зависимости от их размеров). Крупные детали подогревают до более высокой температуры. Температуру подогрева определяют термопарами или специальными термокарандашами. Концы трещин в деталях засверливают, а кромки разделывают под углом 60—90°. Расплавленный металл удерживают от растекания стальными или глиняными подкладками. Для получения мелкозернистой структуры металла шва деталь после сварки замедленно охлаждают, а шов слегка проковывают. Внутренние напряжения снимают нагревом до температуры 300—350 °С с последующим медленным охлаждением.

1.9.15. Сварка алюминия и его сплавов электродами УАНА

Ручную сварку покрытыми электродами применяют в основном при изготовлении и ремонте малонагруженных конструкций и деталей с толщиной элементов не менее 3 мм из технического алюминия, деформированных и литейных алюминиевых сплавов.

На протяжении многих лет в промышленных масштабах используют покрытые электроды марок ОЗА-1 и ОЗА-2 производства АО «Спецэлектрод» (Москва). Электроды ОЗА-1 со стержнем из проволоки Св-А1 предназначены для сварки технического алюминия, электроды ОЗА-2 со стержнем из сплава Св-АК5 — для сварки и наплавки, а также заварки брака литья на литых сплавах, например Ал2, Ал4. Однако из-за низкой прочности и высокой гигроскопичности покрытия, сильного разбрызгивания металла при сварке, плохой отделяемости шлаковой корки, невысокого качества швов и необходимости высокотемпературного подогрева свариваемого металла они не удовлетворяют современным требованиям.

В Институте электросварки (ИЭС) им. Е. О. Патона разработаны новые электроды серии УАНА и освоено их производство. Они предназначены для дуговой сварки и наплавки конструкций и деталей из деформируемых и литейных алюминиевых сплавов. Основные характеристики электродов серии УАНА представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Основные характеристики покрытых электродов для сварки алюминия

Марка электрода	Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	Свариваемые сплавы	Рекомендуемая температура предварительного подогрева сплавов, °С
УАНА-1	Св-А5	3,15; 4,0; 5,0; 6,3	АДОО; АДО; АД1; АД	200–350
УАНА-2	Св-АК5	3,15; 4,0; 5,0; 6,3	АД31, АД33, АД35, АЛ9, АЛ11, АЛ34 и др.	150–300
УАНА-3	Св-АК10	3,15; 4,0; 5,0; 6,3	АЛ-2, АЛ4, АЛЗО и др.	150–300
УАНА-4	Св-АМц	4,0; 5,0; 6,3	ММ, АМц, АМцС	150–300
УАНА-5	Св-АМг5	3,15; 4,0; 5,0;	АМг2, АМг3, АМг4, АМг5	100–200
УАНА-6	Св-АМг6	3,15; 4,0; 5,0;	АМг3, АМг4, АМг5, АМг6	100–200

Коэффициент наплавки 6—6,8 г/(А·ч). Расход электродов на 1 кг наплавленного металла 2,0—2,2 кг. Перед употреблением электроды необходимо прокалить при температуре 150—200 °С в течение 1—1,5 ч. Прокаленные электроды должны храниться в герметичной упаковке. Время между прокалкой и сваркой не должно превышать 24 ч.

Кромки свариваемого металла рекомендуется подогреть газовым пламенем или в печи. Температуру предварительного подогрева выбирают в зависимости от марки и толщины свариваемых деталей (табл. 1.4). Следует учитывать, что для алюминиевых сплавов режимы сварки и температура предварительного подогрева приведены ориентировочно, так как вследствие большой теплопроводности на выбор параметров сварки, кроме толщины металла и химического состава, значительно влияют конфигурация и размеры изделий. Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. В качестве источника питания следует использовать сварочный выпрямитель типа ВД-306 с круто падающей вольт-амперной характеристикой и плавной регулировкой напряжения на дуге. При двухсторонней сварке металла толщиной до 10 мм разделку свариваемых кромок обычно не производят. Наиболее приемлемым типом сварного соединения является стыковое.

Сварку внахлест и тавровых соединений обычно избегают, так как в этих случаях возможно затекание шлака в зазоры, из которых его трудно удалить при промывке после сварки. Наличие шлака в зазоре может вызвать коррозию. Шлак, как правило, удаляют при помощи щеток и горячей воды.

Таблица 1.4. Режимы сварки электродами серии УАНА

Параметр	Диаметр электрода, мм			
	3,15	4,0	5,0	6,3
Рекомендуемые значения тока, А, при положении шва:				
нижнем	80–110	100–130	130–160	160–180
вертикальном	80–110	90–130	120–150	150–170
Толщина свариваемого металла, мм	3–5	4–10	8–14	12–16
Рекомендуемая температура предварительного подогрева металла, °С	100–200	150–250	200–350	200–350

Примечание. *Рекомендуемые значения даны для сварки стыковых соединений листовых конструкций.*

Электроды УАНА обеспечивают высокую стабильность горения дуги, хорошее формирование шва, в том числе и в вертикальном положении, легкую отделяемость шлаковой корки и высокие механические свойства металла шва.

1.9.16. Сварка стали переменным током электродами постоянного тока

Сварку на переменном токе металлоконструкций из низколегированной стали электродами предназначенными для сварки на постоянном токе (например, УОНИ-13/35) можно осуществлять установив на трансформатор автономный стабилизатор дуги СД-3 (изготовитель: опытный завод «Монтажавтоматика», Ростов-на-Дону), или блок стабилизации горения дуги УСГД (изготовитель: ПП «Плазма», Ростов-на-Дону). Блок стабилизации УСГД можно приобрести в ГВП «Экотехнология».

1.9.17. Наплавка резцов и фрез

Для наплавки режущего инструмента безвольфрамовой быстрорежущей сталью типа 100Х4М6Ф2Т предназначены электроды КПИ РИ-1.

Материалом для заготовок металлорежущего инструмента может служить углеродистая конструкционная сталь марок 40 или 50, для многолезвийных инструментов — сталь 40Х. Наплавку резцов, фрез и другого режущего инструмента производят «ванным способом» в специальных медных формах, которые обеспечивают получение требуемого профиля и размера в режущей части. Сущность способа заключается в том, что весь объем наплавляемого металла поддерживается в жидком состоянии до окончательного заполнения медной формы. Перед наплавкой электроды должны быть прокалены при температуре 350—380 °С в течение 1 ч.

Наплавку электродом диаметром 4 мм осуществляют на постоянном токе обратной полярности 140—180 А. После завершения наплавки заготовку помещают в горячий песок (примерно 150 °С) для замедления остывания. Быстрое охлаждение недопустимо из-за возможности возникновения напряжений и трещин.

Твердость наплавленного металла в исходном состоянии равна 58—62 HRCЭ, после смягчающего отжига для облегчения механической обработки — 30 HRCЭ, после восстановительной закалки с отпуском 62—65 HRCЭ.

Режим отжига:
- загрузка в печь, прогретую до 400—450 °С;
- нагрев до 880—900 °С со скоростью 100 °С/ч, выдержка 4 ч;
- охлаждение с печью до 550 °С со скоростью 30 °С/ч, далее — до комнатной температуры.

Режим термической обработки:
- нагрев до 1270—1290 °С в соляной ванне с выдержкой из расчета 10—12 с/мм наплавленного слоя;
- охлаждение в масляной ванне до температуры 150—200 °С;
- отпуск при температуре 550—560 °С в течение 3 ч.

Стойкость инструмента, наплавленного электродами КПИ РИ-1, примерно в 2—4 раза превышает стойкость инструмента из стали Р6М5 и находится на уровне стойкости стали Р18.

1.10. Сварка угольным электродом

Угольные электроды изготавливают из аморфного электротехнического угля в виде стержней круглого сечения диаметром от 6 до 18 мм, длиной 250—700 мм с гладкой черной поверхностью. Для сварки пригодны только сплошные электроды, т. е. без канала внутри. Конец электрода затачивают под углом 60—70°, а для сварки цветных металлов — 20—40°.

Процессу сварки угольными электродами присущи такие особенности:
- температуры плавления и кипения угольных электродов весьма высоки и настолько близки ($T_{пл} = 3800$ °С, $T_{кип} = 4200$ °С), что практически процесс плавления не удается наблюдать, видно лишь медленное испарение, чистый углерод имеет $T_{пл} \approx 3500$ °С, $T_{кип} = 3467$ °С, поэтому он не плавится, а возгоняется;
- сварку угольными электродами можно вести только на прямой полярности (минус на электроде). При обратной полярности наблюдается недостаточно устойчивое горение дуги, неудовлетворительное формирование шва, происходит науглероживание наплавленного металла, электрод сильно разогревается на большой длине, что приводит к увеличению его испарения;
- коэффициент полезного действия дуги при сварке угольным электродом значительно ниже, чем при сварке металлическим плавящимся электродом;
- дуга в процессе сварки чувствительна к различным внешним воздействиям, потокам газов, ветру и т. п., а также сильно поддается магнитному дутью.

Вместе с тем угольные электроды успешно применяют для сварки тонколистового металла, заварки дефектов литья, сварки цветных металлов и наплавки твердых сплавов.

В настоящее время используют следующие способы сварки угольным электродом тонколистового металла:
- без присадочного материала;
- с подачей присадочного материала в дугу;
- с предварительной укладкой присадочного материала.

Сварка без присадочного материала — это наиболее простой способ, который получил наибольшее распространение. Он заключается в оплавлении дугой кромок свариваемых деталей. Этим способом сваривают листы при бортовых, угловых и нахлесточных соединениях. Причем производительность сварки при толщине листов 1—3 мм может быть значительно выше производительности ручной сварки покрытыми металлическими электродами. Без присадочного материала

успешно сваривают уголки, швеллеры и другие профили, в которых шов образуется за счет расплавленного металла кромок или полок. Сварка стыковых соединений этим способом дает ослабленный шов, и поэтому его можно применять только лишь в тех случаях, когда шов не будет подвергаться значительным усилиям.

Характерные типы сварных соединений, которые можно выполнять этим способом, показаны на рис. 1.44.

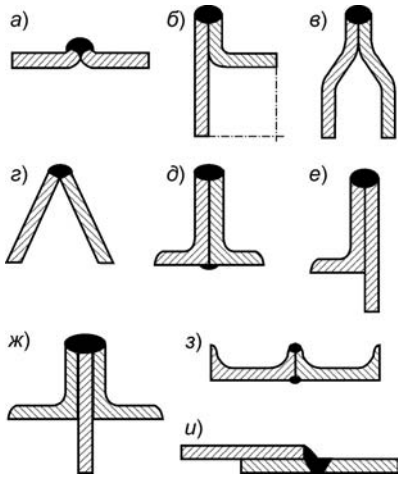


Рис. 1.44. Характерные типы сварных соединений без присадочного материала: *а* — стыковое соединение листов толщиной 1—2 мм с отбортовкой кромок; *б* — присоединение штампованного днища к обечайке; *в* — соединение кожухов, емкостей и т. п.; *г* — угловое соединение; *д*, *е*, *ж*, *з*, *и* — различные виды соединений из уголков, швеллеров и листов, соединение внахлест

Сварка тонких листов с подачей присадочного материала в дугу ведется по схеме, приведенной на рис. 1.45. Сварщик в левой руке держит присадочный пруток, а в правой — держатель с угольным электродом. Факел дуги направляют на конец присадочного материала, и этим предупреждают прожоги при сварке тонких листов. Такой способ рекомендуется для сварки стальных листов толщиной 0,3—1,0 мм.

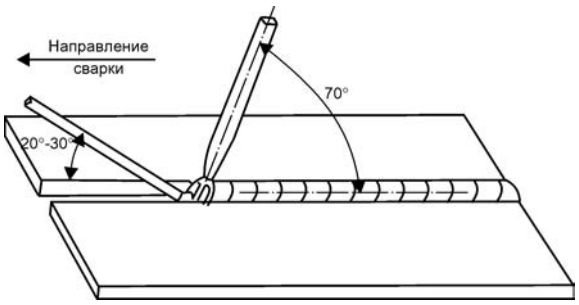


Рис. 1.45. Сварка тонких листов с подачей присадочного металла в дугу

Он дает также хорошие результаты при заварке дефектов литья и при сварке цветных металлов.

Сварку с подачей присадочного материала в дугу можно выполнять «левым» и «правым» способом. При «левом» способе (рис. 1.46, *а*) присадочный пруток раз-

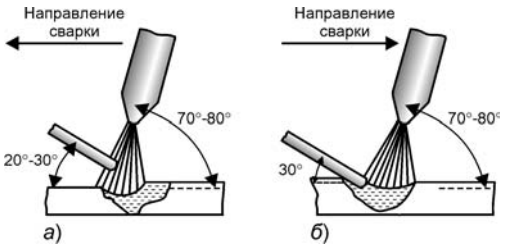


Рис. 1.46. Сварка с подачей присадочного материала в дугу:
а — левый способ; *б* — правый способ

мещают между электродом и основным металлом, пламя дуги направлено на основной металл. При «правом» способе (рис. 1.46, *б*) присадочный пруток размещают между наплавленным валиком и угольным электродом, пламя дуги направлено на расплавленный металл.

При «правом» способе нагрев более концентрированный, чем при «левом», что позволяет производить сварку на больших скоростях. Однако при «правом» способе велика вероятность прожогов.

На практике чаще применяют «левый» способ, а «правый», как правило, используют при сварке металла больших толщин.

Сварку с предварительной укладкой прутков или полосок применяют при выполнении стыковых и угловых швов из листов большой толщины (рис. 1.47). При этом получается усиленный шов за счет сплавления кромок свариваемых листов и присадочного прутка.

Сварочный ток подбирают в зависимости от толщины металла и вида сварного соединения; диаметр электрода — в зависимости от толщины свариваемых листов с таким расчетом, чтобы электрод не разогревался по всей длине до светло-красного каления, которое вызывает его быстрое испарение, растекание и расход.

Примерные режимы сварки соединений низкоуглеродистой стали угольными электродами приведены в табл. 1.5.

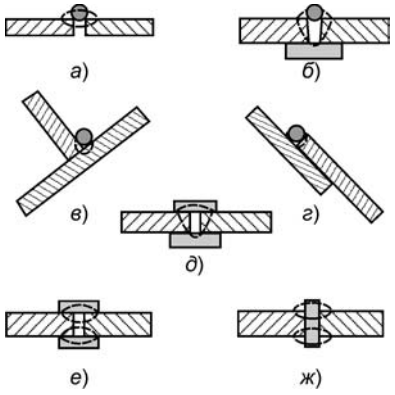


Рис. 1.47. Сварка с предварительной укладкой прутков или полосок: *а* — односторонний стыковой шов с укладкой прутка; *б* — односторонний стыковой шов с укладкой прутка и подкладкой под шов полоски; *в*, *г* — односторонний угловой шов с укладкой прутка; *д* — односторонний стыковой шов с укладкой полоски и подкладкой под шов полоски; *е* — двухсторонний стыковой шов с укладкой с обеих сторон полоски; *ж* — двухсторонний стыковой шов с укладкой полоски в зазор между свариваемыми листами

Таблица 1.5. Режимы сварки соединений из низкоуглеродистой стали угольными электродами

Вид соединения	Толщина металла, мм	Сила тока, А	Диаметр электрода, мм	Скорость сварки, м/ч
Односторонний стыковой шов	2	200	10	20
	3	300	12	20
Односторонний угловой шов	2	150	10	20
	3	250	10	15
С отбортовкой кромок	1	130	10	30
	2	200	10	40

Увеличение плотности тока можно допускать при использовании графитовых электродов. Графитовые электроды изготавливают из кристаллического углерода — графита. Цвет графитовых электродов темно-серый с металлическим блеском. Они мягкие, легко режутся, при сварке дают лучшие результаты, чем угольные. Благодаря высокой электропроводности и стойкости против окисления они медленнее испаряются и более стойки против растрескивания. При использовании графитовых электродов можно повысить силу тока в 2,5—3 раза по сравнению с угольными электродами. Это позволяет пользоваться более тонкими и удобными в работе электродами. Ориентировочные режимы сварки соединения при отбортовке кромок с использованием графитовых электродов приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6. Режимы сварки соединений при отбортовке графитовыми электродами

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Скорость сварки, м/ч
1,5	5	90–100	45
2	6	125–135	40
2,5	6–8	100–250	35
3	6–8	250–275	33

При сварке тонких листов угольным электродом наружный вид шва лучше, чем при сварке покрытым металлическим электродом. Механические свойства сварных соединений практически находятся на уровне свойств основного металла.

Сварку угольным электродом успешно можно применять и для сварки цветных металлов, и для наплавки твердых сплавов. С этой целью используют дугу косвенного действия. Дуга возбуждается между двумя угольными электродами. Сварку ведут на переменном токе на режимах, приведенных в табл. 1.7.

Таблица 1.7. Режимы сварки угольными электродами при использовании дуги косвенного действия

Вид сварки и материалы	Толщина свариваемого элемента, мм	Сила тока, А
Сварка свинца, медных листов и сплавов алюминия	0,3–0,6	15–30
Сварка нержавеющей стали, медных листов и сплавов алюминия	1–3	25–50
Нагрев металла, пайка твердыми припоями, наплавка твердых сплавов	–	60–150

1.11. Дефекты, образующиеся при сварке

Дефекты в соединениях бывают двух типов: внешние и внутренние. В сварных соединениях к внешним дефектам относят наплывы подрезы, наружные непровары и несплавления, поверхностные трещины и поры. К внутренним — скрытые трещины и поры, внутренние непровары и несплавления, шлаковые включения и др.

В начальном и конечном участках шва образуются дефекты. В начале шва — непровар кромок, в конце шва — усадочная раковина и неметаллические включения. Поэтому сварку начинают на вводной, а заканчивают на выходной планках, которые затем удаляют газовой резкой.

Подрезы, натеки, наплывы, прожоги, незаваренные кратеры, оставшиеся после сварки шлак и брызги, оплавление кромок (в угловых швах) вызываются преимущественно чрезмерной силой тока и напряжения на дуге, большим диаметром электродов, неправильными манипуляциями электродом, плохой сборкой под сварку, низкой квалификацией или небрежностью сварщика. На рис. 1.48 и 1.49 показаны дефекты образующиеся при сварке.

Непроваром называют местное отсутствие сплавления между свариваемыми элементами, между металлом шва и основным металлом или отдельными слоями шва при многослойной сварке. Непровар уменьшает сечение шва и вызывает концентрацию напря-

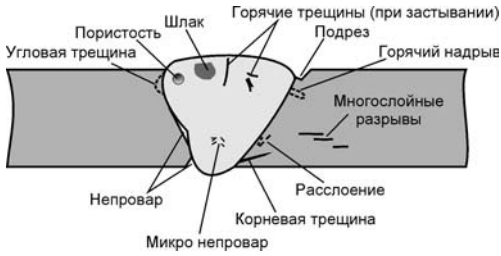


Рис. 1.48. Дефекты образующиеся при сварке

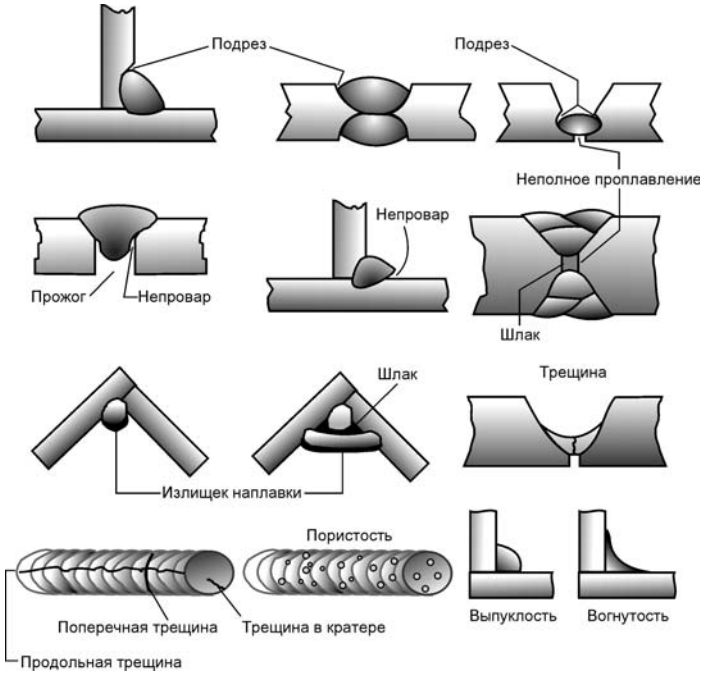


Рис. 1.49. Дефекты сварки

жений, поэтому может значительно снизить прочность конструкции. Участки шва, где выявлены непровары, величина которых превосходит допустимую, подлежат удалению и последующей заварке.

Непровар в корне шва, в основном, вызывается недостаточной силой тока или повышенной скоростью сварки; непровар кромки (несплавление кромки) — смещением электрода с оси стыка, а также блужданием дуги; непровар между слоями — плохой очисткой предыдущих слоев, большим объемом наплавляемого металла, натеканием расплавленного металла перед дугой.

Подрезом называют местное уменьшение толщины основного металла у границы шва. Подрез приводит к уменьшению сечения металла и резкой концентрации напряжений в тех случаях, когда он расположен перпендикулярно действующим рабочим напряжениям.

Наплывом называют натекание металла шва на поверхность основного металла без сплавления с ним.

Прожогом называют полость в шве, образовавшуюся в результате вытекания сварочной ванны. Прожог является недопустимым дефектом сварного соединения.

Кратером называют незаваренное углубление, образующееся после обрыва дуги в конце шва. В кратере, как правило, образуются усадочные рыхлости, часто переходящие в трещины.

Ожогами называют небольшие участки подвергшегося расплавлению металла на основном металле вне сварного шва.

1.12. Неразрушающий контроль качества сварных соединений

1.12.1. Виды контроля качества сварных соединений

Часто готовые сварные соединения имеют трещины и другие дефекты, не всегда находящиеся на поверхности шва. Для обнаружения дефектов применяются два метода контроля качества швов — разрушающие и неразрушающие.

Разрушающие методы применяются для определения физических свойств сварного соединения. В основном он применяется при оценке квалификации сварщиков. Иногда они находят применение и на производстве, когда из партии готовых изделий одно или несколько разрушаются, и по результатам их проверки делается заключение обо всей партии.

Неразрушающие методы используются для проверки качества швов без их разрушения. С их помощью можно узнать местоположение дефекта, его размер, характер. Этот способ удобнее всего применять, когда сваркой изготавливают ответственные изделия. Группа неразрушающих методов контроля качества включает в себя:

- визуальный метод;
- магнитнопорошковый метод;
- капиллярный метод;
- акустический метод;
- метод ионизированного излучения;
- вихретоковый метод;
- контроль герметичности.

1.12.2. Визуальный метод

Это наиболее общий вид проверки. Он включает в себя проверку размеров, формы, местоположения шва. С его помощью обнаруживаются такие дефекты, как выходящие на поверхность трещины, неметаллические включения, подрезы, непровары. Этот метод можно применять только после полного удаления шлака с поверхности шва.

Для проверки формы шва применяются шаблоны. У качественного сварного шва усиление должно совпасть с определенным шаблоном.

Также для проверки применяются увеличительные стекла, миниатюрные телекамеры, нутромеры и линейки.

Каждый сварной шов должен быть проверен сварщиком. Хороший сварщик сразу обнаружит внешние дефекты и впоследствии устранит их.

1.12.3. Магнитнопорошковый метод

Магнитнопорошковый метод очень эффективен для обнаружения поверхностных или расположенных близко к поверхности пор и трещин. Он применяется только на материалах, способных намагничиваться. Перед проверкой требуется тщательно очистить поверхность. Используется жидкий аналог магнитного порошка или флюоресцентный магнитный порошок.

Металл подвергается воздействию сильного магнитного поля. На краях трещин и раковин поле концентрируется, что вызывает притягивание порошка. После прекращения действия магнитного поля вокруг каждой трещины или раковины наблюдается концентрация порошка. При применении флюоресцентного порошка для обнаружения концентраций место проверки следует осветить ультрафиолетовым светом.

Так как направление трещин неизвестно, проводят два тестирования. Первый раз линии магнитного поля направляются по возможности перпендикулярно шву, второй раз параллельно.

После обнаружения трещины вскрываются для исправления.

1.12.4. Капиллярный метод

Метод применяется для обнаружения поверхностных трещин. Он основан на применении цветных красок. Способ может применяться не только на металле, но и пластмассах, керамике или стекле. Метод не применяется для обнаружения дефектов, не выходящих на поверхность.

Проверка проводится в следующей последовательности:

- проверяемая поверхность очищается;
- поверхность покрывается краской, которая должна проникнуть вовнутрь трещины или раковины;
- через некоторое время краска удаляется;
- поверхность покрывается проявляющей краской. Применяется краска, контрастная по цвету первой;
- через некоторое время, если есть трещины или другие дефекты того же характера, на краске появятся пятна первой краски, которые будут показывать положение дефекта;
- после проверки краска удаляется.

В качестве проникающей краски может быть использована флюоресцентная краска. Для обнаружения ее проникновения через проявляющую краску применяется ультрафиолетовый свет.

Время выдержки проникающей краски на поверхности может варьироваться от 3 до 60 мин. При комнатной температуре краску рекомендуется держать 3—10 мин. На рис. 1.50 показана поверхность краски при наличии дефекта сварного шва.

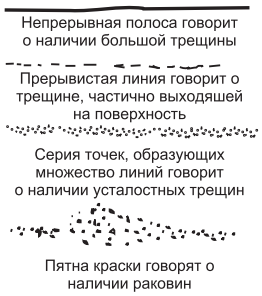


Рис. 1.50. Поверхность краски при наличии дефекта сварного шва

1.12.5. Акустический метод

В этом методе для обнаружения местоположения и размера дефектов используются звуковые волны. Он может быть применен практически для любого материала. Ультразвуковая дефектоскопия использует звук высокой частоты более одного мегагерца.

Электронное устройство, названное пьезоэлектрическим преобразователем, помещается на поверхность материала, вглубь которого преобразователь излучает ультразвуковые волны. Для лучшего проникновения волн требуется обеспечить хороший контакт между преобразователем и поверхностью материала.

Волны посылаются внутрь материала через очень малые промежутки времени. Длительность такого промежутка — от одной до трех микросекунд. Посланная волна проходит сквозь материал, отражается от границ материала и трещин, если они попадаются на пути волны. Отраженная волна возвращается обратно в преобразователь. После получения первой волны тут же посылается другая такая же. Этот процесс повторяется примерно 500 000 раз в секунду. Во время проверки преобразователь передвигается по поверхности. Каждая отраженная волна показывается на дисплее. Также на дисплее отображаются сигналы, отраженные от границ материала и от внутренних дефектов. На рис. 1.51 схематично показан процесс акустической диагностики сварного шва.

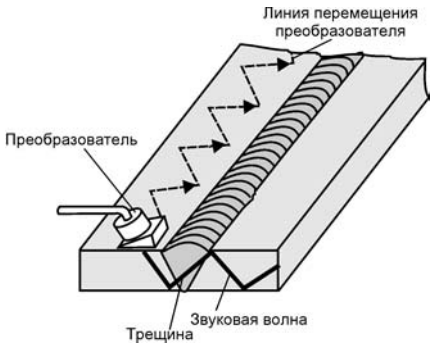


Рис. 1.51. Акустическая диагностика сварного шва

Преимущества акустической диагностики:
- быстрота, дает немедленные результаты;
- может быть использована на различных материалах;
- не требуется доступа к обоим сторонам шва.

Недостатки:
- требуется хороший контакт преобразователя с поверхностью;
- трудно увидеть дефекты, параллельные звуковому лучу;
- требуется специальный навык для правильной интерпретации данных на дисплее;
- оборудование требует регулярной настройки.

1.12.6. Вихретоковый метод

В вихретоковом методе используется катушка индуктивности, подключенная к генератору переменного тока с регулируемой частотой. Переменное магнитное поле катушки индуцирует переменные микротоки. Эти токи и являются вихревыми.

В процессе проверки катушка, настроенная на определенное значение полного сопротивления (значение полного сопротивления можно видеть на осциллоскопе) перемещается по поверхности детали. Если внутри материала детали есть дефекты, то происходит изменение вихревых токов. Это приводит к изменению полного сопротивления спирали катушки, что отображается на осцилоскопе.

Методом вихревых токов можно обнаружить дефекты, залегающие у поверхности. Глубина исследования зависит от частоты переменного тока и обычно не превышает 3 мм. Метод применяется для исследования как плоских поверхностей, так и круглых (например, труб). Кроме трещин и раковин таким способом можно обнаружить и различные вредные включения.

1.12.7. Метод ионизированного излучения

Внутренние дефекты могут быть обнаружены с помощью ионизированного излучения. Частный случай метода ионизированного излучения — контроль с помощью рентгеновского излучения. Рентгеновское излучение — это поток энергии, способный проникнуть сквозь многие материалы и воспроизвести их внутреннее состояние на фотопленке или на экране монитора.

Источником ионизированного излучения в природе являются радиоактивные изотопы. Некоторые изотопы могут использоваться в приборах для создания рентгеновских лучей, но их применение небезопасно для человека.

Рентгеновские снимки используются для исследования ответственных соединений, например на атомных электростанциях, трубопроводах, кораблях, подводных лодках, самолетах.

Данным способом можно контролировать различные материалы при их различной толщине. Чем больше толщина, тем больше энергии и времени требуется на просвечивание.

По фронтальному рентгеновскому снимку можно определить местоположение и размеры трещины, но не глубину ее залегания. При обнаружении трещины производится еще один снимок под некоторым углом, что помогает определить точное положение трещины относительно поверхности детали. На рис. 1.52 показана рентгенограмма сварного шва.

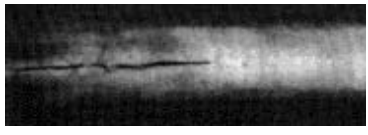


Рис. 1.52. Рентгенограмма сварного шва

1.12.8. Контроль герметичности

Герметичность любого сосуда проверяется по отсутствию утечки. Это наиболее общий метод проверки сварных швов на резервуарах и трубах, используемых для хранения неядовитых жидкостей или газов под давлением. Для этих целей наиболее подходит по свойствам диоксид углерода (углекислый газ). Он не ядовит и взрывоопасен. В проверяемом сосуде или трубе создается небольшое давление (170—690 кПа) от пневмокомпрессора, а вся поверхность шва покрывается раствором воды и мыла. Утечка обнаруживается по появлению пузырей. По завершению закачки газа записываются показания манометра, подача газа прекращается. Через сутки снова проверяют показания манометра. Падение давления будет сигнализировать об утечке. Это довольно простой способ проверки.

При другом способе контроля герметичности сварных швов поверхность сосуда покрывается известью. После того как известь высохнет, в сосуде создается давление. По осыпавшейся извести можно определить места утечки. Данным способом возможно испытывать конструкции и на утечку жидкости. Тогда в сосуде создается гидростатическое давление. Наиболее часто применяется вода, тем не менее, она не просачивается через очень маленькие трещины.

Для проверки на наличие мельчайших микроскопических утечек применяется метод гелиевого течеискания. Сосуд наполняется гелием, а на исследуемую область устанавливается датчик масс-спектрометра. Этот прибор способен обнаружить одну частицу применяемого для обследования газа в миллионе частиц воздуха.

1.13. Напряжения и деформации при сварке и меры борьбы с ними

1.13.1. Причины возникновения сварочных напряжений и деформаций

Сварка, как и другие процессы обработки металлов (литье, термообработка, штамповка и др.), вызывает возникновение в деталях собственных (внутренних) напряжений. Во многих случаях собственные напряжения бывают настолько высокими, что вызывают значительные деформации детали и снижение ее работоспособности.

Основные причины возникновения напряжений и деформаций следующие:

- **неравномерный нагрев металла.** Местный нагрев металла в зоне сварки от температуры окружающей среды до температуры плавления и затем быстрое охлаждение приводят к образованию тепловых напряжений;
- **линейная усадка наплавленного металла.** Затвердевший металл уменьшается в объеме, а так как он жестко связан с основным металлом детали, то в переходной зоне возникают внутренние напряжения растяжения;
- **структурные изменения** возникают в металлах при быстром охлаждении, когда перлитно-ферритная или аустенитная структура околошовной зоны переходит в мартенситную, объем которой больше объема исходной структуры.

Широкий диапазон изменения температуры в месте сварки приводит к изменению физических и механических характеристик металла в околошовной зоне. Из графика (рис. 1.53) видно, что относительное удлинение $\delta_т$ в интервале температур от 100 до 350 °С снижается, а предел прочности стали $\sigma_в$ повышается. Максимальное возрастание прочности в интервале 200—350 °С при понижении пластичности часто бывает причиной образования в металле трещин. Коэффициент

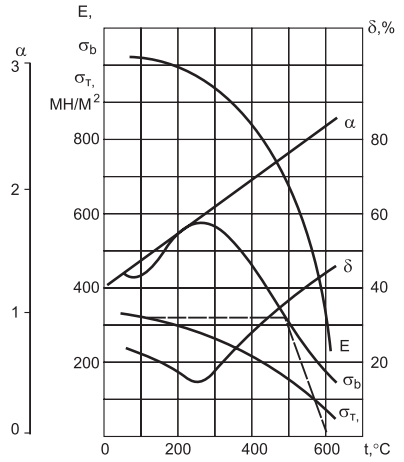


Рис. 1.53. Изменение свойств низкоуглеродистой стали в зависимости от температуры.

линейного расширения α с повышением температуры возрастает, а модуль упругости E резко падает и при температуре около 650 °С практически равен нулю, т. е. сталь утрачивает свои упругие свойства. Предел текучести σ, с повышением температуры снижается. Изменение предела текучести в зависимости от температуры аппроксимируют ломаной прямой линией и принимают таким, как показано на графике штриховой линией.

Структурные изменения, происходящие в металле при нагреве и охлаждении, сопровождаются объемными изменениями, которые и становятся причиной возникновения структурных напряжений. На рис. 1.54 показана зависимость объемных изменений в стали при нагреве и охлаждении.

Границы нагрева AC_1 и AC_3 показывают начало и конец образования аустенита, а кривая *1* — изменение объема сталей всех марок при нагреве. В интервале температур AC_1 — AC_3 α-железо переходит в γ-железо, плотность которого выше, т. е. наблюдается уменьшение объема при нагревании. При охлаждении изменение объема идет по кривой *2*. В низкоуглеродистых сталях распад аустенита происходит в интервале температур 900—700 °С, когда сталь пластична, поэтому объемные изменения не вызывают заметного образования структурных напряжений. У закаливающихся и особенно у легированных сталей из-за податливости к переохлаждению распад аустенита происходит при более низких температурах. Так, при полной закалке аустенит переохлаждается до температуры 200—350 °С и затем сразу переходит в мартенсит с резким увеличением объема (кривая *3* на рис. 1.54). В интервале температур 200—350 °С сталь имеет высокую прочность и упругость, поэтому объемные изменения сопровождаются образованием структурных напряжений. В объемах с мартенситной структурой возникают остаточные напряжения сжатия, а по границам — продольные напряжения растяжения. В более пластичных сталях растягивающие напряжения вызывают пластические деформации, а в более хрупких — трещины и даже отколы.

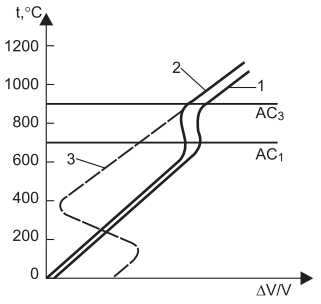


Рис. 1.54. Объемные изменения в стали при нагреве и охлаждении

1.13.2. Влияние пористости швов на характеристики сварных соединений

Поры в сварном шве влияют на плотность и механические характеристики сварного соединения. Присутствие пор в шве приводит к уменьшению фактического поперечного сечения шва и, как следствие, к ухудшению механических характеристик сварного соединения в целом. При уменьшении сечения шва до 5% предел текучести, относительное удлинение и угол загиба существенно не изменяются. Более высокая пористость приводит к резкому снижению упомянутых характеристик. Механические свойства сварных соединений высокопрочной стали более подвержены влиянию пористости, чем низкоуглеродистой. Пористость больше сказывается на свойствах угловых швов и меньше — стыковых. При испытании на статический изгиб даже мелкие поры вызывают надрывы, если они расположены близко к поверхности шва. Влияние пор на сопротивление усталости сварных соединений при переменных нагрузках значительнее, чем при статических испытаниях. Установлено, если поры уменьшают площадь поперечного сечения шва всего на 0,8%, то сопротивление усталости сварного соединения снижается на 20%. При более значительном уменьшении сечения сопротивление усталости сварного соединения снижается почти в три раза. Наличие пор в продольных швах менее опасно, чем в поперечных, особенно при низких рабочих напряжениях. Поры, выходящие на поверхность шва (свищи), уменьшают коррозионную стойкость сварного соединения. Требования к качеству сварных швов устанавливаются стандартами, техническими условиями и правилами по контролю и приемке сварных соединений. Допустимость по количеству, размерам и распределению пор решается в зависимости от условий эксплуатации сварных конструкций. Пористость швов не допускается в сварных сосудах, работающих под давлением или вакуумом, а также предназначенных для хранения и перевозки жидких и газообразных продуктов.

Если количество, размер и распределение пор в швах не превышают требований допустимых норм, это не приводит к потере несущей способности сварной конструкции. Для обнаружения пор в швах применяются следующие методы:

- внешний осмотр;
- осмотр изломов швов, полученных при сварке технологических проб;
- осмотр микрошлифов;
- ультразвуковой контроль;
- радиографический контроль.

1.13.3. Меры борьбы со сварочными напряжениями и деформациями

Наиболее эффективное средство снижения собственных напряжений — подогрев детали перед сваркой и медленное охлаждение после нее. Предварительный подогрев в значительной степени снижает тепловые и усадочные напряжения, а медленное охлаждение предотвращает структурные превращения, особенно в околошовной зоне.

Стали, податливые закалке, с содержанием углерода 0,35% и более подогревают до температуры 150—280 °С. Для получения наплавленного слоя высокого качества высокоуглеродистые (более 0,35% углерода) и легированные стали после сварки или наплавки подвергают термической обработке, которая не только улучшает качество шва, но и снимает собственные напряжения. В некоторых случаях применяют высокотемпературный отпуск стали после наплавки, т. е. нагрев до температуры 600—650 °С, выдержка при этой температуре из расчета 2—3 мин на 1 мм толщины металла и медленное охлаждение вместе с печью.

Для подогрева деталей используют индукторы, многопламенные и однопламенные газовые горелки, специальные печи и т. п. Применение предварительного нагрева, отпуска и термообработки всегда связано со значительным усложнением процесса и снижением производительности. Поэтому для уменьшения собственных напряжений и деформаций разработаны и успешно применяются менее трудоемкие способы.

При сварке и наплавке симметричных деталей сварочные швы накладывают в определенной последовательности, вызывающей уравновешивающие деформации (рис. 1.55). Иногда при подготовке деталей к сварке создают деформации, обратные деформациям, ожидаемым после сварки (рис. 1.56). При многослойной наплавке деталей рекомендуется послойная проковка швов пневматическим зубилом с закругленным лезвием. Чтобы не вызвать трещин и надрывов, первый и последний швы не проковывают. Не рекомендуется проковывать хрупкие и закаленные швы.

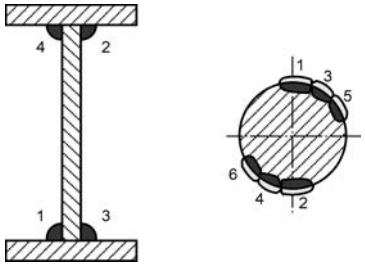


Рис. 1.55. Последовательность наложения швов на симметричные детали

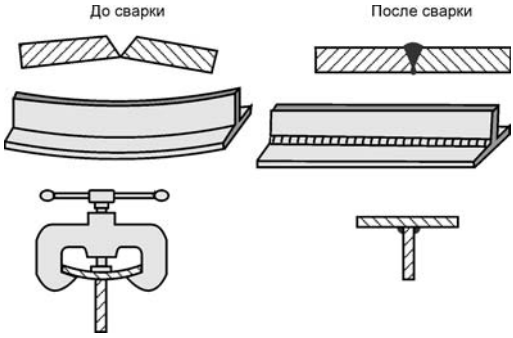


Рис. 1.56. Создание обратных деформаций при сварке

Деформации, возникающие в деталях после наплавки, устраняются механической или термической правкой.

Для механической правки применяют молоты, различные правильные (рихтующие) вальцы и прессы.

При термической правке выпуклую сторону деформированной детали быстро нагревают до температуры 700—800 °С и свободно охлаждают. Уравновешивающие деформации, возникающие при этом, выравнивают деталь.

Часто для термической правки в качестве источника тепла используют газовые горелки.

При сварке двутавровых балок для предотвращения грибовидности поясов целесообразно применять предварительный обратный изгиб заготовок поясов. Величину изгиба определяют опытным путем. Устранение образовавшейся грибовидности поясов обеспечивается при местном концентрированном нагреве деформированного участка газовым пламенем и быстром его охлаждении. В результате в исправляемом элементе конструкции возникают усилия, достаточные для уменьшения или исправления местного дефекта. Для устранения значительных деформаций одновременно с нагревом применяют механизированные средства — струбцины, домкраты, тиски и т. п. Нагрев ведут, как правило, со стороны выпуклой части деформированной поверхности (рис. 1.57). Детали охлаждают естественным путем на воздухе, но возможно водяное охлаждение для сталей, не склонных к закалке. Нагрев производят универсальными горелками типа ГЗ-3, работающими на ацетилене или газозаменителях.

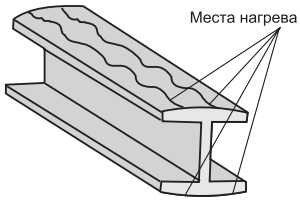


Рис. 1.57. Места нагрева деформированного участка

Техника правки состоит в следующем. Сначала выбирают участок нагрева и определяют ширину зоны нагрева. Эта зона должна составлять 0,5—2 толщины листа. Нагревают выбранную зону пламенем горелки до температуры 250—650 °С в зависимости от величины прогиба. Следует учитывать, что температура нагрева не должна превышать температуру начала структурных превращений исправляемого металла.

1.14. Расчет необходимого количества электродов для ручной сварки

Расчет необходимого количества электродов для проведения ручной сварки выполняется по весу наплавленного металла в сварной шов. В свою очередь вес наплавленного металла зависит от толщины основного (свариваемого) металла, от зазора между свариваемыми торцами, от положения свариваемых деталей (положения сварного шва), а также от протяженности шва и мастерства сварщика. Если мастерство сварщика соответствует требуемой для данного вида работ квалификации, то расчет веса $P_{нм}$ наплавленного металла нормализуется по указанным параметрам и приводится к одному погонному метру длины сварного шва. Параметр $P_{нм}$ является табличным. Например (см. 4-ю строку в табл. 1.6), при односторонней сварке двух листов металла толщиной в 3 мм, при зазоре между листами в 1,5 мм и при нижнем положении сварного шва, на один погонный метр сварки потребуется 50 г наплавленного в шов металла. Ясно, что вес наплавленного металла — это, главным образом, вес металла полезно израсходованных электродов, который при покрытых электродах равен их весу, за вычетом веса огарков и веса неметаллических составляющих покрытия. Коэффициент $\eta = 0{,}1 \div 0{,}3$, учитывающий недоиспользование общего веса, обычно указывается на их заводской установке или в сопровождающей документации.

Таким образом, по приведенному весу $P_{нм}$ наплавленного металла и длине L сварного шва и с учетом коэффициента η можно определить количество электродов, необходимое для данного вида сварки:

$$P_э = (1 \div \eta) \cdot P_{нм} \cdot L;$$

$$N_э = P_э / P_о,$$

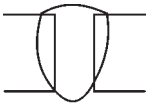
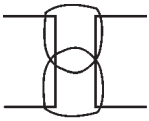
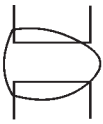
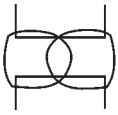
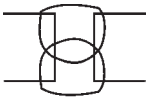
где $P_э$ — общее весовое количество (общая масса) электродов; $P_о$ — вес одного электрода.

Так, для сварки по параметрам строки 4 (табл. 1.6) на сто погонных метров сварного шва ($L = 100$ м) потребуется наплавить в шов 5 кг металла и израсходовать 6,5 кг массы $P_э$ покрытых электродов. При весе одного электрода $P_о = 85$ г будет израсходовано 77 электродов.

Аналогичным образом рассчитывается необходимое количество электродов и для других видов сварочных работ (см. табл. 1.6—1.10).

1.14.1. Сварные соединения без скоса кромок

Табл. 1.6. Расчет необходимого количества электродов для ручной сварки конструкций

Положение сварного шва	Толщина основного металла, мм	Зазор, мм	Вес $P_{нм}$ наплавленного металла, кг/1 м длины шва
 Нижнее	1,0	0,0	0,02
	1,5	0,5	0,02
	2,0	1,0	0,03
	3,0	1,5	0,05
 Нижнее	4	2,0	0,13
	5	2,0	0,16
	6	2,5	0,21
	7	3,0	0,28
 Горизонтальное	1,0	0,0	0,02
	1,5	0,5	0,03
	2,0	1,0	0,04
	3,0	1,5	0,07
 Горизонтальное	4	2,0	0,17
	5	2,5	0,20
	6	3,0	0,25
	7	3,0	0,33
 Потолочное	4	2,0	0,07
	5	2,0	0,08
	6	2,5	0,10
	7	3,0	0,13
	4	2,0	0,08
	5	2,0	0,13
	6	2,5	0,14
	7	3,0	0,16

1.14.2. Первый и подварочный проход при сварке V-образным соединением

Таблица 1.7. Расчет необходимого количества электродов для сварки конструкции при V-образном соединении

Положение сварного шва	Толщина основного металла, мм	Вес наплавленного металла, кг/1 м	Диаметр электрода, мм
Нижнее	6–12	0,10	3,0
Нижнее	>12	0,15	4,0
Вертикальное	>8	0,15	3,0
Горизонтальное	>8	0,15	3,0
Потолочное	>10	0,10	3,0

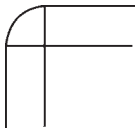
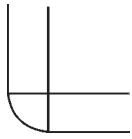
1.14.3. V-образные односторонние сварные соединения

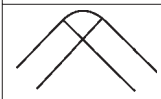
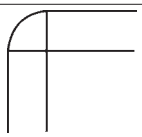
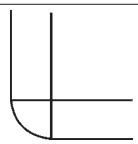
Таблица 1.8. Расчет необходимого количества электродов для сварки V-образных односторонних сварных соединений

Толщина основного металла, мм	Зазор, мм	Вес наплавленного металла, кг/1 м сварного шва при различных углах α скоса				
		α = 50° Нижнее	α = 60° Нижнее	α = 70° Вертикальное	α = 80° Потолочное	α = 60° Горизонтальное
4	1	0,09	1,10	0,132	0,14	0,11
5	1	0,13	0,15	0,19	0,22	0,16
6	1	0,17	0,20	0,29	0,30	0,24
7	1,5	0,26	0,30	0,38	0,44	0,33
8	1,5	0,31	0,37	0,47	0,55	0,44
9	1,5	0,38	0,44	0,59	0,69	0,51
10	2	0,49	0,57	0,76	0,86	0,64
11	2	0,56	0,66	0,89	1,02	0,76
12	2	0,65	0,77	1,05	1,23	0,89
14	2	0,86	1,02	1,34	1,60	1,17
15	2	0,97	1,15	1,55	1,81	1,34
16	2	1,04	1,23	1,75	2,02	1,46
18	2	1,33	1,60	2,17	2,51	1,83
20	2	1,63	1,94	2,62	3,11	2,21
25	2	2,46	2,94	4,00	4,76	3,34

1.14.4. Угловые соединения

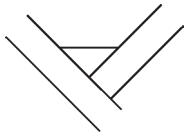
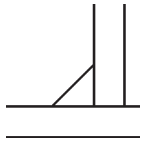
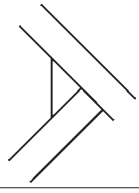
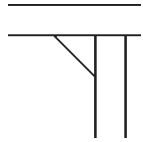
Таблица 1.9. Расчет необходимого количества электродов для сварки угловых соединений

Толщина металла, мм	Площадь сечения шва, мм^2	Вес наплавленного металла, кг/1 м сварного шва			
					
2	2	0,03	0,02	0,03	0,03
3	4,5	0,05	0,05	0,05	0,06
4	8	0,07	0,07	0,07	0,08
5	12,5	0,10	0,11	0,11	0,13
6	18	0,15	0,15	0,16	0,17
7	24,5	0,20	0,21	0,22	0,25
8	32	0,26	0,27	0,28	0,32
9	40,5	0,33	0,34	0,36	0,40
10	50	0,40	0,42	0,44	0,50
11	60,5	0,49	0,53	0,57	0,62

Толщина металла, мм	Площадь сечения шва, мм^2	Вес наплавленного металла, кг/1 м сварного шва			
					
12	72	0,58	0,62	0,66	0,73
15	113	0,91	0,97	1,04	1,11
18	162	0,31	1,37	1,49	1,60
20	200	1,62	1,62	1,78	1,98
22	242	1,95	2,00	2,16	2,39
25	323	2,58	2,60	2,90	3,18

1.14.5. Тавровые соединения

Таблица 1.10. Расчет необходимого количества электродов для сварки тавровых соединений

Толщина металла, мм	Площадь сечения шва, мм^2	Вес наплавленного металла, кг/1 м сварного шва			
					
2	4	0,04	0,05	0,04	0,04
2,5	6,5	0,06	0,07	0,06	0,07
3	9	0,08	0,10	0,09	0,09
3,5	12,5	0,11	0,13	0,12	0,13
4	16	0,14	0,16	0,15	0,17
4,5	20,5	0,18	0,20	0,19	0,21
5	25	0,22	0,25	0,24	0,26
5,5	30,5	0,26	0,29	0,28	0,32
6	36	0,31	0,33	0,34	0,37
6,5	42,5	0,37	0,39	0,40	0,44
7	49	0,43	0,45	0,44	0,51
7,5	56,5	0,47	0,51	0,50	0,58
8	64	0,55	0,58	0,60	0,65
9	81	0,69	0,74	0,75	0,86
10	100	0,85	0,89	0,91	1,02
11	121	1,03	1,08	1,12	1,23
12	144	1,22	1,27	1,33	1,48
13	169	1,41	1,49	1,53	1,73
14	196	1,62	1,76	1,78	2,02
15	225	1,86	1,95	2,07	2,31

1.15. Расчет температуры предварительного подогрева

Когда это требуется по технологии, температуру предварительного подогрева свариваемой стали можно рассчитать по следующей формуле:

$$T(^\circ\mathrm{C}) = 350\sqrt{[C_{eq}] - 0{,}25},$$

где

$$[C_{eq}] = [C_c] \cdot (1 + 0{,}005 \cdot e);$$

$$[C_c] = C + \frac{\mathrm{Mn}}{6} + \frac{\mathrm{Cr} + \mathrm{Mo} + \mathrm{V}}{5} + \frac{\mathrm{Ni} + \mathrm{Cu}}{15},$$

где e — толщина свариваемого металла, мм; C — содержание углерода в стали, %; Mn — содержание марганца в стали, %; Cr — содержание хрома в стали, %; Mo — содержание молибдена в стали, %; V — содержание ванадия в стали, %; Ni — содержание никеля в стали, %; Cu — содержание меди в стали, %.

1.16. Маркировка сталей

1.16.1. Общая классификация

Сталь — это сплав железа с углеродом (до 2% углерода). По химическому составу сталь разделяют на:

- углеродистую;
- легированную;

По качеству сталь разделяют на:

- сталь обыкновенного качества;
- качественную;
- повышенного качества;
- высококачественную.

Сталь углеродистую обыкновенного качества подразделяют на три группы:

- А — поставляемую по механическим свойствам и применяемую в основном тогда, когда изделия из нее подвергают горячей обработке (сварка, ковка и др.), которая может изменить регламентируемые механические свойства (Ст0, Ст1 и др.);
- Б — поставляемую по химическому составу и применяемую для деталей, подвергаемых такой обработке, при которой механические свойства меняются, а уровень их, кроме условий обработки, определяется химическим составом (БСт0, БСт1 и др.);
- В — поставляемую по механическим свойствам и химическому составу для деталей, подвергаемых сварке (ВСт1, ВСт2 и др.).

Сталь углеродистую обыкновенного качества изготовляют следующих марок: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Стбпс, Стбсп.

Буквы Ст обозначают «Сталь», цифры — условный номер марки в зависимости от химического состава, буквы «кп», «пс», «сп» — степень раскисления «кп» — кипящая, «пс» — полуспокойная, «сп» — спокойная).

Сталь углеродистая качественная конструкционная по видам обработки при поставке делится на:

- горячекатаную и кованую;
- калиброванную;
- круглую со специальной отделкой поверхности, серебрянку.

Легированную сталь по степени легирования разделяют:

- низколегированная (легирующих элементов до 2,5%);
- среднелегированная (от 2,5 до 10%);
- высоколегированная (от 10 до 50%).

В зависимости от основных легирующих элементов различают сталь 14 групп. К высоколегированным относят:

- коррозионностойкие (нержавеющие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии; межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др.;
- жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения в газовых средах при температуре выше 50 °С, работающие в ненагруженном и слабонагруженном состоянии;
- жаропрочные стали и сплавы, работающие в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

Сталь легированную конструкционную в зависимости от химического состава и свойств делят:

- качественная;
- высококачественная А;
- особо высококачественную Ш (электрошлакового переплава).

По видам обработки при поставке различают сталь:

- горячекатаная;
- кованая;
- калиброванная;
- серебрянка.

По назначению изготовляют прокат:

- для горячей обработки давлением и холодного волочения (подкат);
- для холодной механической обработки.

1.16.2. Классификация углеродистых сталей

Стали подразделяются на углеродистые и легированные. По назначению различают стали конструкционные с содержанием углерода в сотых долях процента и инструментальные с содержанием углерода в десятых долях процента. Наибольший объем сварочных работ связан с использованием низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей.

Основным элементом в углеродистых конструкционных сталях является углерод, который определяет механические свойства сталей этой группы. Углеродистые стали выплавляют обыкновенного качества и качественные. Стали углеродистые обыкновенного качества подразделяются на три группы:

- группа А — по механическим свойствам;
- группа Б — по химическому составу;
- группа В — по механическим свойствам и химическому составу.

Изготавливают стали следующих марок:

- группа А — Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6;
- группа Б — БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6;
- группа В — ВСт0, ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.

По степени раскисления сталь обыкновенного качества имеет следующее обозначение: кп — кипящая, пс — полуспокойная, сп — спокойная. Кипящая сталь, содержащая кремния (Si) не более 0,07%, получается при неполном раскислении металла марганцем. Сталь характеризуется резко выраженной неравномерностью распределения вредных примесей (серы и фосфора) по толщине проката. Местная повышенная концентрация серы может привести к образованию кристаллизационных трещин в шве и околошовной зоне. Кипящая сталь склонна к старению в околошовной зоне и переходу в хрупкое состояние при отрицательных температурах.

Спокойная сталь получается при раскислении марганцем, алюминием и кремнием, и содержит кремния (Si) не менее 0,12%; сера и фосфор распределены в ней более равномерно, чем в кипящей стали. Эта сталь менее склонна к старению и отличается меньшей реакцией на сварочный нагрев.

Полуспокойная сталь по склонности к старению занимает промежуточное место между кипящей и спокойной сталью. Полуспокойные стали с номерами марок 1—5 выплавляют с нормальным и с повышенным содержанием марганца, примерно до 1%. В последнем случае после номера марки ставят букву Г (например, БСт3Гпс).

Стали группы А не применяются для изготовления сварных конструкций. Стали группы Б делятся на две категории. Для сталей первой категории регламентировано содержание углерода, кремния марганца и ограничено максимальное содержание серы, фосфора, азота и мышьяка; для сталей второй категории ограничено также максимальное содержание хрома, никеля и меди.

Стали группы В делятся на шесть категорий. Полное обозначение стали включает марку, степень раскисления и номер категории. Например, ВСт3Гпс5 обозначает следующее: сталь группы В, марка Ст3Г, полуспокойная, 5-й категории. Состав сталей группы В такой же, как сталей соответствующих марок группы Б, 2-й категории. Стали ВСт1, ВСт2, ВСт3 всех категорий и степеней раскисления выпускаются с гарантированной свариваемостью. Стали БСт1, БСт2, БСт3 поставляют с гарантией свариваемости по требованию заказчика.

Углеродистую качественную сталь выпускают в соответствии с ГОСТ 1060—74. Сталь имеет пониженное содержание серы. Допустимое отклонение по углероду (0,03—0,04%). Стали с содержанием углерода до 0,20%, включительно, могут быть кипящими (кп), полуспокойными (пс) и спокойными (сп). Остальные стали — только спокойные. Для последующих спокойных сталей после цифр, буквы «сп» не ставят.

Углеродистые стали в соответствии с ОСТ 14-1-142—84 подразделяются на три подкласса:

- низкоуглеродистые с содержанием углерода до 0,25%;
- среднеуглеродистые с содержанием углерода (0,25—0,60%);
- высокоуглеродистые с содержанием углерода более 0,60%.

В сварных конструкциях в основном применяют низкоуглеродистые стали.

В сварочном производстве очень важным является понятие о свариваемости различных металлов.

Свариваемостью называется способность металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

По свариваемости углеродистые стали условно подразделяются на четыре группы:

- I — хорошо сваривающиеся;
- II — удовлетворительно сваривающиеся, т. е. для получения качественных сварных соединений деталей из этих сталей необходимо строгое соблюдение режимов сварки, специальные присадочные материалы, определенные температурные условия, а в некоторых случаях — подогрев, термообработка;
- III — ограниченно сваривающиеся, для получения качественных сварных соединений необходим дополнительный подогрев, предварительная или последующая термообработка;
- IV — плохо сваривающиеся, т. е. сварные швы склонны к образованию трещин, свойства сварных соединений пониженные, стали этой группы обычно не применяют для изготовления сварных конструкций.

Все низкоуглеродистые стали хорошо свариваются существующими способами сварки плавлением. Обеспечение равнопрочности сварного соединения не вызывает затруднений. Швы имеют удовлетворительную стойкость против образования кристаллизационных трещин. Это обусловлено низким содержанием углерода. Однако в сталях, содержащих углерод по верхнему пределу, вероятность возникновения холодных трещин повышается, особенно с ростом скорости охлаждения (повышение толщины металла, сварка при отрицательных температурах, сварка швами малого сечения и др.). В этих условиях, для предупреждения появления трещин, применяют предварительный подогрев до 120—200 °С.

В табл. 1.11. приведено обозначение химических элементов в марке легированной стали, а в табл 1.12 — состав некоторых марок сталей. В табл. 1.13 приведено примерное назначение различных марок сталей.

Таблица 1.11. Обозначение химических элементов в марке легированной стали

Элемент	Условное обозначение	
	в таблице Менделеева	в марке стали
Марганец	Mn	Г
Кремний	Si	С
Хром	Cr	Х
Никель	Ni	Н
Молибден	Mo	М
Вольфрам	W	В
Селен	Se	Е
Алюминий	Al	Ю
Титан	Ti	Т
Ниобий	Mb	Б
Ванадий	V	Ф
Кобальт	Co	К
Медь	Cu	А
Бор	B	р
Цирконий	Zr	Ц

Таблица 1.12. Массовая доля химических элементов в различных марках стали в %

Марка	C	Mn	Si, не более	Ni	Cu	Cr	Ti	Al	Mo	S	P
Ст1кп, пс	0,06–0,12	0,25–0,5	0,05	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст2кп, пс	0,09–0,15	0,25–0,5	0,05	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст2сп	0,09–0,15	0,25–0,5	0,15–0,3	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст3кп, пс	0,14–0,22	0,3–0,6	0,05	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст3сп	0,14–0,22	0,4–0,65	0,15–0,3	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст4пс	0,18–0,27	0,4–0,7	0,05	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст4сп	0,18–0,27	0,4–0,7	0,15–0,3	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст5пс	0,28–0,37	0,5–0,8	0,05	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст5сп	0,28–0,37	0,5–0,8	0,15–0,3	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст3Гпс	0,14–0,22	0,8–1,1	0,05	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст5Гпс	0,22–0,3	0,8–1,2	0,05	<0,3	<0,3	<0,3	–	–	–	<0,05	<0,04
Ст08кп, пс	0,05–0,12	0,25–0,5	0,03	<0,3	<0,3	<0,1	–	–	–	<0,04	<0,035
Ст08Ю	до 0,07	0,2–0,35	0,01	<0,1	<0,15	<0,03	–	–	–	<0,025	<0,02
Ст10кп, пс	0,07–0,14	0,25–0,5	0,07	<0,3	<0,3	<0,15	–	–	–	<0,04	<0,035
Ст10	0,07–0,14	0,35–0,65	0,17–0,37	<0,3	<0,3	<0,15	–	–	–	<0,04	<0,035
Ст15пс	0,12–0,19	0,35–0,65	0,05	<0,3	<0,3	<0,25	–	–	–	<0,04	<0,035
Ст15	0,12–0,19	0,35–0,65	0,17–0,37	<0,3	<0,3	<0,25	–	–	–	<0,04	<0,035
Ст20пс	0,17–0,24	0,35–0,65	0,05	<0,3	<0,3	<0,25	–	–	–	<0,04	<0,035
Ст25пс	0,22–0,27	0,25–0,5	0,03	<0,25	<0,3	<0,25	–	–	–	<0,04	<0,04
Ст20	0,17–0,24	0,35–0,65	0,17–0,37	<0,3	<0,3	<0,25	–	–	–	<0,04	<0,35
Ст25	0,22–0,3	0,5–0,8	0,17–0,37	<0,3	<0,3	<0,25	–	–	–	<0,04	<0,035
Ст45	0,42–0,5	0,5–0,8	0,17–0,37	<0,3	<0,3	<0,25	–	–	–	<0,04	<0,035
Ст55	0,52–0,6	0,5–0,8	0,17–0,37	<0,3	<0,3	<0,25	–	–	–	<0,04	<0,035
08Х18Н10	до 0,08	до 2,0	до 0,8	9–11	–	17–19	–	–	–	0,02	0,035
08Х18Н10Т	до 0,08	до 2,0	до 0,8	9–11	–	17–19	0,25–0,7	–	–	0,02	0,035
08Х18Н12Т	до 0,08	до 2,0	до 0,8	11–13	–	17–19	0,25–0,6	–	–	0,02	0,035
12Х18Н10Т	до 0,12	до 2,0	до 0,8	9–11	–	17–19	0,25–0,6	–	–	0,02	0,035
12Х18Н9	до 0,12	до 2,0	до 0,8	8–10	–	17–19	–	–	–	0,02	0,035
17Х18Н9	0,13–0,21	до 2,0	до 0,8	8–10	–	17–19	–	–	–	0,02	0,035
12Х21Н5Т	0,09–0,14	до 0,8	до 0,8	4,8–5,8	–	20–22	0,25–0,5	до 0,08	–	0,025	0,035
10Х13Г18ДУ	0,08–0,12	17–18,5	до 0,7	до 2	0,3–0,6	12,5–14	–	–	–	0,03	0,045
10Х14АГ15	до 0,1	14,5–16,5	до 0,8	–	–	13–15	–	–	–	0,03	0,045
10Х17Н13М2Т	до 0,1	до 2,0	до 0,8	12–14	–	16–18	0,25–0,7	–	2–3	0,02	0,035
10Х17Н13М3Т	до 0,1	до 2,0	до 0,8	12–14	–	16–18	0,25–0,7	–	3–4	0,02	0,035
20Х23Н18	до 0,2	до 2,0	до 1	17–20	–	22–25	–	–	–	0,02	0,035

Таблица 1.13. Примерное назначение стали

Марка стали	Назначение
Углеродистая качественная конструкционная сталь	
Ст08кп, Ст10	Детали, изготовляемые холодной штамповкой и холодной высадкой, трубки, прокладки, крепеж, колпачки. Цементируемые и цианируемые детали, не требующие высокой прочности сердцевины (втулки, валики, упоры, копиры, зубчатые колеса, фрикционные диски)
Ст15, Ст20	Малонагруженные детали (валики, пальцы, упоры, копиры, оси, шестерни). Тонкие детали, работающие на истирание, рычаги, крюки, траверсы, вкладыши, болты, стяжки и др.
Ст30, Ст35	Детали, испытывающие небольшие напряжения (оси, шпиндели, звездочки, тяги, траверсы, рычаги, диски, валы)
Ст40, Ст45	Детали, от которых требуется повышенная прочность (коленчатые валы, шатуны, зубчатые венцы, распределительные валы, маховики, зубчатые колеса, шпильки, храповики, плунжеры, шпиндели, фрикционные диски, оси, муфты, зубчатые рейки, прокатные валки и др.)
Ст50, Ст55	Зубчатые колеса, прокатные валки, штоки, бандажи, валы, эксцентрики, малонагруженные пружины и рессоры и др. Применяют после закалки с высоким отпуском и в нормализованном состоянии
Ст60	Детали с высокими прочностными и упругими свойствами (прокатные валки, эксцентрики, шпиндели, пружинные кольца, пружины и диски сцепления, пружины амортизаторов). Применяют после закалки или после нормализации (крупные детали)
Низколегированная тонколистовая и широкополосная универсальная сталь	
09Г2	Для деталей сварных конструкций, изготовляемых из листов. Обрабатывается резанием удовлетворительно
09Г2С	Для паровых котлов, аппаратов и емкостей, работающих под давлением при температуре от -70 до +450 °С; для ответственных листовых сварных конструкций в химическом и нефтяном машиностроении, судостроении. Хорошо свариваются. Обрабатываются резанием удовлетворительно
10ХСНД	Для сварных конструкций химического машиностроения, фасонных профилей в судостроении, вагоностроении
15ХСНД	Для деталей вагонов, строительных свай, сложных профилей в судостроении. Обладает повышенной коррозионной стойкостью
15ГФ	Для листовых сварных конструкций в вагоностроении. Обеспечивает высокое качество сварного шва
Легированная конструкционная сталь	
15Х	Пальцы поршневые, валы распределительные, толкатели, крестовины карданов, клапаны, мелкие детали, работающие в условиях износа при трении. Хорошо цементуется
20Х	Кулачковые муфты, втулки, шпиндели, направляющие планки, плунжеры, оправки, копиры, шлицевые валики и др.
40Х	Для деталей, работающих на средних скоростях при средних давлениях (зубчатые колеса, шпиндели и валы в подшипниках качения, червячные валы)
45Х, 50Х	Для крупных деталей, работающих на средних скоростях при небольших давлениях (зубчатые колеса, шпиндели, валы в подшипниках качения, червячные и шлицевые валы). Обладают высокой прочностью и вязкостью
38ХА	Для зубчатых колес, работающих на средних скоростях при средних давлениях
45Г2, 50Г2	Для крупных малонагруженных деталей (шпиндели, валы, зубчатые колеса тяжелых станков)
18ХГТ	Для деталей, работающих на больших скоростях при высоких давлениях и ударных нагрузках (зубчатые колеса, шпиндели, кулачковые муфты, втулки и др.)

Марка стали	Назначение
20ХГР	Для тяжело нагруженных деталей, работающих при больших скоростях и ударных нагрузках
15ХФ	Для некрупных деталей, подвергаемых цементации и закалке с низким отпуском (зубчатые колеса, поршневые пальцы и др.)
40ХС	Для мелких деталей высокой прочности
40ХФА	Для ответственных высокопрочных деталей, подвергаемых закалке и высокому отпуску; для средних и мелких деталей сложной конфигурации, работающих в условиях износа (рычаги, толкатели); для ответственных сварных конструкций, работающих при знакопеременных нагрузках
35ХМ	Для валов, деталей турбин и крепежа, работающих при повышенной температуре
45ХН, 50ХН	Аналогично применению стали 40Х, но для деталей больших размеров
Коррозионностойкая сталь	
20Х13, 08Х13, 12Х13, 25Х13Н2	Для деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам; деталей, работающих в слабоагрессивных средах
30Х13, 40Х13, 08Х18Т1	Для деталей с повышенной твердостью; режущий, измерительный, хирургический инструмент, клапанные пластины компрессоров и др. (у стали 08Х18Т1 лучше штампуемость)
06ХН28МТ	Для сварных конструкций, работающих в агрессивных средах (горячая фосфорная кислота, серная кислота до 10% и др.)
14Х17Н2	Для различных деталей химической и авиационной промышленности. Обладает высокими технологическими свойствами
95Х18	Для деталей высокой твердости, работающих в условиях износа
08Х17Т	Рекомендуется в качестве заменителя стали 12Х18Н10Т для конструкций, не подвергающихся ударным воздействиям при температуре эксплуатации не ниже -20 °С
15Х25Т, 15Х28	Аналогично стали 08Х17Т, но для деталей, работающих в более агрессивных средах при температурах от -20 до 400 °С (15Х28 – для спаев со стеклом)
20Х13Н4Г9, 10Х14АГ15, 10Х14Г14Н3	Заменитель сталей 12Х18Н9, 17Х18Н9 для сварных конструкций
09Х15Н8Ю, 07Х16Н6	Для высокопрочных изделий, упругих элементов; сталь 09Х15Н8Ю – для уксуснокислых и солевых сред
08Х17Н5М3	Для деталей, работающих в сернокислых средах
20Х17Н2	Для высокопрочных тяжело нагруженных деталей, работающих на истирание и удар в слабоагрессивных средах
10Х14Г14Н4Т	Заменитель стали 12Х18Н10Т для деталей, работающих в слабоагрессивных средах, а также при температурах до 196 °С
12Х17Г9АН4, 15Х17АГ14, 03Х16Н15М3Б, 03Х16Н15М3	Для деталей, работающих в атмосферных условиях (заменитель сталей 12Х18Н9, 12Х18Н10Т). Для сварных конструкций, работающих в кипящей фосфорной, серной, 10%-ной уксусной кислоте
15Х18Н12С4ТЮ	Для сварных изделий, работающих в воздушной и агрессивной средах, в концентрированной азотной кислоте
08Х10Н20Т2	Немагнитная сталь для деталей, работающих в морской воде

Марка стали	Назначение
04Х18Н10, 03Х18Н11, 03Х18Н12, 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н12Т, 08Х18Н12Т, 06Х18Н11	Для деталей, работающих в азотной кислоте при повышенных температурах
12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ	Для сварных конструкций в разных отраслях промышленности. Для сварных конструкций, работающих при температуре до 80 °С в серной кислоте различных концентраций (не рекомендуются 55%-я уксусная и фосфорная кислоты)
09Х16Н4Б	Для высокопрочных штампосварных конструкций и деталей, работающих в контакте с агрессивными средами
07Х21Г7АН5	Для сварных конструкций, работающих при температурах до –253 °С и в средах средней агрессивности
03Х21Н21М4ГБ	Для сварных конструкций, работающих в горячей фосфорной кислоте, серной кислоте низких концентраций при температуре не выше 80 °С, азотной кислоте при температуре до 95 °С
ХН65МВ	Для сварных конструкций, работающих при высоких температурах в серно- и солянокислых растворах, в уксусной кислоте
Н70МФ	Для сварных конструкций, работающих при высоких температурах в соляной, серной, фосфорной кислотах и других средах восстановительного характера

1.16.3. Маркировка сталей по назначению

Таблица 1.14. Стали конструкционные легированные

Страны СНГ	Зарубежные аналоги		
	Германия (DIN)		США (AISI / ASTM)
12ХН3А	1.5732	14NiCr10	655M13
12Х2Н4А	–	–	E3310
15ХМ	1.7337	16CrMo44	–
17Г1С	1.0570	St52-3N	–
18ХГ	1.7131	16MnCr5	5120
27ХГР	1.5526	30MnB4	–
30ХМ	1.7218	25CrMo4	4130
30Х3МФ	1.8519	31CrMoV9V	–
30Х2Н2М	1.6580	30CrNiMo8V	–
38Х2МЮА	1.8509	41CrAlMo7	A290C1M
40ХН2МА	1.6565	40CrNiMo6	4340
40Х	1.7045	42Cr4	5140
40ХН	1.5711	40NiCr6	3140
40ХГМ	1.7255	42CrMo4	4140
40ХГНМ	1.6546	40NiCrMo22	8640
45Г	1.0503	C45	1045

Таблица 1.15. Нержавеющие стали

Страны СНГ	Зарубежные аналоги		
	Германия (DIN)		США (AISI / ASTM)
03Х18Н11	1.4306	X2 CrNi 19-11	304L
03Х17Н13М2	1.4435	X2 CrNiMo 18-14-3	316L
08Х17Н13М2	1.4436	X5 CrNiMo 17-13-3	316
08Х17Н13М2Т	1.4571	X6 CrNiMoTi 17-12-2	316Ti
08Х18Н10	1.4301	X5 CrNi 18-10	304
08Х18Н10Т	1.4541	X6 CrNiTi 18-10	321
06Х18Н11	1.4303	X4 CrNi 18-11	305
10Х23Н18	1.4845	X8 CrNi 25-21	310S
20Х23Н13	1.4833	X12 CrNi 32-13	309
20Х25Н20С2	1.4841	X15 CrNiSi 25-20	314
08313	1.4000	X6 Cr 13	410S
08Х17Т	1.4510	X6 CrTi 17	430Ti
12Х17	1.4016	X6 Cr 17	430
12Х13	1.4006	X10 Cr 13	410
20Х13	1.4021	X20 Cr 13	420
20Х17Н2	1.4057	X20 CrNi 17-2	431

Таблица 1.16. Стали быстрорежущие

Страны СНГ (ГОСТ 19265–73, ГОСТ 28393–89)	Зарубежные аналоги		
	Германия (DIN 17350)	Bohler	США (AISI / ASTM)
Р18	1.3355	S 200	T 1
Р6М5	1.3343	S 600	M 2
Р6М5К5-МП	1.3243	S 705 PM	–
Р6М5Ф3-МП	1.3344	S 790 PM	M 3
Р6М5Ф4-МП	–	S 690 PM	M 4
Р6М5Ф3К8-МП	–	S 590 PM	M 36
Р10М5Ф5К8-МП	S 390 PM	–	–
Р12Ф3	1.3318	–	–
Р12Ф4-МП	1.3302	S 207 PM	–
Р12Ф4К5-МП	1.3202	S 308 PM	–
Р12Ф5К5-МП	–	–	T 15
Р12М6Ф5-МП	–	–	M 61
Р2М10К8Ф-МП	1.3247	S 500 PM	M 42
Р0М2СФ10-МП	–	–	A 11

Таблица 1.17. Жаропрочные стали и сплавы по ГОСТ

Сталь	Химический состав														
	C	S	P	Pb	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	Nb	Mo	W	Co	Fe
ЭИ698ЭД ХН73МБТЮ	0,03– 0,07	<0,07	<0,015	0,01	<0,5	0,4	13,00– 16,00	Основа	2,35– 2,75	1,45– 1,80	1,90– 2,20	2,80– 3,20	–	–	<2,00
ЭП202ВД ХН67ВТЮ	<0,08	<0,010	<0,015	–	<0,60	<0,50	17,00– 20,00	Основа	2,20– 2,80	1,00– 1,50	–	4,00– 5,00	4,00– 5,00	–	<4,00
ЭП693ВД ХН68ВМТЮК	0,10– 0,04	<0,015	<0,015	–	<0,50	<0,040	17,00– 20,00	Основа	1,10– 1,60	1,60– 2,30	–	3,00– 5,00	5,00– 7,00	5,00– 8,00	<5,00
ЭИ437А ХН77ТЮ	0,06	<0,007	<0,015	<0,001	<0,60	<0,40	19,00– 22,00	Основа	2,30– 2,70	0,55– 0,95	–	–	–	–	<1,00
ЭИ437Б ХН77ТЮР	0,07	<0,007	<0,015	<0,001	<,60	<0,40	19,00– 22,00	Основа	2,40– 2,80	0,60– 1,00	–	–	–	–	<1,00
ЭИ703 ХН38ВТ	0,06– 0,12	<0,020	<0,030	–	<0,88	<0,70	20,0– 23,0	35,0– 39,0	0,70– 1,20	0,50	–	–	2,8– 3,5	–	Основа
ЭИ415 20Х3МФВ	0,15– 0,20	<0,025	<0,030	–	0,17– 0,37	0,25– 0,50	2,8– 3,3	0,5	–	–	–	0,35– 0,55	0,30– 0,50	0,60– 0,85	Основа
ЭП199ВД ХН56ВМТЮ	0,10	<0,010	<0,012	–	<0,55	<0,50	19,00– 21,00	Основа	1,10– 1,60	2,10– 2,60	–	4,00– 6,00	9,00– 11,00	–	4,00
ЭП666ВД ХН55МБЮ	0,60	<0,015	<0,015	–	<0,50	<0,80	16,50– 18,50	Основа	–	1,20– 1,80	1,50– 2,50	8,50– 10,00	–	0,03	10,50– 15,00
ЭИ435 ХН78Т	0,12	<0,012	<0,015	–	<0,80	<0,70	19,00– 22,00	Основа	0,15– 0,35	0,15	–	–	–	–	1,50– 6,00
ЭИ696(А) 10Х11Н20Т2Р	0,10	<0,020	<0,020	–	<1,00	<1,00	10,00– 12,50	18,00– 21,00	2,30– 2,80	0,40	–	–	–	–	Основа
ЭИ787ВД ХН35ВТЮ	0,08	<0,010	<0,020	–	<0,60	<0,60	14,00– 16,00	33,00– 37,00	2,60– 3,20	0,80	–	–	2,80– 3,50	–	Основа
ЭП33 10Х11Н23Т3МР	0,10	<0,010	<0,020	–	<0,60	<0,60	10,00– 12,50	21,00– 25,00	2,60– 3,20	0,80	–	1,00– 1,60	–	–	Основа
ЭП718ВД ХН45МВТЮБРВД	0,10	<0,010	<0,012	–	<0,30	<0,60	14,00– 16,00	43,00– 47,00	1,90– 2,40	0,90– 1,40	0,80– 1,50	4,0– 5,2	2,5– 3,5	–	Основа
ЭП648ВД ХН50ВТМЮБВД	0,10	<0,010	<0,012	–	<0,40	<0,50	32,0– 35,0	Основа	0,50– 1,20	0,50– 1,10	0,50– 1,10	2,3– 3,3	4,3– 5,3	–	<4,0

Таблица 1.18. Стали инструментальные легированные

Страны СНГ (ГОСТ 5950–73)	Зарубежные аналоги		
	Германия (DIN 17350)		США (AISI / ASTM)
Х	1.2067	100Cr 6	–
Х1Ф	1.2210	115CrV 3	L3
Х12	1.2080	X210Cr 12	D3
Х12В	1.2436	X210CrW 12	–
Х12МФ	1.2379	X155CrVMo12-1	D2
Х12МФ4-МП	1.2380	X220CrVMo 13-4	D7
9ХФ	1.2235	80CrV 2	L2
9Г2Ф	1.2842	90MnCrV 8	O2
95ХГВФ	1.2510	100MnCrW 4	O1
3Х2В8Ф	1.2581	X30WCrV 9-3	H21
95Х5ГМФ	1.2363	X100CrMoV 5-1	A2
95Х1М	1.2303	100CrMo 5	L7
5ХНМ	1.2713	55NiCrMoV 6	L6

Страны СНГ (ГОСТ 5950–73)	Зарубежные аналоги		
	Германия (DIN 17350)		США (AISI / ASTM)
5ХВ2СФ	1.2542	45WCrV 7	S1
5Х3М2Ф	–	–	S7
3Х3М3Ф	1.2365	X32CrMoV 33	H10
4Х5МФС	1.2343	X38CrMoV 5-1	H11
4Х5МФ1С	1.2344	X40CrMoV 5-1	H13

Таблица 1.19. Стали инструментальные углеродистые

Страны СНГ (ГОСТ 1435–90)	Зарубежные аналоги		
	Германия (DIN)		США (AISI / ASTM)
У 7	1.1620	C 70W2	–
У 7А	1.1520	C 70W1	–
У 8	1.1625	C 80W2	–
У 8А	1.1525	C 80W1	W 108
У 10	1.1645	C 105W2	–
У 10А	1.1545	C 105W1	W 110
У 11	1.1654	C 110W	–
У 13	1.1663	C 125W	W 112

Таблица 1.20. Стали подшипниковые

Страны СНГ (ГОСТ 801–78)	Зарубежные аналоги		
	Германия (DIN 17230)		США (AISI / ASTM)
ШХ 4	1.3501	100 Cr 2	50100
ШХ 15	1.3505	100 Cr 6	52100
ШХ 15СГ	1.3520	100 CrMn 6	–
ШХ20СГ	–	–	–

Таблица 1.21. Стали рессорно-пружинные

Страны СНГ (ГОСТ 14959–79)	Зарубежные аналоги		
	Германия (DIN 17221, DIN 17222)		США (AISI / ASTM)
70	1.1234	Ck 68	1070
75	1.1248	Ck 75	1075
85	1.1269	Ck 85	1085
50ХФА	1.8159	50CrV4	6150
55С2	1.5026	55Si7	9255
60Г	1.0601	C 60	1060
60С2	1.5027	60Si7	9260H
60С2ХА	1.7108	60SiCr7	9262
60С2ГХ	1.5092	60SiCr7	9261

2. Классификация электродов

2.1. Классификация электродов по ГОСТ

Условные обозначения, указанные после маркировки отечественных электродов, приведенные в справочнике, составлены в соответствии с требованиями следующих стандартов на электроды:

- ГОСТ 9466—75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация, размеры и общие технические требования»;
- ГОСТ 9467—75 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы»;
- ГОСТ 10051—75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. Типы»;
- ГОСТ 10052—75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Типы».

Электроды, кроме классификации по типу (Э38, Э42, Э46 и т. п.), марке (УОНИ-13/45, ОЗС-18, НИАТ-5, и т. п.) имеют еще и условное обозначение, представленное в виде дроби. Условное обозначение любого типа отечественных электродов дает полные сведения об их основных характеристиках. Структура условного обозначения электродов для ручной дуговой сварки, в соответствии с которой составлены табл. 2.1—2.23, приводимые в справочнике, показана на схеме (рис. 2.1).

В качестве примера рассмотрим электрод ОЗС-29 имеющий следующее обо-

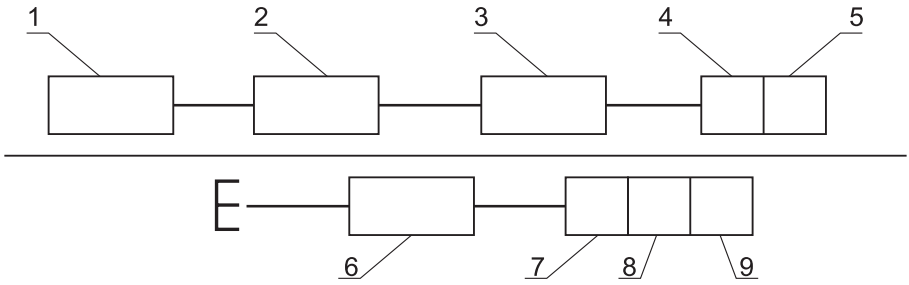


Рис. 2.1. Схема структуры условного обозначения электродов: 1 — тип; 2 — марка; 3 — диаметр, мм; 4 — назначение; 5 — толщина покрытия; 6 — группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва по ГОСТ 9467—75, ГОСТ 10051—75 или ГОСТ 10052—75; 7 — вид покрытия; 8 — обозначение допустимых пространственных положений сварки или наплавки; 9 — обозначение рода тока, полярности, номинального напряжения холостого хода источника переменного тока

значение:

$$\frac{\text{Э50А} - \text{мЗС} - 29 - 4 - \text{УД}}{\text{Е517} - \text{з20}},$$

где:

- Э50А — тип электрода;
- ОЗС-29 — марка электрода;
- 4 — диаметр электрода;
- У — предназначен для сварки углеродистых и низкоуглеродистых конструкционных сталей (кроме этого применяются следующие обозначения: Л — для сварки легированных конструкционных сталей; В — высоколегированных сталей с особыми свойствами; Т — легированных теплоустойчивых сталей; Н — для наплавки на поверхность металла);
- Д — с толстым покрытием (кроме этого: с тонким покрытием — М, со средним — С, с особо толстым — Г);
- Е — ручная дуговая сварка (электроды для других видов сварки имеют обозначение: G — газовая сварка, MF — сварка порошковой проволокой; TIG — сварка неплавящимся электродом в инертном газе; MIG — сварка плавящимся электродом в защитном газе; UP — сварка под флюсом);
- 517 — группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва;
- Б — вид покрытия (обмазки);
- 2 — обозначение допустимых пространственных положений сварки или наплавки;
- 0 — обозначение рода тока, полярности, номинального напряжения холостого хода источника переменного тока.

Элементы, в обозначении, отделяются друг от друга тире или интералом.

2.2. Классификация покрытых электродов с для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей по ГОСТ 9466—75 и ГОСТ 9467—75

Таблица 2.1. Структура обозначения

Е	517	Б	2	0	Электрод: $\frac{\text{Э50А} - \text{мЗС} - 29 - 4 - \text{УД}}{\text{Е } 517 - з20}$
	Код прочностных и пластических свойств наплавленного металла				
		Обозначение вида покрытия			
			Положение швов при сварке		
				Полярность, напряжение холостого хода трансформатора	

Таблица 2.2. Прочностные и пластические свойства наплавленного металла

Индекс	Минимальные механические свойства наплавленного металла		Минимальная температура, °С, при средней энергии разрыва (KCV) > 34 Дж/см^2	
	Временное сопротивление разрыву , МПа	Относительное удлинение, %	Индекс	°С
410	410	20	0	–
411	410	20	1	+20
412	410	22	2	0
413	410	24	3	–20
414	410	24	4	–30

Индекс	Минимальные механические свойства наплавленного металла		Минимальная температура, °С, при средней энергии разрыва (KCV) > 34 Дж/см^2	
	Временное сопротивление разрыву , МПа	Относительное удлинение, %	Индекс	°С
415	410	24	5	–40
416	410	24	6	–50
417	410	24	7	–60
430	430	20	0	–
431	430	20	1	+20
432	430	22	2	0
433	430	24	3	–20
434	430	24	4	–30
435	430	24	5	–40
436	430	24	6	–50
437	430	24	7	–60
510	510	18	0	–
511	510	18	1	+20
512	510	18	2	0
513	510	20	3	–20
514	510	20	4	–30
515	510	20	5	–40
516	510	20	6	–50
517	510	20	7	–60

Таблица 2.3. Обозначение вида покрытия

Индекс	Вид покрытия
А	Кислый
Б	Основной
Ц	Целлюлозный
Р	Рутиловый
АЦ, РБ и др.	Смешанный
П	Прочие

Таблица 2.4. Положение швов при сварке

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное на вертикальной плоскости
4	Нижнее и нижнее в лодочку

Таблица 2.5. Полярность тока, напряжение холостого хода трансформатора

Индекс	Полярность постоянного тока	U_{XX} трансформатора, В
0	Обратная (+)	–
1	Любая (+/–)	50
2	Прямая (–)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/–)	70
5	Прямая (–)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/–)	90
8	Прямая (–)	90
9	Обратная (+)	90

2.3. Классификация электродов для сварки легированных теплоустойчивых сталей по ГОСТ 9466—75 и ГОСТ 9467—75

Таблица 2.6. Структура обозначения

Е	00	Б	2	0	Электрод: $\frac{\text{Э} - 10\text{Х}5\text{МФ} - \text{Цо} - 17 - 3\text{ТД}}{\text{Е } 00 - \text{з}20}$
	Обозначение для ударной вязкости наплавленного металла				
		Вид покрытия			
			Положение швов при сварке		
				Полярность, напряжение холостого хода трансформатора	

Таблица 2.7. Обозначение для ударной вязкости наплавленного металла

Минимальная температура, °С, при средней энергии разрыва (KCV) >34 Дж/см^2		Максимальная рабочая температура, при которой регламентируются пластические свойства наплавленного металла	
Индекс	°С	Индекс	°С
0	–	0	< 450
1	+20	1	450–465
2	0	2	470–485
3	–20	3	490–505
4	–30	4	510–525
5	–40	5	530–545
6	–50	6	550–565
7	–60	7	570–585
–	–	8	590–600
–	–	9	> 600

Таблица 2.8. Вид покрытия

Индекс	Вид покрытия
А	Кислый
Б	Основной
Ц	Целлюлозный
Р	Рутиловый
АЦ, РБ и др.	Смешанный
П	Прочие

Таблица 2.9. Положение швов при сварке

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное на вертикальной плоскости и вертикальное снизу вверх
4	Нижнее и нижнее в лодочку

Таблица 2.10. Полярность тока, напряжение холостого хода трансформатора

Индекс	Полярность постоянного тока	U_{XX} трансформатора, В
0	Обратная (+)	–
1	Любая (+/–)	50
2	Прямая (–)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/–)	70
5	Прямая (–)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/–)	90
8	Прямая (–)	90
9	Обратная (+)	90

2.4. Классификация электродов для сварки высоколегированных сталей по ГОСТ 9466—75 и ГОСТ 10052—75

Таблица 2.11. Структура обозначения

Е	2	00	5	П	2	0	Электрод: $\frac{Э-08Х20н9д2з-Цо-1\,1С\,/\,Ч-3.15-еД}{Е\;2005-п20}$
	Стойкость против межкристаллитной коррозии						
		Жаростойкость					
			Содержание ферритной фазы				
				Вид покрытия			
					Положение швов при сварке		
						Полярность, напряжение холостого хода трансформатора	

Таблица 2.12. Стойкость против межкристаллитной коррозии

Стойкость против межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032–89	
Индекс	Метод
0	–
1	А
2	АМ–АМУ
3	Б
4	В и ВУ
5	Д

Таблица 2.13. Жаростойкость

Индекс	Максимальная рабочая температура, °С, по:	
	жаропрочности	жаростойкости
0	–	–
1	До 500	До 600
2	510–550	610–650
3	560–600	660–700
4	610–650	710–750
5	660–700	760–800
6	710–750	810–900
7	760–800	910–1000
8	810–850	1010–1100
9	Свыше 850	Свыше 1100

Таблица 2.14. Содержание ферритной фазы

Содержание ферритной фазы в наплавленном металле	
Индекс	%
0	–
1	0,5–4,0
2	2,0–4,0
3	2,0–5,5
4	2,0–8,0
5	2,0–10,0
6	4,0–10,0
7	5,0–15,0
8	10,0–20,0

Таблица 2.15. Вид покрытия

Индекс	Вид покрытия
А	Кислый
Б	Основной
Ц	Целлюлозный
Р	Рутиловый
АЦ, РБ и др.	Смешанный
П	Прочие

Таблица 2.16. Положение швов при сварке

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное на вертикальной плоскости и вертикальное снизу вверх
4	Нижнее и нижнее в лодочку

Таблица 2.17. Полярность, напряжение холостого хода трансформатора

Индекс	Полярность постоянного тока	U_{XX} трансформатора, В
0	Обратная (+)	–
1	Любая (+/–)	50
2	Прямая (–)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/–)	70
5	Прямая (–)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/–)	90
8	Прямая (–)	90
9	Обратная (+)	90

2.5. Классификация электродов для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами по ГОСТ 9466—75 и ГОСТ 10051—75

Таблица 2.18. Структура обозначения

Е	700/59	1	П	1	П46	Электрод: $\frac{\text{ЭнУ} - 2 - 5 - \text{нД}}{\text{Е } 700 / 59 - 1 - \text{п}46}$
	Твердость наплавленного металла (HV)					
		Термообработка				
			Вид покрытия			
				Положение швов при сварке		
					Полярность, напряжение холостого хода трансформатора	

Таблица 2.19. Твердость наплавленного металла

Твердость:		Индекс*
по Виккерсу (HV)	по Роквеллу ($HRC_э$)	
175–224	До 23,0	200/20
225–274	24,0–30,0	250/27
275–324	30,5–37,0	300/33
325–374	37,5–40,0	350/39
375–424	40,5–44,5	400/42
425–474	45,5–48,5	450/47

Твердость:		Индекс*
по Виккерсу (HV)	по Роквеллу ($HRC_э$)	
475–524	49,0	500/49
525–574	50,0–52,5	550/51
575–624	53,0–55,5	600/54
625–674	56,0–58,5	650/57
675–724	59,0	700/59
725–774	60,0–61,0	750/61
775–824	62,0	800/62
825–874	63,0–64,0	850/64
875–924	65,0	900/65
925–974	66,0	950/68
975–1024	66,5–68,0	1000/68
1025–1074	69,0	1050/69
1075–1124	70,0	1100/70
1125–1174	71,0–72,0	1150/72

*Примечание. * Слева от косой черты указывают среднюю твердость наплавленного металла по Виккерсу, справа от косой черты — по Роквеллу.*

Таблица 2.20. Термообработка

Вид термообработки	Индекс **
Без термообработки после наплавки	1
С термообработкой после наплавки	2

*Примечание. ** Если твердость нормируется как без термообработки после наплавки, так и после термообработки, то указывают оба индекса в скобках, например,* $\frac{Э – 70Х3СМТ – Эн – 60М – 3.5 – нД}{Е\ \ 650 / 57 – (1,2) – з40}$.

Таблица 2.21. Вид покрытия

Индекс	Вид покрытия
А	Кислый
Б	Основной
Ц	Целлюлозный
Р	Рутиловый
АЦ, РБ и др.	Смешанный
П	Прочие

Таблица 2.22. Положение швов при сварке

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное на вертикальной плоскости и вертикальное снизу вверх
4	Нижнее и нижнее в лодочку

Табл. 2.23. Полярность, напряжение холостого хода трансформатора

Индекс	Полярность постоянного тока	U_{XX} трансформатора, В
0	Обратная (+)	–
1	Любая (+/–)	50
2	Прямая (–)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/–)	70
5	Прямая (–)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/–)	90
8	Прямая (–)	90
9	Обратная (+)	90

2.6. Классификация покрытых электродов в соответствии с EN 499 (европейский стандарт)

Таблица 2.24. Структура обозначения

E	50	6	3Ni	B	2	2	H10	Электрод: E506 3NiB22 H10
	Код прочностных и пластических свойств наплавленного металла							
		Обозначение для ударной вязкости наплавленного металла						
			Обозначение химического состава наплавленного металла					
				Сокращенное обозначение типа покрытия				
					Код положения швов при сварке			
						Код производительности и рода тока		
							Обозначение содержания водорода в наплавленном металле	

Таблица 2.25. Код прочностных и пластических свойств наплавленного металла

Код	Минимальный предел текучести[1], Н/мм^2	Предел прочности, Н/мм^2	Минимальное относительное удлинение[2], %
35	355	440–570	22
38	380	470–600	20
42	420	500–640	20
46	460	530–680	20
50	500	560–720	18

Примечание.
1. Соответствует нижним значениям предела текучести, при неясно выраженном пределе текучести применяется значение соответствующее 0,2 удлинения.
2. Измеряется длина равная 5 диаметрам образца.

Таблица 2.26. Обозначение для ударной вязкости наплавленного металла

Обозначение	Минимальная температура, °С, при средней энергии разрыва (KCV) =47 Дж/см^2
Z	Не регламентируется
A	+20
0	0
2	–20
3	–30
4	–40
5	–50
6	–60

Таблица 2.27. Обозначение химического состава наплавленного металла

Обозначение легирующих элементов	Химический состав*, %		
	Марганец	Молибден	Никель
Без обозначения	2,0	–	–
Mo	1,4	0,3–0,6	–
MnMo	>1,4–2,0	0,3–0,6	–
1Ni	1,4	–	0,6–1,2
2Ni	1,4	–	1,8–2,6
3Ni	1,4	–	>2,6–3,8
Mn1Ni	>1,4–2,0	–	0,6–1,2
1NiMo	1,4	0,3– 0,6	0,6–1,2
Z	Любой другой состав		

** Примечания.*
1. Если не оговорено, то Mo<0,2; Ni<0,3; Cr<0,2; V<0,05; Nb<0,05; Cu<0,3.
2. Отдельные значения в таблице являются максимальными.
3. Результаты округлены в соответствии с установленными значениями по ISO 31-0, раздел B, правило A.

Таблица 2.28. Сокращенное обозначение вида покрытия

Индекс	Покрытие
A	Кислые покрытия
C	Целлюлозные покрытия
R	Рутиловые покрытия
RR	Толстые рутиловые покрытия
RC	Рутило-целлюлозные покрытия
RA	Рутило-кислые покрытия
RB	Рутило-основные покрытия
B	Основные покрытия

Таблица 2.29. Код положения швов при сварке

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все положения
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Стыковой шов в нижнем положении, угловой шов в нижнем и горизонтальном положении
4	Стыковой и угловой швы в нижнем положении
5	Вертикальный шов сверху вниз и положение по коду 3

Таблица 2.30. Обозначение содержания водорода в наплавленном металле

Обозначение	Максимальное содержание водорода в мл/100 г наплавленного металла
H5	5
H10	10
H15	15

Таблица 2.31. Коды производительности и рода тока

Код	Производительность, %	Род тока
1	≤105	≈, =
2	≤105	=
3	>105 ≤125	≈, =
4	>105 ≤125	=
5	>125 ≤160	≈, =
6	>125 ≤160	=
7	>160	≈, =
8	>160	=

Примечание. Чтобы определить пригодность применения переменного тока проводятся испытания при напряжении холостого хода не более 65 В.

2.7. Классификация электродов для наплавки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в соответствии с DIN 8555 (стандарт ФРГ)

Таблица 2.32. Структура обозначения

E	2	UM	55	GP	Электрод: E2 UM55 GP
Способ сварки					
	Группа сплавов в покрытии				
		Метод изготовления			
			Твердость наплавленного металла по Бринеллю (HB)		
				Свойства наплавленного металла	

Таблица 2.33. Способ сварки

G	Газовая сварка
E	Ручная дуговая сварка
MF	Сварка порошковой проволокой
TIG	Сварка неплавящимся электродом в инертном газе
MIG	Сварка плавящимся электродом в защитном газе
UP	Сварка под флюсом

Таблица 2.34. Группа сплавов в покрытии

1	Сплав с C ≤0,4%, или сплав с C ≤0,4% и Σ Cr, Mn, Mo, Ni ≤5%
2	Сплав с C >0,4% или сплав с C >0,4% и Σ Cr, Mn, Mo, Ni ≤5%
3	Легированный для работы при высоких температурах
4	Легированный для наплавки режущего инструмента
5	Легированный, Cr ≥5% и с низким содержанием углерода до 0,2%
6	Легированный, Cr ≥5% и с повышенным содержанием углерода (0,2% ≤C≤ 2%)
7	Марганцевый аустенит Mn=11–18%, C≥ 0,5%, Ni≥ 3%
8	Cr–Ni–Mn – аустенитные сплавы
9	Cr–Ni стали (стойкие к ржавчине, кислотам и повышенным температурам)
10	Высокоуглеродистый высокохромистый сплав без карбидообразующих
20	Сплав на основе Co, легированный Cr и W с или без добавок Ni и Mo
21	–
22	Сплавы на основе Ni с добавками Cr или Cr–B
23	Сплавы на основе Ni с добавками Mo и Cr (или без Cr)
30	Сплавы на основе Cu, с добавками Sn
31	Сплавы на основе Cu, с добавками Al
32	Сплавы на основе Cu, с добавками Ni

Таблица 2.35. Метод изготовления

GW	Прокатка
GO	Литье
GZ	Волочение
GS	Спекание
GF	Порошковая проволока
UM	Покрытые электроды

Таблица 2.36. Твердость наплавленного металла

Индекс	Твердость наплавленного металла по Бринелю, (НВ)
150	125–175
200	176–225
250	226–275
300	276–325
350	326–375
400	376–425
40	37–42
45	42–47
50	47–52
55	52–57
60	57–62
65	62–67
70	Более 67

Таблица 2.37. Свойства наплавленного металла

Индекс	Свойства наплавленного металла
C	Коррозионно-стойкий
G	Стойкий к абразивному износу
K	Способный упрочняться при эксплуатации
N	Не магнитный
P	Стойкий к ударным нагрузкам
R	Стойкий против ржавчины
S	Высокие режущие свойства
T	Высокотемпературная прочность, в том числе для режущего инструмента
Z	Жаростойкость

2.8. Классификация электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в соответствии с DIN 1913)стандарт ФРГ)

Таблица 2.38. Структура обозначения

E	43	00	RR	10	120	H	Электрод: E4300 RR10 120H
	Код прочностных и пластических свойств наплавленного металла						
		Обозначение для ударной вязкости наплавленного металла					
			Обозначение типа покрытия				
				Вид покрытия, род тока, полярность, положение швов при сварке			
					Производительность		
						H – содержание водорода в наплавленном металле менее 15 мл/100 г	

Таблица 2.39. Код прочностных и пластических свойств наплавленного металла

Индекс	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Минимальное относительное удлинение, %		
			0,1	2	3, 4, 5
43	430–550	≥330	20	22	24
51	510–650	≥360	18	18	20

Таблица 2.40. Обозначение для ударной вязкости наплавленного металла

Индекс	Минимальная температура, °С, при средней энергии разрыва (KCV) =28 Дж/см^2	Второй индекс	Минимальная температура, °С, при средней энергии разрыва (KCV) =47 Дж/см^2
0	Не регламентируется	0	Не регламентируется
1	+20	1	+20
2	0	2	0
3	–20	3	–20
4	–30	4	–30
5	–40	5	–40

Таблица 2.41. Сокращенное обозначение покрытия

Индекс	Покрытие
A	Кислые покрытия
R	Рутиловые покрытия
RR	Толстые рутиловые покрытия
AR	Рутило-кислые покрытия
C	Целлюлозные покрытия
R(C)	Рутило-целлюлозные покрытия
RR(C)	Толстые рутило-целлюлозные покрытия
B	Основные покрытия
B(R)	Рутило-основные покрытия
RR(B)	Толстые рутило-основные покрытия

Таблица 2.42. Вид покрытия, индексы положения швов при сварке, род тока и полярность

Индекс	Положение швов при сварке	Род тока и полярность	Вид покрытия
A2	1	5	Кислое
R2	1	5	Рутиловое
R3	2 (1)	2	Рутиловое
R(C)3	1	2	Рутило-целлюлозное
C4	1 (a)	0 (+)	Целлюлозное
RR5	2	2	Рутиловое
RR(C)5	1	2	Рутило-целлюлозное
RR6	2	2	Рутиловое
RR(C)6	1	2	Рутило-целлюлозное
A7	2	5	Кислое
AR7	2	5	Рутило-кислое
RR(B)7	2	5	Рутило-основное
RR8	2	2	Рутиловое

Индекс	Положение швов при сварке	Род тока и полярность	Вид покрытия
RR(B)8	2	5	Рутило-основное
B9	1 (a)	0 (+)	Основное
B(R)9	1 (a)	6	Основное на базе не основных компонентов
B10	2	0 (+)	Основное
B(R)10	2	6	Основное на базе не основных компонентов
RR11	4 (3)	5	Рутиловое, производительность не менее 105%
AR11	4 (3)	5	Рутило-кислое, производительность не менее 105%
B12	4 (3)	0 (+)	Основное, производительность не менее 120%
B(R)12	4 (3)	0 (+)	Основное на базе не основных компонентов и производительность не менее 120%

Таблица 2.43. Положение швов при сварке

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все положения
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее и горизонтальные швы на вертикальной плоскости
4	Нижнее (стыковые и валиковые швы)

Таблица 2.44. Полярность сварочного тока

Индекс	Полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода трансформатора, В
0	Обратная (+)	–
1	Любая (+/–)	50
2	Прямая (–)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/–)	70
5	Прямая (–)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/–)	90
8	Прямая (–)	90
9	Обратная (+)	90

Таблица 2.45. Производительность

Индекс	Производительность (K_c), %
120	115–125
130	125–135
140	135–145
150	145–155
160	155–165
170	165–175
180	175–185
190	185–195
200	195–205

2.9. Классификация электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в соответствии с ISO 2560 (международный стандарт)

Таблица 2.46. Структура обозначения

E	432	RR	160	4	6	H	Электрод: E432 RR160 46H
	Механические свойства наплавленного металла						
		Вид покрытия					
			Производительность, %				
				Положение швов при сварке			
					Полярность постоянного тока		
						Содержание водорода в наплавленном металле менее 15 мл/100 г	

Таблица 2.47. Механические свойства наплавленного металла

Индекс	Механические свойства наплавленного металла			Температура, °C, при средней энергии разрыва (KCV) =28 Дж/см^2
	Предел прочности, МПа	Минимальное относительное удлинение, %		
		индекс	%	
430	430–510	0	Не регламентируется	
431	430–510	1	20	+20
432		2	22	0
433		3	24	–20
434		4	24	–30
435		5	24	–40
510	510–610	0	Не регламентируется	
511	510–610	1	18	+20
512		2	18	0
513		3	20	–20
514		4	20	–30
515		5	20	–40

Таблица 2.48. Вид покрытия

Индекс	Покрытие
A	Кислый
AR	Рутило–кислый
B	Основной
C	Целлюлозный
O	Окислительный
R	Рутиловый (средняя толщина)
RR	Рутиловый (большая толщина)
S	Прочие виды

Таблица 2.49. Производительность

Индекс	Производительность (K_c), %
110	105–115
120	115–125
130	125–135
140	135–145
150	145–155
160	155–165
170	165–175
180	175–185
190	185–195
200	195–205

Таблица 2.50. Положение швов при сварке

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все положения
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное и вертикальное
4	Нижнее (стыковые и валиковые швы)
5	То же что и «3», и вертикальное сверху–вниз

Таблица 2.51. Полярность постоянного тока

Индекс	Полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода трансформатора, В
0	Обратная (+)	–
1	Любая (+/–)	50
2	Прямая (–)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/–)	70
5	Прямая (–)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/–)	90
8	Прямая (–)	90
9	Обратная (+)	90

2.10. Классификация электродов для сварки легированных теплоустойчивых сталей в соответствии с ISO 3580 (международный стандарт)

Таблица 2.52. Структура обозначения

E	5CrMoV	B	2	0	Электрод: E5CrMoV B20
	Содержание элементов				
		Вид покрытия			
			Положение швов при сварке		
				Полярность постоянного тока	

Таблица 2.53. Содержание элементов

Индекс	Содержание элементов %					
	Углерод*	Кремний	Марганец	Хром	Молибден	Прочие элементы
	Не более					
Mo	0,12	0,8	1,5	–	0,4–0,7	–
05CrMo	0,12	0,8	1,5	0,3–0,8	0,4–0,7	–
05CrMoV	0,12	0,8	1,5	0,3–0,6	0,8–1,2	Ванадий, 0,25–0,60
1CrMo	0,12	0,8	1,5	0,8–1,5	0,4–0,7	–
1CrMoV	0,12	0,8	1,5	0,9–1,3	0,4–0,7	Ванадий, 0,10–0,35
2CrMo	0,12	0,8	1,5	2,0–2,6	0,9–1,3	–
5CrMo	0,12	0,9	1,5	4,0–6,0	0,4–0,7	–
5CrMoV	0,12	0,9	1,5	4,0–6,0	0,4–0,7	Ванадий, 0,10–0,35
9CrMo	0,12	0,9	1,5	8,0–10,0	0,9–1,2	–
12CrMoV	0,15–0,22	0,8	1,5	11,0–13,0	0,8–1,2	Ванадий, 0,2–0,4; Вольфрам 0,4–0,6

** Примечание. При содержании углерода в наплавленном металле не более 0,05% к символу добавляется индекс L.*

Таблица 2.54. Вид покрытия

Индекс	Покрытие
A	Кислый
AR	Рутило-кислый
B	Основной
C	Целлюлозный
O	Окислительный
R	Рутиловый (средняя толщина)
RR	Рутиловый (большая толщина)
S	Прочие виды

Таблица 2.55. Положение швов при сварке

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все положения
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное и вертикальное
4	Нижнее (стыковые и валиковые швы)
5	То же что и «3», и вертикальное сверху–вниз

Таблица 2.56. Полярность постоянного тока

Индекс	Полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода трансформатора, В
0	Обратная (+)	–
1	Любая (+/–)	50
2	Прямая (–)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/–)	70
5	Прямая (–)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/–)	90
8	Прямая (–)	90
9	Обратная (+)	90

2.11. Классификация электродов для сварки высоколегированных сталей в соответствии с ISO 3581 (международный стандарт)

Таблица 2.57. Структура обозначения

E	19.9Nb	B	2	0	Электрод: E19.9Nb B20
	Содержание элементов, %				
		Вид покрытия			
			Положение швов при сварке		
				Полярность постоянного тока	

Таблица 2.58. Содержание элементов

Символ кода	Содержание элементов, %				
	Углерода, не более	Хром	Никель	Молибден	Прочие элементы
13	0,12	11–14	–	–	–
13.1	0,07	12–15	0,8–1,5	–	–
13.4	0,07	12–15	3–5	До 1,0	–
17	0,10	15–18	–	–	–

Символ кода	Содержание элементов, %				
	Углерода, не более	Хром	Никель	Молибден	Прочие элементы
17.0.1	0,25	15–18	–	1,0–1,5	–
19.9	0,08	18–21	8–11	–	–
19.9L	0,04	18–21	8–11	–	–
19.9Nb	0,08	18–21	8–11	–	Nb(8xC-1,2)
19.9.LNb	0,04	18–21	8–11	–	Nb(8xC-1,2)
16.8.2	0,10	14,5–16,5	7,5–9,5	1,0–2,0	–
16.25.6	0,12	14–17	23–25	5–7	–
17.8.2	0,10	16,5–18,5	8,0–9,5	1,5–2,5	–
18.8Mn	0,20	17–20	7–10	–	Mn 5-8
18.15.3L	0,04	16,5–19,5	13–16	2,5–3,5	–
19.12.2	0,08	17–20	11–14	2,0–2,5	–
19.12.2L	0,04	17–20	11–14	2,0–2,5	–
19.12.2Nb	0,08	17–20	11–14	2,0–2,5	Nb(8xC-1,2)
19.12.3	0,08	17–20	10–14	2,5–3,5	–
19.12.3L	0,04	17–20	10–14	2,5–3,5	–
19.12.3Nb	0,08	17–20	10–14	2,5–3,5	Nb(8xC-1,2)
19.13.4	0,08	17–21	11–15	3,5–5,5	–
19.13.4L	0,04	17–21	11–15	3,5–5,5	–
19.13.4Nb	0,08	17–21	11–15	3,5–5,5	Nb(8xC-1,2)
20.9Nb	0,13	18–21	8–10	0,35–0,65	Nb(8xC-1,2)
20.9.3	0,10	18,5–21	8–10	2–4	–
22.12	0,15	20–23	10–13	–	–
23.12	0,15	22–26	11–15	–	–
23.12L	0,04	22–26	11–15	–	–
23.12Nb	0,12	22–25	11–15	–	–
23.12W	0,20	22–25	11–15	–	W 2-4
23.12.2	0,12	22–25	11–15	2–3	–
25.20	0,20	24–28	18–22	–	–
25.20L	0,04	24–28	18–22	–	–
25.20Nb	0,12	24–28	18–22	–	Nb(8xC-1,2)
25.20.2	0,12	25–28	20–22	2–3	–
25.25.2Nb	0,10	24–27	24–26	2–3	Nb(8xC-1,2)
25.4	0,15	24–27	4–6	–	–
29.9	0,15	28–32	8–12	–	–
18.36	0,25	14–19	33–38	–	–
17.12Si	0,15	17–19	11–13	–	Si 3,8-4,8
24.14Si	0,12	22–25	13–15	–	Si 1,5-2,2

Таблица 2.59. Вид покрытия

Индекс	Покрытие
A	Кислый
AR	Рутило-кислый
B	Основной
C	Целлюлозный
O	Окислительный
R	Рутиловый (средняя толщина)
RR	Рутиловый (большая толщина)
S	Прочие виды

Таблица 2.60. Положение швов при сварке

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все положения
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное и вертикальное
4	Нижнее (стыковые и валиковые швы)
5	То же что и «3», и вертикальное сверху–вниз

Таблица 2.61. Полярность постоянного тока

Индекс	Полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода трансформатора, В
0	Обратная (+)	–
1	Любая (+/–)	50
2	Прямая (–)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/–)	70
5	Прямая (–)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/–)	90
8	Прямая (–)	90
9	Обратная (+)	90

2.12. Классификация электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в соответствии с AWS 5.1 (стандарт США)

Таблица 2.62. Структура обозначения

E	70	18	–	1	H4	R		Электрод: E7018-1H4R
	Пределы прочности и текучести							
		Вид покрытия, род тока, полярность, производительность						
			Требования к ударной вязкости при KCV					
				Содержание водорода в наплавленном металле				
					R – показатель влагостойкости покрытия (испытываемый электрод имеет влажность не более 0,3% после 9 часов выдержки в помещении с температурой 26,7 °C и влажностью 80%)			

Таблица 2.63. Пределы прочности и текучести

Индекс	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
	Не менее		
60	435	350	22
70	506	421	22
80	562	471	19
90	632	541	17
100	703	611	16
110	773	682	15

Таблица 2.64. Вид покрытия, род тока, полярность, производительность

Обозначение индексов*	Вид покрытия, род тока, полярность, производительность и т. п.
10	Целлюлозное
	Постоянный (+)
	Шлак тонкий, хрупкий. Обеспечивает глубокое проплавление
11	Подобны «10»
	Переменный, постоянный (+)
12	Рутиловое
	Переменный, постоянный (–)
13	Подобны «12»
	Переменный, постоянный (–)
	Обеспечивает возможность сварки при низком напряжении холостого хода источника питания дуги
14	Подобны «13», но покрытие содержит железный порошок (повышенная производительность)
	Переменный и постоянный
15	Основное
	Постоянный (+)
16	Подобны «15»
	Переменный, постоянный (+)
18	Подобны «16», покрытие содержит железный порошок (повышенная производительность)

** Примечание. Первый индекс — положение сварки.*

Таблица 2.65. Положение сварки

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все
2	Нижнее и горизонтально-вертикальное
4	Особенно хорошо «сверху–вниз»

Таблица 2.66. Требования к ударной вязкости

Тип	Минимальная температура, °С, при средней энергии разрыва (KCV) =27 Дж/см^2
E7016-1	–46
E7018-1	–46
E7024-1	–18

Таблица 2.67. Содержание водорода в наплавленном металле

H4	4 мл/100 г
H8	8 мл/100 г
H16	16 мл/100 г

3. Электроды

3.1. Условные обозначения положения сварки

Условные обозначения положения сварки в пространстве показаны на рис. 3.1.

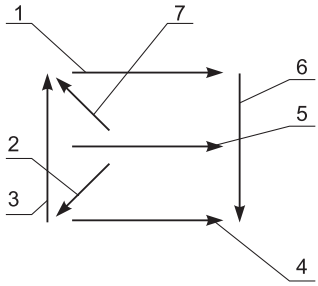


Рис. 3.1. Условные обозначения положения сварки: 1 — потолочное; 2 — угловое и тавровое; 3 — вертикальное вверх; 4 — нижнее; 5 — горизонтальное на вертикальной плоскости; 6 — вертикальное вниз; 7 — угловое и тавровое в потолочном положении

Классификация по ГОСТ, а также по американскому (AWS), международному (ISO), немецкому (DIN) и европейскому (EN) стандартам упрощает выбор и использование широкой гаммы представленных электродов.

3.2. Классификация и характеристика покрытых электродов

3.2.1. Классификация покрытых электродов

На основе химического состава покрытия проведена классификация качественных электродных покрытий:

1. **Руднокислые покрытия** содержат окислы железа и марганца (обычно в виде руд), кремнезем, большое количество ферромарганца. Для создания газовой защиты зоны сварки в покрытие вводят органические вещества (целлюлозу, древесную муку, крахмал и пр.), которые при нагревании разлагаются и сгорают с образованием смеси защитных газов. Электроды имеют высокую скорость расплавления, коэффициент наплавки 8—11 г/А·ч, пригодны для сварки во всех пространственных положениях на постоянном и переменном токе; наплавленный металл соответствует типу электродов Э42 и содержит <0,12% C; <0,10% Si; 0,6—0,9% Mn; <0,05% P и <0,05% S.

При плавлении электрода идет интенсивная экзотермическая реакция марганца и углерода кислородом окислов, разогревающая сварочную ванну и обеспе-

чивающая гладкую поверхность наплавленного металла с небольшой чешуйчатостью. При большом содержании марганцевой руды образующийся дым вреден для сварщика и при недостаточной вентиляции может постепенно отравлять его соединениями марганца.

Электроды широко применяются в производстве всевозможных изделий из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, но на ряде предприятий России применение этих электродов ограничено или запрещено из-за их токсичности.

2. **Рутиловые покрытия** получают значительное применение в связи с развитием добычи минерала рутила, состоящего в основном из двуокиси титана TiO_2. В покрытия, помимо рутила, введены кремнезем, ферромарганец, карбонаты кальция или магния. Покрытия по технологическим качествам близки к руднокислым, дают лучшее формирование, меньшее разбрызгивание, выделяющиеся газы, считаются менее вредными для сварщика. Наплавленный металл соответствует электродам типа Э42 и Э46. Электроды могут применяться для сварки ответственных конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей.

3. **Фтористо-кальциевые покрытия** состоят из карбонатов кальция и магния, плавикового шпата и ферросплавов. Покрытия называются также основными, так как дают короткие шлаки основного характера, а электроды с таким покрытием называются также низководородистыми, так как наплавленный металл содержит водорода меньше, чем при других покрытиях.

Газовая защита ванны обеспечивается двуокисью и окисью углерода, образующимися при разложении карбонатов под действием высокой температуры. Электроды чаще используются на постоянном токе обратной полярности (плюс на электроде).

Наплавленный металл по составу и степени раскисления соответствует спокойной стали, отличается чистотой, малым содержанием кислорода, азота и водорода, понижено содержание серы и фосфора, повышено — марганца (0,5—1,5%) и кремния (0,3—0,6%). Металл устойчив против старения, имеет высокие показатели механических свойств, в том числе ударной вязкости, и нередко по механическим свойствам превосходит основной металл. Электроды с этим покрытием рекомендуются для наиболее ответственных конструкций из углеродистых и легированных сталей.

Электроды с фтористо-кальциевым покрытием на протяжении многих лет являются наилучшими по качеству наплавленного металла. Чувствительны к наличию окалины, ржавчины, масла на кромках основного металла и в этих случаях дают поры, как и при отсыревании электродов. Свойства наплавленного металла можно менять в широких пределах, меняя количество ферросплавов в покрытии. Широко известны электроды этого типа, маркируемые как УОНИ-13; они имеют несколько разновидностей; УОНИ-13/45, УОНИ-13/55 и т. д.; второе число указывает предел прочности наплавленного металла.

4. **Органические покрытия** состоят из органических материалов, обычно из оксицеллюлозы, к которой добавлены шлакообразующие материалы, двуокись титана, силикаты и пр. и ферромарганец в качестве раскислителя и легирующей присадки. Электроды пригодны для сварки во всех пространственных положениях на постоянном и переменном токе; малочувствительны к качеству сборки и состоянию поверхности металла, особенно пригодны для работы в монтажных и полевых условиях. Дают наплавленный металл удовлетворительного качества, соответствующий электродам типов Э42—Э50. Широко применяются при монтажных работах.

Вес качественных электродных покрытий составляет 30—40% веса электродного стержня. Для составления обмазочной пасты к сухой смеси добавляют 30% водного раствора жидкого стекла плотностью 1,40 или 12—13% в пересчете на сухой остаток.

Существуют специальные электроды, дающие повышенную производительность по наплавленному металлу. Для этой цели в покрытие электродов добавляется железный порошок, изготовляемый на специальных заводах. Количество вводимого порошка железа меняется в разных электродах от 5 до 50% веса электродного стержня и более; вес покрытия может достигать 100—180% веса стержня. Коэффициент наплавки повышается до 12—20 г/А·ч против обычных значений 8—10 г/А·ч; производительность наплавки может быть увеличена в 1,5—2 раза при том же токе.

3.2.2. Характеристики электродов

Несмотря на широкое применение различных механизированных методов сварки плавлением, наибольшее количество сварных конструкций изготовляется методом ручной дуговой сварки. Ручная дуговая сварка производится штучными электродами, конструктивно представляющими собой металлический стержень с нанесенным на него покрытием соответствующего состава. Один из концов стержня длинной примерно 30 мм освобожден от покрытия для его зажатия в электрододержатель с обеспечением электрического контакта. Второй конец слегка очищается для облегчения зажигания дуги посредством контакта с изделием.

Следует отметить, что несмотря на внешнюю конструкционную простоту, покрытый металлический электрод имеет достаточно сложные технологическую и металлургическую системы.

Металлургические процессы, протекающие при плавлении электрода отличаются от металлургических процессов, протекающих при выплавки стали. Они характеризуются своей кратковременностью, малыми объемами реагирующих веществ, высокими температурами в зоне сварки и интенсивностью взаимодействия между металлом, шлаком и газом.

В столбе дуги происходит не только расплавление, но и испарение железа и содержащихся в нем различных химических элементов. Активно протекают окислительные процессы и процессы поглощения металлом газов из атмосферы дуги, насыщение наплавленного металла азотом, кислородом, водородом. В результате сложных окислительно-восстановительных реакций, протекающих как в газовой среде так и на границе ее раздела с металлом, а также между металлом и шлаком, происходит легирование, окисление и раскисление металла, образующего сварной шов.

Металлургические и технологические свойства электродов в значительной мере определяются свойствами шлака. Химический состав и физико-химические свойства шлакообразующей основы покрытия электродов определяют главным образом технологические свойства шлака. Соотношения компонентов покрытия выбирают таким образом, чтобы обеспечить достаточно низкую температуру плавления и вязкость шлака, а также короткий интервал затвердевания.

Основными характеристиками электродов являются механические свойства металла шва и сварного соединения: временное сопротивление разрыву, относительное удлинение, ударная вязкость, угол изгиба. По этим показателям электроды, согласно ГОСТ 9467—75, классифицируются на следующие типы (в условном обозначении типа электрода две стоящие за буквой «Э» (электрод) цифры соот-

ветствуют минимальному временному сопротивлению разрыву металла шва или сварного соединения в кгс/мм^2):

- Э38, Э42, Э46 и Э50 — для сварки сталей с временным сопротивлением до 490 Дж/см^2;
- Э42 А, Э46 А и Э50 А — для сварки тех же сталей, когда к металлу шва предъявляются повышенные требования по относительному удлинению и ударной вязкости;
- Э55 и Э60 — для сварки сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 490 Дж/см^2 и до 590 Дж/см^2.

Указанным стандартом регламентируется содержание серы и фосфора в наплавленном металле.

Электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей характеризуются также уровнем сварочно-технологических свойств, в т.ч. возможностью сварки во всех пространственных положениях, родом сварочного тока, производительностью процесса, склонностью к образованию пор, а в некоторых случаях — содержанием водорода в наплавленном металле и склонностью сварных соединений к образованию трещин.

Перечисленные характеристики, которые необходимо учитывать при выборе конкретной марки электрода, в значительной степени определяются видом покрытия. Покрытие может быть кислым, рутиловым, основным, целлюлозным и смешанным.

Применение электродов должно обеспечивать следующие необходимые условия:

- легкое зажигание и устойчивое горение дуги;
- равномерное расплавление покрытия;
- равномерное покрытие шва шлаком;
- легкое удаление шлака после сварки;
- отсутствие непроваров, пор, трещин в металле шва.

Электроды классифицируются по следующим признакам:

- по материалу, из которого они изготовлены;
- по назначению для сварки определенных сталей;
- по толщине покрытия, нанесенного на стержень;
- по видам покрытия;
- по характеру шлака, образующегося при расплавлении покрытия;
- по техническим свойствам металла шва;
- по допустимым пространственным положениям сварки или наплавки;
- по роду и полярности применяемого при сварке тока.

Стальные электроды в соответствии с ГОСТ 9466—75 подразделяются на группы в зависимости от свариваемых металлов:

- У — углеродистых и низкоуглеродистых конструкционных сталей;
- Л — легированных конструкционных сталей;
- Г — легированных теплоустойчивых сталей;
- В — высоколегированных сталей с особыми свойствами.

Общее назначение электродных покрытий — обеспечение стабильности горения сварочной дуги и получение металла шва с заранее заданными свойствами (прочность, пластичность, ударная вязкость, стойкость против коррозии, и др.). Стабильность горения сварочной дуги достигается снижением потенциала ионизации воздушного промежутка между электродом и свариваемой деталью. Покрытие выполняет защитную функцию, шлак служит для защиты расплавленного ме-

талла шва от воздействия кислорода и азота воздуха путем образования шлаковых оболочек на поверхности капель электродного металла, переходящих через дуговой промежуток, и для образования шлакового покрова на поверхности расплавленного металла. Шлаковое покрытие уменьшает скорость охлаждения и затвердения металла шва, способствуя выходу из него газовых и неметаллических включений. Шлакообразующими компонентами являются: титановый концентрат, марганцевая руда, каолин, мрамор, мел, кварцевый песок, доломит, полевой шпат и др.

Легирование металла шва производится для придания специальных свойств наплавленному металлу. Наиболее часто применяются такие легирующие компоненты как хром, никель, молибден, вольфрам, марганец, титан и др. Легирование металла иногда производится специальной проволокой, содержащей нужные элементы. Чаще металл шва легируют введением легирующих компонентов в состав покрытия электрода. Легирующие компоненты — ферросплавы, иногда чистые металлы.

Для повышения производительности, т. е. для увеличения количества наплавляемого металла в единицу времени, в электродные покрытия иногда вводят железный порошок. Введенный в покрытие железный порошок улучшает технологические свойства электродов (облегчает повторное зажигание дуги, уменьшает скорость охлаждения наплавленного металла, что благоприятно сказывается при сварке в условиях низких температур).

Для закрепления покрытия на стержне используют связывающие компоненты. Наиболее распространенным связывающим компонентом является жидкое стекло, которое обладает также и стабилизирующими свойствами.

При наличии в составе покрытия более 20% железного порошка, к обозначению добавляют букву Ж.

По видам покрытий электроды подразделяются:

- А — с кислым покрытием, содержащим окиси железа, марганца, кремния, иногда титана;
- Б — с основным покрытием, имеющим в качестве основы фтористый кальций и карбонад кальция. (Сварку электродами с основным покрытием осуществляют постоянным током обратной полярности. Вследствие малой склонности металла к образованию кристаллизационных и холодных трещин, электроды с этим покрытием используют для сварки больших сечений);
- Ц — с целлюлозным покрытием, основные компоненты которого целлюлоза, мука и другие органические составы, создающие газовую защиту дуги и образующие при плавлении тонкий шлак. (Электроды с целлюлозным покрытием применяют, как правило, для сварки стали малой толщины);
- Р — с рутиловым покрытием, основной компонент рутил. Для шлаковой и газовой защиты в покрытие этого типа вводят соответствующие минеральные и органические компоненты. При сварке на постоянном и переменном токе разбрызгивание металла незначительно. Устойчивость горения дуги, формирование швов во всех пространственных положениях хорошее;
- П — прочие виды покрытий.

При покрытии смешанного вида используют соответствующее условное обозначение состоящее из нескольких букв.

Электроды с кислым покрытием. Основу этого вида покрытия составляют оксиды железа, марганца и кремния. Металл шва, выполненный электродами с кислым покрытием, имеет повышенную склонность к образованию горячих трещин.

По механическим свойствам металла шва и сварного соединения электроды относятся к типам Э38 и Э42.

Электроды с кислым покрытием не склонны к образованию пор при сварке металла, покрытого окалиной или ржавчиной, а также при удлинении дуги. Сварку можно выполнять постоянным и переменным током.

Электроды с основным покрытием. Шлаковую основу покрытий основного вида составляют минералы — в основном карбонаты кальция и магния (мрамор, магнезит, доломит), а также плавиковый шпат (CaF_2). Поэтому они получили название фтористо-кальциевых покрытий. При высокой температуре дуги карбонаты диссоциируют с образованием окислов кальция и магния (CaO, MgO), а также окиси углерода и углекислого газа. Это обеспечивает высокий коэффициент основности (щелочности) образующихся шлаков и создание газозащитной среды минерального происхождения, которая не сопровождается выделением водорода, как это имеет место при плавлении электродов с рутиловым покрытием. Поэтому металл, наплавленный электродами с основным покрытием, очень мало насыщается водородом из материалов покрытий. Кроме того, наличие в покрытиях этого вида фтористого кальция придает им способность обезводороживать металл, что достигается связыванием водорода в термически стойкие соединения:

$$CaF_2+H_2O \longleftrightarrow CaO+2HF;$$

$$2CaF_2+3Si0_2 \longleftrightarrow 2CaSiO_3+SiF_4;$$

$$SiF_4+3H \longleftrightarrow SiF+3HF.$$

Отсутствие в основных покрытиях органических материалов и связанного с этим выделения водорода при их диссоциации, а также связывание водорода и паров воды в термически устойчивый фтористый водород, который улетучивается, обеспечивают при сварке этими электродами минимальное содержание водорода в наплавленном металле. Поэтому электроды с основными покрытиями называют также низководородными.

Это важное преимущество основных покрытий делает их незаменимыми при сварке закаливающихся сталей, склонных к образованию холодных трещин вследствие охрупчивающего действия водорода, диффундирующего в околошовную зону из металла шва. Малая окислительная способность покрытий основного вида обеспечивает высокий коэффициент перехода легирующих элементов из электрода в шов, благодаря чему достигается эффективное раскисление и легирование наплавленного металла. Раскисление осуществляется активными раскислителями, в основном, марганцем, кремнием и титаном, что обеспечивает низкое содержание кислорода в наплавленном металле и меньшую степень загрязнения неметаллическими включениями и вредными примесями (серой и фосфором). Эти свойства электродов с основными покрытиями обусловливают существенные преимущества перед всеми другими электродами при сварке высоколегированных сталей. Металл, наплавленный электродами с основными покрытиями, обладает высокой стойкостью против образования горячих трещин, эти электроды наиболее пригодны для сварки жестких конструкций, выполнения многослойных швов большой толщины, а также для сварки сталей с повышенным содержанием углерода и серы.

Существенным преимуществом электродов с основным покрытием перед рутиловыми является более высокое сопротивление металла шва сероводородному растрескиванию, что обеспечивает более надежную эксплуатацию сварных трубопроводов в месторождениях, содержащих сероводородные соединения.

Сварка электродами с основными покрытиями может выполняться во всех пространственных положениях.

К недостаткам электродов с покрытиями основного вида следует отнести более низкую стабильность горения дуги по сравнению с электродами с покрытиями других видов. Это объясняется наличием в дуге при сварке этими электродами ионов фтора, которые являются деионизаторами дуги. Поэтому электроды с основными покрытиями применяются преимущественно для сварки постоянным током обратной полярности (+ на электроде).

К существенным недостаткам основных покрытий следует отнести их склонность к образованию пор в швах при удлинении дуги в процессе сварки, а также при больших зазорах, что ухудшает газовую защиту расплавленного металла, вследствие чего он насыщается азотом. Установлено, что насыщение металла азотом происходит, в основном, в дуговом промежутке и повышает склонность металла шва к старению и охрупчиванию.

Электроды с основными покрытиями склонны к образованию пор в швах при наличии окалины и ржавчины на поверхности свариваемого металла, т. к. шлаки этих электродов практически не связывают окислы железа, которые окисляют наплавленный металл, попадая в сварочную ванну.

Образование пор в швах при сварке электродами с основным покрытием наблюдается также при увлажнении покрытия, вследствие повышения содержания водорода в наплавленном металле. Несмотря на хорошую раскисляемость наплавленного металла и его сравнительно низкую концентрацию в газах дуги, увлажнение покрытий вызывает повышение содержания водорода в металле шва. Увлажнение электродных покрытий зависит от качества упаковки при изготовлении электродов, условий транспортировки и последующего хранения на складах и в производственных кладовых.

Нормативной документацией на сварку особо ответственных конструкций условия хранения электродов в кладовых регламентируются при температуре воздуха не ниже 15 °С и при относительной влажности не более 50%, а также по срокам годности после прокалки (для электродов с основными покрытиями, предназначенными для сварки сталей перлитного класса — не более 5 суток).

После истечения указанного срока хранения электроды перед сваркой должны быть повторно прокалены. Прокалка электродов может производиться не более трех раз, не считая прокалки при их изготовлении. Многократные увлажнения и прокалки электродов (более четырех раз) отрицательно влияют на прочность и качество покрытий. Указанные условия хранения электродов по температуре и относительной влажности в кладовых не могут стабильно обеспечиваться без оснащения их кондиционерами. При хранении электродов в закрытых мешках из водонепроницаемой полиэтиленовой пленки или в закрытой таре, имеющей крышки с резиновым уплотнением, или в сушильных шкафах при температуре 80±20 °С сроки хранения электродов после прокалки не ограничиваются.

Критический уровень влаги основных покрытий электродов перед сваркой установлен 0,3%. Эффективным способом, гарантирующим выполнение этого требования, является прокалка электродов непосредственно перед сваркой. Однако требования по режимам прокалки весьма противоречивы и изменяются в широких пределах, как по температуре, так и по времени выдержки в печах.

Оптимальной температурой прокалки этого вида электродов, обеспечивающей влажность покрытия до 0,3%, является температура 350 °С и выдержка в течение двух часов. При более высоких температурах прокалки (400 °С и выше) заметно снижается содержание марганца и кремния в металле шва, что объясняется

окислением металлических компонентов электродного покрытия при указанных температурах.

За последние годы разработаны более универсальные новые марки электродов с основными покрытиями и улучшенными сварочно-технологическими свойствами. Установлено, что разрывная длина дуги зависит от соотношения содержания в покрытии мрамора и плавикового шпата. Легкое зажигание дуги и стабильность ее горения обеспечивается при соотношении $CaCO_3/CaF_2 = 5$.

Металл, наплавленный электродами с основным покрытием, нанесенным на стержень из малоуглеродистой проволоки (Св-08, Св-08 А), соответствует по составу спокойной стали (содержание кремния 0,3—0,6%). При этом достигается высокая ударная вязкость металла швов (150—250 Дж/см^2) и значительно меньшая склонность к старению по сравнению с металлом швов, выполненных электродами с покрытиями других видов.

По механическим свойствам наплавленного металла электроды с покрытиями основного вида, нанесенными на стержни из малоуглеродистой проволоки (Св-08, Св-08 А), соответствуют типам Э42 А — Э50 А по ГОСТ 9467—75.

Изложенные особенности электродов с основными покрытиями определяют область их преимущественного применения для сварки хорошо раскисленных спокойных сталей, особенно при повышенном содержании углерода и серы, а также низколегированных и высоколегированных сталей для сварки металла большой толщины, конструкций, работающих при больших динамических и знакопеременных нагрузках и при пониженных температурах.

Электроды с целлюлозным покрытием. Покрытие этого вида содержит большое количество (до 50%) органических составляющих, как правило, целлюлозы. Металл, наплавленный целлюлозными электродами, по химическому составу соответствует, по степени раскисления, полуспокойной или спокойной стали. В то же время он содержит повышенное количество водорода. По механическим свойствам металла шва и сварных соединений электроды с целлюлозным покрытием соответствуют электродам Э42, Э46 и Э50. Для целлюлозных электродов характерно образование равномерного обратного валика шва при односторонней сварке на весу, а также обеспечение возможности сварки вертикальных швов способом сверху вниз.

Электроды с рутиловым покрытием. Шлаковую основу рутиловых покрытий составляет минерал рутил, состоящий в основном из двуокиси титана (TiO_2). Кроме того, рутиловые покрытия содержат также различные алюмосиликаты (полевой шпат, каолин и др.) или карбонаты (мрамор, магнезит). С увеличением содержания в покрытии карбонатов возрастает основность (щелочность) шлака, что способствует снижению содержания кислорода и кремния (шлаковых включений) в наплавленном металле. Это повышает его ударную вязкость и стойкость против образования горячих трещин.

Газозащитными составляющими в рутиловых покрытиях служат органические материалы и карбонаты. При отсутствии карбонатов или малом их содержании (до 5%) наводороживание металла шва может быть еще более высоким, чем при сварке электродами с кислыми покрытиями. Основными окислителями в рутиловых покрытиях являются пары воды и углекислый газ. Значительное снижение водорода в шве и наименьшая склонность к образованию пор достигаются при определенной гарантированной влажности покрытий. Отсыревшие электроды необходимо высушивать при температуре 200 °С в течение 1 часа, а сварку выполнять не ранее чем через сутки после сушки. Поры появляются также при повышенной температуре прокалки электродов.

Рутиловые электроды не склонны к образованию пор в швах при сварке сталей, имеющих на поверхности окалину и ржавчину, не чувствительны к изменениям длины дуги. Поры в швах появляются при применении повышенных режимов тока при сварке тавровых швов с зазорами, а также при сварке тонкого металла электродами слишком большого диаметра. Рутиловые электроды позволяют производить сварку по грунтовочным покрытиям толщиной 20—25 мкм без образования пор в швах и без снижения механических свойств металла шва. Стойкость против образования горячих трещин металла шва несколько больше, чем выполненного электродами с кислым покрытием.

По сварочно-технологическим свойствам рутиловые электроды значительно превосходят электроды с покрытием основного вида. Они обеспечивают хорошую стабильность горения дуги при сварке переменным и постоянным током, имеют низкий коэффициент разбрызгивания металла, обладают легкой отделимостью шлаковой корки, а также являются лучшими для сварки в вертикальном и потолочном положениях швов. Это обусловлено тем, что образующиеся при плавлении покрытий титанаты обладают высокой способностью к коагуляции и быстро всплывают из жидкой ванны на поверхность металла. Кроме этого вязкость шлака рутиловых покрытий резко возрастает при снижении температуры. Такие шлаки называются «короткими». Вязкость шлаков электродных покрытий с большим содержания SiO_2 уменьшается медленно при снижении температуры. Эти шлаки называются «длинными».

Важным преимуществом рутиловых электродов является также легкость зажигания дуги, определяемая наименьшей плотностью тока, при которой возможно существование дугового разряда.

Малая склонность к образованию пор при зажигании и кратковременном удлинении дуги способствует исключению так называемой «стартовой» пористости (образованию пор в кратерах). Электроды с рутиловыми покрытиями значительно превосходят основные по формированию швов и обеспечению плавного перехода от шва к основному металлу. Сопротивление усталости сварных соединений, работающих при знакопеременных нагрузках, существенно снижается при наличии концентраторов напряжений в местах перехода от швов к основному металлу, особенно при угловых швах. Поэтому, если плавность перехода в этих местах не может быть обеспечена механической обработкой, то для сварки таких соединений рутиловые электроды являются незаменимыми, т. к. они обеспечивают более высокое сопротивление усталости сварных соединений, чем выполненных электродами с кислыми и основными покрытиями.

Производительность и возможность сварки в различных пространственных положениях рутиловыми электродами зависит от толщины покрытия и содержания в нем железного порошка.

При средней толщине покрытия (коэффициент массы 35—45%) и содержании в нем до 20% железного порошка электроды пригодны для сварки в любом пространственном положении шва, при этом коэффициент наплавки составляет 8—9 г/А·ч.

При большой толщине покрытия (коэффициент массы 50—65%) и содержании в нем 30—35% железного порошка электроды имеют повышенную производительность (коэффициент наплавки до 12 г/А·ч), пригодны для сварки в любом пространственном положении шва, но наиболее эффективны при сварке конструкций, в которых большая часть швов выполняется в нижнем положении и имеет большую протяженность.

При особо толстом покрытии (коэффициент массы 90—160%) и содержании в нем 50—60% железного порошка электроды относятся к высокопроизводитель-

ным (коэффициент наплавки до 18 г/А·ч) и пригодны для сварки только в нижнем положении швов большой протяженности. Наряду с этим, введение большого количества железного порошка в покрытие рутиловых электродов снижает содержание углерода в шве, уменьшает неоднородность распределения серы по границам кристаллитов и внутри них, значительно повышает стойкость металла шва против образования горячих трещин.

Рутиловые электроды с большим количеством железного порошка в покрытии можно использовать для сварки среднеуглеродистых сталей без опасения возникновения горячих трещин в швах. Особо важным преимуществом рутиловых электродов перед электродами с другими видами покрытий является более низкая токсичность аэрозолей и газов, образующихся при сварке.

Область применения рутиловых электродов — сварка конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей в строительстве и машиностроении.

Электроды с рутиловыми покрытиями не следует применять для сварки конструкций, работающих при высоких температурах, вследствие повышенной чувствительности сварных швов к деформационному старению и низкой длительной пластичности. В условиях ползучести сварные швы, выполненные рутиловыми электродами, имеют повышенную склонность к растрескиванию. По механическим свойствам наплавленного металла электроды с рутиловыми покрытиями, нанесенными на стержни из проволоки Св-08, Св-08 А относятся к типам Э42—Э46 по ГОСТ 9466—75.

Электроды для сварки легированных теплоустойчивых сталей. При выборе электродов для сварки низколегированных теплоустойчивых сталей основным требованием является обеспечение необходимого уровня жаропрочности сварных соединений, т. е. способности длительно выдерживать рабочие напряжения в конструкции при заданных высоких температурах, не подвергаясь при этом разрушению и не претерпевая остаточных деформаций, превосходящих величину, допускаемую условиями работы конструкции.

Обычные кратковременные испытания на растяжение при высоких температурах не позволяют судить о продолжительности безаварийной работы конструкции. Жаропрочность может оцениваться лишь по длительным испытаниям, проведенным при высоких температурах. Она характеризуется пределом длительной прочности и пределом ползучести.

Однако ГОСТ 9467—75 регламентирует для каждого типа теплоустойчивых электродов только кратковременные механические свойства металла шва или наплавленного металла при нормальной температуре в состоянии после термической обработки по режимам, предусмотренным техническими условиями или стандартами на электроды конкретных марок. ГОСТ 9467—75 регламентирует также химический состав наплавленного металла. Содержание углерода, кремния и марганца в металле, наплавленном теплоустойчивыми электродами всех типов, установлено стандартом практически в одних и тех же пределах и различается только по числу и количеству основных легирующих элементов (хром, молибден, ванадий, ниобий). Именно различие в содержании этих элементов определяет уровень жаропрочности металла, наплавленного теплоустойчивыми электродами.

Для сварки конструкций из сталей, работающих при температурах до 540 °С используются хромомолибденовые электроды типа Э-09Х1М.

Для сварки сталей, работающих при температурах до 585 °С и до температур 600 °С, применяются хромомолибденованадиевые электроды типов Э-09Х1МФ.

Следует отметить, что сварные соединения из хромомолибденованадиевых сталей снижают свою жаропрочность при появлении мягкой прослойки в зоне термического влияния, называемой «белой полоской», которая появляется на уча-

стке, нагревающемся при сварке в межкритическом интервале температур. Это может привести к преждевременному разрушению сварного соединения. Для безаварийной работы сварного соединения длительная прочность мягкой прослойки может быть ниже прочности основного металла не более чем на 20—30% при условии сохранения высокой длительной пластичности, которая определяет работоспособность при контактном упрочнении. С повышением исходной прочности стали, когда различие между свойствами стали и мягкой прослойки велико, вероятность преждевременного разрушения сварных соединений возрастает. В таких соединениях разница в уровне прочности стали и мягкой прослойки должна быть не более 10—15%.

Учитывая определяющее значение химического состава наплавленного металла на его жаропрочность и необходимость обеспечения состава в узких пределах по содержанию хрома, молибдена, ванадия и ниобия, для сварки теплоустойчивых сталей применяются электроды преимущественно с основными покрытиями, обеспечивающие минимальное окисление легирующих элементов при сварке.

Преимущественное применение электродов с основными покрытиями для сварки теплоустойчивых сталей обусловлено стабильностью механических свойств наплавленного металла при нормальных и повышенных температурах, а также низкой склонностью к образованию горячих и холодных трещин.

Вместе с этим, недостатками является неудовлетворительная маневренность электродов с основным покрытием, обусловленная плохой стабильностью горения дуги, склонностью к образованию пор при зажигании и удлинении дуги, а также повышенной чувствительностью к загрязнению поверхности свариваемых кромок и трудной отделимостью шлака при кромках с узкими разделками.

Для предотвращения холодных трещин при сварке теплоустойчивых сталей должен производится предварительный подогрев, при котором скорость охлаждения металла шва и околошовной зоны понижается, чем обеспечивается максимальное значение твердости не более 260 НВ для хромомолибденовых сталей и 230 НВ — для хромомолибденованадиевых сталей.

Электроды для сварки высоколегированных сталей и сплавов. Согласно современной классификации к высоколегированным сталям условно относят сплавы, содержание железа в которых более 45%, а суммарное содержание легирующих элементов не менее 10% (считая по верхнему пределу), или при концентрации одного из элементов не менее 8% по нижнему пределу. К сплавам на никелевой основе относят сплавы с содержанием не менее 55% Ni. Такие стали и сплавы применяют в качестве коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных материалов. Соответственно можно классифицировать и сварочные электроды по ГОСТ 10052—75 и отраслевой нормативно-технической документации. Высоколегированные электроды используют также для получения качественных соединений разнородных сталей и сплавов, при сварке конструкционных сталей без подогрева, для наплавки.

Специфическими особенностями физических свойств высоколегированных материалов являются пониженные температура плавления и теплопроводность, высокие электросопротивление и (для сталей) коэффициент линейного расширения. Указанные особенности и предопределяют поведение высоколегированных материалов при ручной дуговой сварке. Из-за низкой теплопроводности и высокого электросопротивления скорость плавления, а следовательно, и коэффициент наплавки электродов со стержнями из высоколегированных сталей и сплавов существенно выше, чем у электродов общего назначения. Повышенное электросопротивление металла стержней обусловливает применение укороченных электродов

и меньших сварочных токов (20—30 А/мм^2). Увеличение сварочных токов для высоколегированных электродов недопустимо, так как приводит к перегреву сварочного стержня, изменению характера плавления покрытия, вплоть до опадания кусков обмазки. Применению малых сварочных токов способствует и низкая теплопроводность металла, обусловливающая повышенную глубину проплавления (в сравнении с конструкционными сталями).

Отмечено различное поведение высоколегированных электродов при сварке на прямой и обратной полярности, обусловленное тепловыми характеристиками дуги. При сварке на прямой полярности напряжение на дуге на 15—20% выше, чем при сварке на обратной полярности. При сварке на прямой полярности тепловая мощность дуги больше, также повышается температура катода—электрода. В основном из-за этого во избежание перегрева электрода при ручной дуговой сварке высоколегированных сталей и сплавов рекомендуется обратная полярность.

Основными вопросами, решающими выбор электродов при сварке высоколегированных сталей и сплавов, являются: обеспечение основных эксплуатационных характеристик сварных изделий (коррозионной стойкости, жаростойкости и пр.); обеспечение стойкости металла к образованию горячих трещин; сварочно-технологические возможности электродов.

Разнообразие условий работы оборудования из высоколегированных сталей и сплавов сотен марок, требований к свойствам электродов диктует необходимость использования большого ассортимента сварочных электродов.

Электроды для сварки высоколегированных сталей и сплавов отличаются однообразием применяемых видов покрытий. При этом ведущим в отечественной практике является основное покрытие типа УОНИ-13, на базе которого, путем подбора типа электродной проволоки, номенклатуры и содержания легирующих компонентов и раскислителей в покрытии, получают самые разнообразные электроды. Необходимость применения основных покрытий часто относят к общим правилам ручной дуговой сварки высоколегированных сталей всех марок. Этот взгляд во многом обусловлен опасностью развития при низкой основности покрытий кремневосстановительного процесса, приводящего к загрязнению металла шва силикатными включениями, вследствие чего возможно снижение его ударной вязкости и повышение склонности к образованию горячих трещин.

3.3. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей

К группе электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей относятся электроды, предназначенные для сварки углеродистых сталей, содержащих до 0,25% углерода, и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 590 Дж/см^2.

Электроды, предназначенные для сварки углеродистых и низколегированных сталей, с любым видом покрытия отвечают требованиям ГОСТ 9466—75 и ГОСТ 9467—75, а также требованиям технических условий на электроды.

Ниже приведены электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей общего (табл. 3.1) и специализированного (табл. 3.2) назначений.

3.3.1. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей общего назначения

Таблица 3.1. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей общего назначения

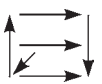
Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN						
ОМА-2	Э42	E6011	E430S16	–	–	2,0	300	124		~, =/+/	Сварка конструкций из тонколистовых (толщина 1–3 мм) углеродистых сталей с временным сопротивлением до 410 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности.
						2,5	350	78			
						3,0	350	46			
Огонек	Э42	E6013	E430R16	–	–	2,0	300	104		~, =/+/	Сварка изделий из тонколистовых (толщина 1–3 мм) углеродистых сталей во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности
ОЗС-23	Э42	E6013	E430R23	E4300R3	–	2,0	300	98		~, =/+/	Сварка конструкций и деталей из тонколистовых (толщина 1–3 мм) углеродистых сталей с временным сопротивлением до 410 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности.
						2,5	350	55			
						3,0	350	36			
УОНИ-13/45	Э42 А	E6015	E434B20	E4343B20	E35AB22H10	2,0	300	98		=/+/	
						2,5	350	55			
						3,0	350	40			
						4,0	450	16			
						5,0	450	11			
УОНИ-13/45СМ	–	–	–	–	–	2,5	300	–		=/+/	Для сварки особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей. Рекомендуется для сварки конструкций, работающих в условиях пониженных температур
						2,5	350	–			

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN						
УОНИ-13/45 А	–	–	–	–	–	3,0	350	–		=/+/	Для сварки особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей. Рекомендуется для сварки конструкций, работающих в условиях пониженных температур
УОНИ-13/55М	–	–	–	–	–	5,0	450	–		=/+/	Для сварки особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей. Рекомендуется для сварки конструкций, работающих в условиях пониженных температур
АНО-4	Э46	E 6012	E 43 2 R 21	E 43 32 R 21	–	–	–	–		~, =; 50	Для сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей марок Ст3, 10, 20 и др.
АНО-6	Э42	E 6012	E 43 2 AR 21	E 43 21 AR 21	–	–	–	–		~, =; 50	Для сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей марок Ст3, 10, 20 и др.
АНО-11	Э50 А	–	–	–	–	–	–	–		~, =/+/; 70	Электроды предназначены для сварки ответственных конструкций, работающих в условиях статических и динамических нагрузок из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с пределом прочности до 490 МПа
АНО-21	Э46	E 6013	E 43 2 RC 11	E 43 32 R(C) 11	–	–	–	–		~, =; 50	Для сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей малых толщин марок Ст3, 10, 20 и др. Могут применяться для сварки водопроводных труб, газопроводов малого давления
АНО-ТМ	–	–	–	–	–	2,0	250	–		~, =	Для сварки неповоротных стыков нефтегазопроводов из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, а также для сварки конструкций морских стационарных платформ
						2,5	300				
						3,0	350				

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN						
АНО-ТМ/Н	–	–	–	–	–	3,25	350 (450)	–		~, =	Для сварки неповоротных стыков нефтегазопроводов из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, а также для сварки конструкций морских стационарных платформ
						4,0	450				
						5,0	450				
АНО-ТМ/СХ	Э50 А	Е 7016	Е 43 3 В 26	Е 43 32 В 26	–	–	–	–		~, =/+/; 70	Для сварки стыковых соединений магистральных трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности 490–590 МПа (корневые слои) и 490–540 МПа (заполняющие и облицовочные проходы)
АНО-ТМ60	Э60	Е 8016-G	–	EY 46 43 1NiMo В 26	–	–	–	–		~, =/+/; 70	Для сварки стыковых соединений магистральных трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности более 588 МПа (корневые слои) и 540–650 МПа (заполняющие и облицовочные проходы)
АНО-ТМ70	Э70	Е 10016-G	–	EY 55 32 1NiMo В 26	–	–	–	–		~, =/+/; 70	Для сварки стыковых соединений магистральных трубопроводов из низколегированных сталей с пределом прочности более 685 МПа
ОЗС-3	Э46	Е6014	Е432RR16046	Е4320RR11160	Е38ARR74	3,0	350	20		~, =/+/	Высокопроизводительная сварка ответственных конструкций из углеродистых сталей с временным сопротивлением до 450 Дж/см^2 в нижнем положении шва переменным током и постоянным током обратной полярности
						4,0	450	9			
						5,0	450	5			
ОЗС-4	Э46	Е6013	Е433R25	Е4330R3	–	3,0	350	38		~, =/–/	Сварка конструкций из углеродистых сталей с временным сопротивлением до 450 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой полярности
						4,0	450	19			
						5,0	450	13			

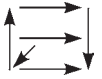
Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN						
ОЗС-4И	Э46	E6013	E433AR24	E4330AR7	E38AR12	3,0	350	39		~, =	Сварка ответственных конструкций из углеродистых сталей с временным сопротивлением до 450 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой и обратной полярности. Пригодны для сварки влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов и других загрязнений металлов
						4,0	450	16			
ОЗС-4Т	Э46	E6013	–	E4332R(B)7	E422RB12	2,5	–	–		~, =/–/	Для сварки переменным и постоянным токами прямой полярности конструкций из углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,25%
						3,0	–	–			
						4,0	–	–			
						5,0	–	–			
						6,0	–	–			
АНО-4Т	Э46	E6013	–	E4332R(B)7	E422RB12	2,5	–	–		~, =/+/	Для сварки переменным и постоянным токами обратной полярности конструкций из углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,25%
						3,0	–	–			
						4,0	–	–			
						5,0	–	–			
						6,0	–	–			
МР-3	Э46	E 6012	E 43 2 R 26	E 43 32 R 26	–	–	–	–		~, =/+/; 60	Для сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей марок Ст3, 10, 20 и др.
МР-3М	Э46	E6012	–	–	–	3,0	350	39		~, =	Сварка конструкций из углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,25% во всех пространственных положениях шва переменным и постоянным током (напряжение холостого хода не менее 65 В)
						4,0	450	16			
						5,0	450	11			

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN						
МР-3Т	Э46	E6013	–	E4332R(B)7	E422RB12	2,5	–	–		~, =/+/	Для сварки переменным и постоянным токами обратной полярности конструкций из углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,25%
						3	–	–			
						4	–	–			
						5	–	–			
						6	–	–			
МР-3С	Э46	–	–	–	–	–	–	–		~, =/+/; 70	Электроды предназначены для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с пределом прочности до 450 МПа
ОЗС-4 А	Э46	–	–	–	–	–	–	–		~, =/+/; 70	Электроды предназначены для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с пределом прочности до 450 МПа
ВН-02-00	Э46	–	–	–	–	–	–	–		~, =/+/; 50	Электроды предназначены для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с пределом прочности до 450 МПа
ОЗС-4С	Э46	–	–	–	–	–	–	–		~, =/+/; 70	Электроды предназначены для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с пределом прочности до 450 МПа

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN						
ОЗС-6	Э46	E6020	E430RR12023	E4300RR11120	E38ARR32	3,0	350	30		~, =/+/	Сварка конструкций из углеродистых сталей с временным сопротивлением до 450 Дж/см^2, когда требуется повышенная производительность сварки в нижнем положение шва
						4,0	450	15			
						5,0	450	10			
ОЗС-12	Э46	E6013	E433R12	E4330R3	E38AR12	2,0	300	94		~, =/–/	Сварка ответственных конструкций из углеродистых сталей с временным сопротивлением до 450 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой полярности. Особенно пригодны для сварки металлоконструкций в труднодоступных местах и неповоротных стыков труб, выполнения швов малой протяженности и постановки прихваток. Электродами малого диаметра возможна сварка от источников питания, включенных в бытовую сеть
						2,5	350	53			
						3,0	350	36			
						4,0	450	17			
						5,0	450	12			
ОЗС-12И	Э46	E6013	E433AR24	E4330AR7	–	3,0	350	39		~, =	Сварка ответственных конструкций из углеродистых сталей с временным сопротивлением до 450 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой и обратной полярности. Пригодны для сварки влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов и других загрязнений металлов
						4,0	450				
						5,0	450				

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN						
ОЗС-12И/42	Э42	E6013	433AR25	4330AR7	–	3,0	350	39		~, =/–/	Сварка конструкций из низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением до 410 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой полярности
						4,0	450	16			
						5,0	450	11			
ОЗС-17Н	Э46	E6024	E430RR11045	E4300RR11120	–	4,0	450	15		~	Сварка наклонным электродом угловых и тавровых соединений конструкций из углеродистых сталей в нижнем положении шва переменным током
						5,0	450–700	7 (для длины 600 мм)			
УОНИ-13/55К	Э46 А	E6015	E433B20H	E4330B10H	E38AB22H10	3,0	350	40		=/+/	Сварка особо ответственных жестких конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, работающих при знакопеременных нагрузках и пониженных температурах, в частности, в дизелестроении. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						4,0	450	17			
						5,0	450	11			
УОНИ-13/55	Э50 А	E7015	E514B20	E5140B10	E380B22H10	2,0	300	98		=/+/	Сварка особо ответственных конструкций из углеродистых (типа 08, 20, 20Л, Ст3, Ст4) и низколегированных сталей (типа 16ГС, 09Г2С) с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа, когда к металлу швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости, в частности, при работе в условиях пониженных температур. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						2,5	350	55			
						3,0	350	40			
						4,0	450	15			
						5,0	450	11			

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN						
УОНИ-13/55Т	Э50 А	E7018	E515B12026H	E423B42H10	–	3,0	350	34		~, =/+/	Сварка особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности
						4,0	450	15			
						5,0	450	9			
УОНИ-13/55Г	Э50 А	E7015	E514B20	E5140B10	–	3,0	350	40		=/+/	Сварка особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						4,0	450	16			
УОНИ-13/55СМ	–	–	–	–	–	5,0	450	–		=/+/	Для сварки особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей. Рекомендуется для сварки конструкций, работающих в условиях пониженных температур
ВСФ-65М	–	–	–	–	–	3,0	350	–		=/+/	Для сварки заполняющего и облицовочного слоев шва стыков труб из низкоуглеродистых сталей при строительстве магистральных трубопроводов, работающих во всех климатических зонах
						4,0	450				
						5,0	450				
ВСО-50СК-М	–	–	–	–	–	3,0	350	–		=/+/	Для сварки во всех пространственных положениях, в т. ч. способом сверху вниз и снизу вверх корневого слоя шва стыков трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN						
ОЗС-21	Э46	E6013	E434AR26	E4340AR7	–	3,0	350	37		=/+/	Сварка конструкций из углеродистых сталей с временным сопротивлением до 450 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности
						4,0	450	17			
						5,0	450	11			
ОЗС-23	Э42	E6013	430R23	E4300R3	–	2,0	300	98		~, =/+/	Сварка конструкций и деталей из тонколистовых (толщина 1–3 мм) углеродистых сталей с временным сопротивлением до 410 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности
						2,5	350	55			
						3,0	350	36			
ОЗС-28	Э50 А	E7016	E433S24	E4330B(R)10	–	3,0	350	32		~, =	Сварка ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой и обратной полярности
						4,0	450	14			
						5,0	450	9			
ОЗС-33	Э50 А	E7016	E514B24	E5140B10	E38AB12H10	3,0	350	39		~, =/+/	Сварка особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа, когда к металлу сварных швов предъявляются повышенные требования по пластичности, ударной вязкости и стойкости к образованию трещин при нормальной и пониженной (до –40 °С) температурах
						4,0	450	17			
						5,0	450	11			
ОЗС-41	Э38	–	–	–	–	3,0	350	39		~, =	Сварка рядовых конструкций из низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением до 370 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой и обратной полярности
						4,0	450	16			
						5,0	450	11			

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN						
ОЗС-42	Э42	E6013	E432AR24	E4320AR7	–	3,0	350	41		~, =	Сварка конструкций из низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением до 410 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой и обратной полярности
						4,0	450	17			
						5,0	450	11			
УОНИ-13/65	Э60	E8015	E513B20	E5130B10	E50AB22H10	2,0	300	97		=/+/	Сварка особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением до 590 Дж/см^2. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						2,5	350	53			
						3,0	350	39			
						4,0	450	16			
						5,0	450	10			
ВИ-10-6 / Св-08 А	Э60	E8015	E513B20	E5130B10	–	2,0	300	100		=/+/	Сварка особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением до 590 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						2,5	350	54			
						3,0	350	38			
						4,0	450	16			
						5,0	450	11			

3.3.2. Характеристики электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей общего назначения

ОМА-2

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э42-мМА-2-}\varnothing\text{-УС}}{\text{Е410-АЦ16}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — кисло-целлюлозное.
- Коэффициент наплавки — 8,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 3,0 мм) — 0,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	465
	Угол изгиба, градус	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,11
	Кремний	0,12
	Марганец	0,28
	Сера	0,019
	Фосфор	0,027

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–70
2,5	50–80
3,0	60–120

Особые свойства электродов:
- Обладают малой проплавляющей способностью.
- Позволяют производить сварку по окисленной поверхности.

Технологические особенности сварки:
- Допускается сварка удлиненной дугой.
- Прокалка перед сваркой: 120 °С; 1 ч.

Огонек

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ТУ 14-168-77—94:

$$\frac{\text{Э42-мгонек-}\varnothing\text{-УС}}{\text{Е410-т16}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 6,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки — 0,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,9 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	450
	Угол изгиба, градус	170
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,20
	Марганец	0,50
	Фосфор	0,035
	Сера	0,030

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	45–70

Особые свойства: позволяет выполнять сварку способом сверху вниз.
Технологические особенности сварки:
- Сварку производить на средней длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 100—150 °С в течение 0,5 ч.

ОЗС-23

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э42-мЗС-23-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е410-т23}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 3,0 мм) — 0,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	440
	Предел текучести, МПа	350
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,13
	Марганец	0,50
	Фосфор	0,025
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–90
2,5	50–100
3,0	70–120

Особые свойства:
- Позволяют производить сварку от источников питания, включаемых в бытовую электросеть.

Технологические особенности сварки:
- Рекомендуются максимальные значения сварочного тока.
- Прокалка перед сваркой: 120—160 °С в течение 0,5 ч.

УОНИ-13/45

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75 или ТУУ 05416923.015—96:

$$\frac{\text{Э42-мЗС-23-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е410-т23}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 3,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.
- Марка проволоки Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗУОНИ-13/45	УОНИ-13/45
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	450	460
	Предел текучести, МПа	–	350
	Относительное удлинение, %	22	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	147	200
	KCV, Дж/см^2 при температуре –30 °С	–	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08–0,11	0,09
	Кремний	0,2–0,3	0,23
	Марганец	0,45–0,80	0,57
	Сера	Не более 0,03	0,25
	Фосфор	Не более 0,035	0,027

Рекомендуемые значения сварочного тока для электродов УОНИ-13/45:

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–80
2,5	50–100
3,0	60–130
4,0	110–180
5,0	130–220

Рекомендуемые значения сварочного тока для электродов ЛЭЗУОНИ-13/45, (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	80–100	70–90	70–90
4,0	130–160	130–140	130–140
5,0	180–220	160–180	–

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода.
- Электроды чувствительны к образованию пористости при наличии ржавчины и масла на кромках свариваемых деталей, а также при удлинении длины дуги.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 380—400 °С в течение 1,5 ч.

УОНИ-13/45СМ

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	410
	Относительное удлинение, %	26, 22
	Ударная вязкость, Дж/см^2	147, 160
	Угол загиба, град.	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,11
	Кремний	0,12–0,25
	Марганец	0,57
	Сера	<0,030
	Фосфор	<0,035

УОНИ-13/45 А

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	430–530
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	160
	Угол загиба, град.	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,11
	Кремний	0,18–0,35
	Марганец	0,35–0,65
	Сера	<0,030
	Фосфор	<0,030

УОНИ-13/45М

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	490–568
	Относительное удлинение, %	23
	Ударная вязкость, Дж/см^2	178
	Угол загиба, град.	150
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,10
	Кремний	0,25–0,50
	Марганец	0,75–1,2
	Сера	<0,025
	Фосфор	<0,035

АНО-4

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, или ТУУ 05416923.001—95:

$$\frac{\text{Э46-Анм-4-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3)-т21}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,62 кг/ч.
- Выход наплавленного металла, % — 92,0.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,70 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	450
	Предел текучести, Н/см^2	–
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	78
	KCV, Дж/см^2 при температуре –20 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,10
	Кремний	Не более 0,20
	Марганец	0,55–0,80
	Сера	Не более 0,040
	Фосфор	Не более 0,045

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	100–140	90–110	100–120
4,0	170–210	140–150	140–170
5,0	190–270	150–170	–

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают получение бездефектного шва при сварке на повышенных режимах.
- Электроды обеспечивают хорошее формирование металла шва, высокую стойкость металла шва против образования пористости и горячих трещин.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 180 °С в течение 1,0 ч.

АНО-6

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, или ТУУ 05416923.010—95:

$$\frac{\text{Э42-Анм-6-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 410 (1)-т21}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое (на основе ильменитового концентрата).
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,68 кг/ч.
- Выход наплавленного металла, % — 93,0.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,65 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	410
	Предел текучести, Н/см^2	–
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	78
	KCV, Дж/см^2 при температуре +20 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,10
	Кремний	Не более 0,20
	Марганец	0,55–0,80
	Сера	Не более 0,040
	Фосфор	Не более 0,045

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	100–140	90–110	100–120
4,0	170–210	140–150	140–170
5,0	190–270	150–170	–

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают высокую стойкость металла шва против образования дефектов при сварке по ржавчине.
- Электроды обеспечивают хорошее формирование металла шва, высокую стойкость металла шва против образования пористости и горячих трещин.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 180 °С в течение 1,0 ч.

АНО-11

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, или ТУ 26-0112-748—97:

$$\frac{\text{Э-50А-Анм-11-}\varnothing\text{–УД}}{\text{Е515-з}\text{б}26}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Проволока — Св-08 А.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	530
	Предел текучести, Н/см^2	Не менее 410–440
	Относительное удлинение, %	28
	Ударная вязкость, Дж/см^2	200–250
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,070
	Кремний	0,27
	Марганец	0,95
	Сера	0,020
	Фосфор	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	100–140
4,0	130–200
5,0	160–270

Особые свойства:
- Сварку можно вести короткой и предельно короткой дугой (сварка опиранием) по зачищенным кромкам.

АНО-21

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, или ТУ 05416923.001—95:

$$\frac{\text{Э42-Анм-21-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 432 (3)-т11}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутил-целлюлозное.
- Производительность наплавки (для диаметра 3,0 мм) — 0,84 кг/ч.
- Выход наплавленного металла, % — 95,0.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,65 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	450
	Предел текучести, Н/см^2	–
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	78
	KCV, Дж/см^2 при температуре –20 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,10
	Кремний	Не более 0,30
	Марганец	0,50–0,80
	Сера	Не более 0,040
	Фосфор	Не более 0,045

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,0	50–90	50–70	70–90
2,5	60–110	60–90	80–100
3,0	90–140	80–100	100–130

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают легкое зажигание дуги.
- Электроды обеспечивают мелкочешуйчатое формирование металла шва.

Технологические особенности сварки:
- Электроды обеспечивают хорошие сварочно-технологические свойства при сварке от малогабаритных (бытовых) трансформаторов.
- Легкая или самопроизвольная отделимость шлаковой корки.
- Прокалка перед сваркой: 120 °С в течение 40 мин.

АНО-ТМ

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	510
	Относительное удлинение, %	22
	Ударная вязкость, Дж/см^2	127
	Угол загиба, град.	150
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,10
	Кремний	0,2–0,50
	Марганец	0,80–1,20
	Сера	<0,030
	Фосфор	<0,030

АНО-ТМ/Н

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	510
	Относительное удлинение, %	22
	Ударная вязкость, Дж/см^2	127
	Угол загиба, град.	150
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,10
	Кремний	0,18–0,5
	Марганец	0,80–1,20
	Никель	0,50–0,70
	Сера	<0,025
	Фосфор	<0,030

АНО-ТМ/СХ

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, или ТУУ 05416923.011—96:

$$\frac{\text{Э50А-Анм-ТМ/СХ-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е433-з26}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,62 кг/ч.
- Выход наплавленного металла, % — 95,0.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,60 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	490
	Предел текучести, Н/см^2	–
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	127
	KCV, Дж/см^2 при температуре –20 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,10
	Кремний	0,20–0,50
	Марганец	0,80–1,20
	Сера	Не более 0,030
	Фосфор	Не более 0,035

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	70–120	60–110	80–120
4,0	140–200	120–150	130–170
5,0	190–230	160–180	–

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают качественное формирование обратного валика корневого слоя шва с плавным переходом к основному металлу, в связи с чем подварка корня трубы изнутри не требуется.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 380—400 °С в течение 2,0 ч.

АНО-ТМ60

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, или ТУУ 05416923.012—96:

$$\frac{\text{Э60-Анм-ТМ60-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е 08днМ-4 з 26т11}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,62 кг/ч.
- Выход наплавленного металла, % — 95,0.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,60 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	588
	Предел текучести, Н/см^2	–
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	98
	KCV, Дж/см^2 при температуре –30 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,10
	Кремний	0,20–0,50
	Марганец	0,80–1,20
	Никель	0,50–0,90
	Молибден	0,20–0,40
	Сера	Не более 0,030
	Фосфор	Не более 0,030

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	70–120	60–110	80–120
4,0	140–200	120–150	130–170
5,0	190–230	160–180	–

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают качественное формирование обратного валика корневого слоя шва с плавным переходом к основному металлу, в связи с чем подварка корня трубы изнутри не требуется.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 380—400 °С в течение 2,0 ч.

АНО-ТМ70

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, или ТУУ 05416923.012—96:

$$\frac{\text{Э70-Анм-ТМ70-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е 08дн1М1-3 з 26}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,62 кг/ч.

- Выход наплавленного металла, % — 95,0.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,60 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	688
	Предел текучести, Н/см^2	–
	Относительное удлинение, %	14
	Ударная вязкость, Дж/см^2	59
	KCV, Дж/см^2 при температуре –20 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,10
	Кремний	0,20–0,50
	Марганец	0,80–1,20
	Никель	0,80–1,20
	Молибден	0,70–1,00
	Сера	Не более 0,030
	Фосфор	Не более 0,030

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	70–120	60–110	80–120
4,0	140–200	120–150	130–170
5,0	190–230	160–180	–

Особые свойства:

- Электроды обеспечивают качественное формирование обратного валика корневого слоя шва с плавным переходом к основному металлу, в связи с чем подварка корня трубы изнутри не требуется.

Технологические особенности сварки:

- Прокалка перед сваркой: 380—400 °С в течение 2,0 ч.

ОЗС-3

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э70-Анм-ТМ70-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е 08дн1М1-3з 26}}.$$

Характеристики электродов:

- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 15 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 3,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,3 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	490
	Предел текучести, МПа	390
	Относительное удлинение, %	27
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,20
	Марганец	0,60
	Фосфор	0,030
	Сера	0,030

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	150–210
4,0	180–240
5,0	240–320

Особые свойства:
- Обеспечивают высокую производительность процесса сварки.
- Допускают сварку по окисленной поверхности.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой и предельно короткой длине дуги (опиранием).
- Прокалка перед сваркой: 150—170 °С в течение 1 ч.

ОЗС-4

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46-мЗС-4-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3)-т25}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 9,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	520
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	137
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,15
	Марганец	0,65
	Фосфор	0,026
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–120
4,0	110–180
5,0	150–250

Особые свойства:
- Позволяют производить сварку по окисленной поверхности.

Технологические особенности сварки:
- Допускается сварка удлиненной дугой.
- Прокалка перед сваркой: 120—160 °С в течение 0,7 ч.

ОЗС-4И

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46-3мС-4С-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3)-Ат24}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — ильменитовое.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	490
	Предел текучести, МПа	410
	Относительное удлинение, %	27
	Ударная вязкость, Дж/см^2	110
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,08
	Марганец	0,52
	Фосфор	0,033
	Сера	0,025

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	80–150
4,0	110–230
5,0	130–280

Особые свойства:
- Допускают сварку влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов и других загрязнений металла.
- Имеют повышенную производительность процесса сварки.

Технологические особенности сварки:
- Сварку конструкций средних и больших толщин в нижнем положении производят на повышенных режимах с наклоном электрода в сторону направления сварки (углом назад).
- Рекомендуется средняя длина дуги.
- Прокалка перед сваркой: 140—180 °С в течение 0,5 ч.

ОЗС-4Т

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46-оЭЗмЗС-4Т-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3)-тА26}}.$$

Характеристики электродов:
- Коэффициент наплавки, г/А·ч — 8,5—9,5
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла, — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	450
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08–0,12
	Кремний	0,2–0,3
	Марганец	0,55–0,80
	Фосфор	Не более 0,045
	Сера	Не более 0,04

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	70–90	60–100	60–100
3,0	100–140	80–100	80–100
4,0	160–220	140–180	140–180
5,0	170–260	160–200	–
6,0	270–320	–	–

АНО-4Т

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46-оЭЗАнм-4Т-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3)-тА26}}.$$

Характеристики плавления электродов:
- Коэффициент наплавки, г/А·ч — 8,0—9,0
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла, — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	450
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08–0,10
	Кремний	0,08–0,18
	Марганец	0,6–0,8
	Фосфор	Не более 0,045
	Сера	Не более 0,04

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	70–90	60–100	60–100
3,0	100–140	80–100	80–100
4,0	160–220	140–180	140–180
5,0	170–260	160–200	–
6,0	270–320	–	–

МР-3

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14288312.001—96:

$$\frac{\text{Э46-Мт-3-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3)-т26}}$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,41 кг/ч.
- Выход наплавленного металла — 90,0%.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,70 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	450
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	78
	KCV, Дж/см^2 при температуре –20 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	≤0,1
	Кремний	≤0,20
	Марганец	0,50–0,80
	Фосфор	≤0,040
	Сера	≤0,045

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	100–140	80–100	80–110
4,0	160–220	140–180	140–180
5,0	180–260	160–200	–

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают хорошее формирование металла шва.
- Электроды обеспечивают высокую стойкость металла шва против образования пористости и горячих трещин.

Технологические особенности сварки:
- При сварке на повышенных режимах в шве возможно образование пор.
- Прокалка перед сваркой: 180 °С в течение 1,0 ч.

МР-3М

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75,
ТУ 1272-102-36534674—98:

$$\frac{\text{Э46-Мт-3М-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430-т26}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-ильменитовое.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	471
	Предел текучести, МПа	373
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	150
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,11
	Кремний	0,17
	Марганец	0,35
	Фосфор	≤0,040
	Сера	≤0,040

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	80–140
4,0	120–170
5,0	130–240

Особые свойства:
- Допускают сварку влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов и других загрязнений металла.
- Имеют повышенную производительность процесса сварки.

Технологические особенности сварки:
- Сварку конструкций средних и больших толщин в нижнем положении производят на повышенных режимах с наклоном электрода в сторону направления сварки (углом назад).
- Рекомендуется средняя длина дуги.
- Прокалка перед сваркой: 140—180 °С в течение 0,5 ч.

МР-3Т

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ТУ 1272-102-36534674—98:

$$\frac{\text{Э46-МТ-3Т-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3)-тА26}}.$$

Характеристики электродов:
- Коэффициент наплавки, г/А·ч — 7,5—8,0.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла, кг — 1,7.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	450
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09–0,11
	Кремний	0,07–0,20
	Марганец	0,45–0,80
	Фосфор	Не более 0,045
	Сера	Не более 0,04

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	70–90	60–100	60–100
3,0	100–140	80–100	80–100
4,0	160–220	140–180	140–180
5,0	170–260	160–200	–
6,0	270–320	–	–

Особые свойства:
- Сварку можно вести длинной, средней, короткой и предельно короткой дугой (сварка опиранием), на переменном или постоянном токе.

МР-3С

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ТУ 1272-029-122.84528—99:

$$\frac{\text{Э46-Мт-3С-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3)-т23}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие электродов — ильменитовое.
- Проволока — СВ-08 или СВ-08 А.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	480
	Предел текучести, МПа	Не менее 400–430
	Относительное удлинение, %	23
	Ударная вязкость, Дж/см^2	90–130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,100
	Кремний	0,12
	Марганец	0,37
	Фосфор	0,031
	Сера	0,038

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–100
4,0	140–160
5,0	160–240

Особые свойства:
- Сварку можно вести длинной, средней, короткой и предельно короткой дугой (сварка опиранием), на переменном или постоянном токе.
- Не чувствителены к ржавчине и поверхностным загрязнением.

ОЗС-4 А

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ТУ 1272-029-122.84528—99:

$$\frac{\text{Э46-мЗС-4А-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3)-Ат26}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие электродов — ильменитовое.
- Проволока — СВ-08 или СВ-08 А.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	450
	Предел текучести, МПа	Не менее 400–430
	Относительное удлинение, %	29
	Ударная вязкость, Дж/см^2	90–140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,100
	Кремний	0,12
	Марганец	0,40
	Фосфор	0,025
	Сера	0,030

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–140
4,0	130–200
5,0	160–270

Особые свойства:
- Сварку можно вести длинной, средней, короткой и предельно короткой дугой (сварка опиранием), на переменном или постоянном токе.
- Не чувствителены к ржавчине и поверхностным загрязнением.

ВН-02-00

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ТУ 1272-029-122.84528—99:

$$\frac{\text{Э46-мЗС-4С-Ø-УД}}{\text{Е 430 (3)-Ат23}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие электродов — ильменитовое.
- Проволока — СВ-08.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	
	Предел текучести, МПа	Не менее 400–430
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	98
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,12
	Кремний	0,10
	Марганец	0,60
	Фосфор	0,045
	Сера	0,040

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–140
4,0	120–200
5,0	150–250

ОЗС-4С

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ТУ 1272-029-122.84528—99:

$$\frac{\text{Э46-мЗС-4С-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3)-Ат26}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие электродов — ильменитовое.
- Проволока — СВ-08 или СВ-08 А.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	460
	Предел текучести, МПа	Не менее 400–430
	Относительное удлинение, %	27
	Ударная вязкость, Дж/см^2	90–130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,100
	Кремний	0,08
	Марганец	0,52
	Фосфор	0,025
	Сера	0,035

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–100
4,0	150–180
5,0	170–250

Особые свойства:
- Сварку можно вести длинной, средней, короткой и предельно короткой дугой (сварка опиранием), на переменном или постоянном токе.
- Не чувствителены к ржавчине и поверхностным загрязнением.

ОЗС-6

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46-мЗС-6-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 тб23}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	480
	Предел текучести, МПа	390
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,16
	Марганец	0,55
	Фосфор	0,030
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–130
4,0	100–210
5,0	150–280

Особые свойства:
- Позволяют производить сварку по окисленной поверхности.
- Имеют повышенную производительность процесса сварки.

Технологические особенности сварки:
- Допускается сварка удлиненной дугой.
- Прокалка перед сваркой: 150—180 °С в течение 1 ч.

ОЗС-12

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75; ТУ-14-4-782—76 или ОСТ 5.9224—75:

$$\frac{\text{Э46-мЗС-12-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 431 (3) т12}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,2 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗОЗС-12	ОЗС-12
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	450	510
	Предел текучести, МПа	–	420
	Относительное удлинение, %	18	25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	80	137
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,1	0,09
	Кремний	0,1–0,2	0,15
	Марганец	0,5–0,7	0,60
	Фосфор	Не более 0,045	0,026
	Сера	Не более 0,04	0,017

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва			
	нижнее	вертикальное	потолочное	сверху вниз
3,0	90–110	80–90	80–90	100–120
4,0	130–160	120–150	120–140	130–150
5,0	160–200	150–180	–	–

Особые свойства:
- Обеспечивают легкость ведения процесса сварки, в том числе при выполнении швов в потолочном положении и при постановке прихваток, а также при сварке неповоротных стыков трубопроводов.
- Позволяют выполнять сварку на предельно низких токах, а для электродов малого диаметра — от источников питания, включаемых в бытовую электросеть.
- Имеют повышенную эффективность при сварке тавровых соединений с гарантированным получением вогнутых швов.
- Допускают сварку по окисленной поверхности.

Технологические особенности сварки:
- Допускается сварка удлиненной дугой.
- Прокалка перед сваркой: 150—180 °С в течение 0,5 ч.

ОЗС-12И

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46-м3С-12С-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3) Ат26}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — ильменитовое.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.

- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	500
	Предел текучести, МПа	420
	Относительное удлинение, %	27
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,09
	Марганец	0,55
	Фосфор	0,034
	Сера	0,024

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	80–150
4,0	110–230
5,0	130–280

Особые свойства:
- Допускают сварку влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов и других загрязнений металла.
- Имеют повышенную производительность процесса сварки.

Технологические особенности сварки:
- Сварку конструкций средних и больших толщин в нижнем положении производят на повышенных режимах с наклоном электрода в сторону направления сварки (углом назад).
- Рекомендуется средняя длина дуги.
- Прокалка перед сваркой: 140—180 °С в течение 0,5 ч.

ОЗС-12И/42

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э42-мЗС-12С/42-б-УД}}{\text{Е 412(3)-Ат25}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — ильменитовое.
- Коэффициент наплавки — 8,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	440
	Предел текучести, МПа	370
	Относительное удлинение, %	28
	Ударная вязкость, Дж/см^2	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,1
	Марганец	0,45
	Фосфор	0,030
	Сера	0,022

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	80–140
4,0	110–220
5,0	130–260

Особые свойства:
- Допускают сварку влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов и других загрязнений металла.

Технологические особенности сварки:
- Сварку конструкций средних и больших толщин в нижнем положении производят на повышенных режимах с наклоном электрода в сторону направления сварки (углом назад).
- Рекомендуется средняя длина дуги.
- Прокалка перед сваркой: 120—160 °С в течение 0,5 ч.

ОЗС-17Н

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46-мЗС-17н-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 тб45}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	500
	Предел текучести, МПа	415
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,15
	Марганец	0,63
	Фосфор	0,032
	Сера	0,030

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	150–160
5,0	200–230

Особые свойства:
- Для автоматического возбуждения дуги контактный торец электрода покрыт специальной пастой.
- Электроды могут быть использованы для сварки ручным способом в нижнем положении шва переменным током и постоянным током прямой полярности.

Технологические особенности сварки:
- Сварку наклонным электродом производят с применением специальных установок.
- Прокалка перед сваркой: 150—180 °С в течение 0,7 ч.

УОНИ-13/55К

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ТУ-14-4-784—76:

$$\frac{\text{Э46А-УмнС-13/55ж-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 433 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.
- Марка проволоки: Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	490
	Предел текучести, МПа	400
	Относительное удлинение, %	28
	Ударная вязкость, Дж/см^2	230
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,24
	Марганец	0,58
	Фосфор	0,024
	Сера	0,016

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–130
4,0	100–180
5,0	140–220

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 250—300 °С в течение 1 ч.

УОНИ-13/55

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75 или ТУУ 05416923.015—96:

$$\frac{\text{Э50А-УмнС-13/55-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 514 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗУОНИ-13/55	УОНИ-13/55
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	490	540
	Предел текучести, МПа	–	410
	Относительное удлинение, %	20	29
	Ударная вязкость, Дж/см^2	130	127–260
	KCV, Дж/см^2 при температуре –30 °С	–	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08–0,11	≤0,11
	Кремний	0,2–0,5	0,18–0,50
	Марганец	0,8–1,2	0,65–1,20
	Фосфор	Не более 0,035	
	Сера	Не более 0,03	

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–90
2,5	50–100

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	90–120	80–100	70–90
4,0	130–150	110–130	130–140
5,0	180–210	160–180	–

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода.
- Электроды чувствительны к образованию пористости при наличии ржавчины и масла на кромках свариваемых деталей, а также при удлинении длины дуги.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 380—400 °С в течение 1,5 ч.

УОНИ-13/55Т

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э50А-УмнС-13/55Т-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 515-тб26}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Предел текучести, МПа	450
	Относительное удлинение, %	28
	Ударная вязкость, Дж/см^2	230
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,45
	Марганец	1,0
	Фосфор	0,020
	Сера	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	100–140
4,0	150–200
5,0	190–260

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 250—300 °С в течение 1 ч.

УОНИ-13/55Г

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э50А-УмнС-13/55д-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е514-з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	550
	Предел текучести, МПа	420
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	200
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,25
	Марганец	0,90
	Фосфор	0,030
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–110
4,0	120–160

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 350 °С в течение 1 ч.

УОНИ-13/55СМ

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	510
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	127
	Угол загиба, град.	150

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,11
	Кремний	0,2–0,5
	Марганец	0,6–1,2
	Сера	<0,030
	Фосфор	<0,035

ВСФ-65М

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	590
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	98
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,11
	Кремний	0,2–0,5
	Марганец	1,0–1,5
	Молибден	0,2–0,4
	Сера	<0,030
	Фосфор	<0,035

ВСО-50СК-М

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	490
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	127
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,11
	Кремний	0,15–0,35
	Марганец	0,35–0,65
	Сера	<0,030
	Фосфор	<0,030

ОЗС-21

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46-мЗС-21-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (4) Ат23}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — ильменитовое.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	480
	Предел текучести, МПа	370
	Относительное удлинение, %	25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,08
	Марганец	0,55
	Фосфор	0,025
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	75–120
4,0	140–200
5,0	160–250

Особые свойства:
- Позволяют производить сварку по окисленной поверхности.

Технологические особенности сварки:
- Допускается сварка удлиненной дугой.
- Прокалка перед сваркой: 120—160 °С в течение 30—40 мин.

ОЗС-23

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э42-мЗС-23-б-УД}}{\text{Е 410 т23}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 3,0 мм) — 0,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	440
	Предел текучести, МПа	350
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,13
	Марганец	0,50
	Фосфор	0,025
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–90
2,5	50–100
3,0	70–120

Особые свойства:
- Позволяют производить сварку от источников питания, включаемых в бытовую электросеть.

Технологические особенности сварки:
- Рекомендуются максимальные значения сварочного тока.
- Прокалка перед сваркой: 120—160 °С в течение 0,5 ч.

ОЗС-28

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э50А-мЗС-28-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 432 (3) зтб24}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	520
	Предел текучести, МПа	450
	Относительное удлинение, %	28
	Ударная вязкость, Дж/см^2	225
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,20
	Марганец	0,68
	Фосфор	0,016
	Сера	0,013

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	100–140
4,0	140–200
5,0	240–260

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на предельно короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 200—250 °С в течение 1,5 ч.

ОЗС-33

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э50А-мЗС-33-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 514-з24}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	550
	Предел текучести, МПа	460
	Относительное удлинение, %	27
	Ударная вязкость, Дж/см^2	220
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,40
	Марганец	0,95
	Фосфор	0,021
	Сера	0,018

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	80–140
4,0	130–210
5,0	160–270

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 350—380 °С в течение 1 ч.

ОЗС-41

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э38-мЗС-41-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 370 Ат21}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — ильменитовое.
- Коэффициент наплавки — 8,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	430
	Предел текучести, МПа	35
	Относительное удлинение, %	25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	0,08
	Марганец	0,30
	Фосфор	0,035
	Сера	0,025

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	80–140
4,0	120–210
5,0	130–240

Особые свойства:
- Допускают сварку плохо очищенного от ржавчины и других загрязнений металла.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 140—180 °С в течение 0,5 ч.

ОЗС-42

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э42-мЗС-42-б-УД}}{\text{Е 410 (2) Ат24}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — ильменитовое.
- Коэффициент наплавки — 9,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	440
	Предел текучести, МПа	370
	Относительное удлинение, %	25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,11
	Кремний	0,09
	Марганец	0,40
	Фосфор	0,035
	Сера	0,025

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	80–130
4,0	100–190
5,0	130–210

Особые свойства:
- Обладают большой проплавляющей способностью.
- Допускают сварку плохо очищенного от ржавчины и других загрязнений металла.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 160—190 °С в течение 1 ч.

УОНИ-13/65

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75 или ОСТ 3-3080—93:

$$\frac{\text{Э60-УмнС-13/65-Ø-УД}}{\text{Е 513 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	630
	Предел текучести, МПа	500
	Относительное удлинение, %	24
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,13
	Кремний	0,45
	Марганец	1,25
	Фосфор	0,027
	Сера	0,017

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	35–65
2,5	50–100
3,0	60–120
4,0	110–180
5,0	130–230

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 250—300 °С в течение 1 ч.

ВИ-10-6 / Св-08 А

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75 или ОСТ 1.42049—80:

$$\frac{\text{Э60-еС-10-6/Св-08А-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 512(3)-з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 8,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,9 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	620
	Предел текучести, МПа	510
	Относительное удлинение, %	25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,6
	Марганец	0,9
	Молибден	0,4
	Фосфор	0,020
	Сера	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–80
2,5	50–100
3,0	80–130
4,0	140–180
5,0	160–250

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на предельно короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 300—350 °С в течение 1 ч.

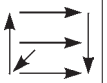
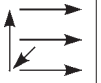
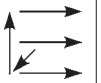
3.3.3. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей специализированного назначения

Табл. 3.2. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей специализированного назначения

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Область применения	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN							
ОЗС-17Н	Э46	E6024	E430RR11045	E4300RR11120	–	4,0	450	15		~	Сварка угловых и тавровых соединений конструкций из углеродистых сталей	Сварка переменным током наклонным электродом в нижнем положении шва
						5,0	450–700	7 (для длины 600 мм)				
ОЗС-30	Э46	E6013	E433R22	E4330R3	–	4,0	450	16		~, =/–/	Сварка ванн горячего цинкования	Сварка конструкций из углеродистых сталей с временным сопротивлением до 450 Дж/см^2, в т. ч. ванн горячего цинкования металла. Сварка во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой полярности
						5,0	450	11				
ОЗС-32	Э46	E6013	E433R26	E4330R3	E38AB12	3,0	350	38		~, =/+/	Сварка оцинкованных сталей	Сварка конструкций из углеродистых, в т. ч. оцинкованных, сталей с временным сопротивлением до 450 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности
						4,0	450	17				

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Область применения	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN							
ОЗС-18	Э50 А	E7015	E510B20	E5100B10	E46AB22H10	3,0	350	37		=/+/	Сварка атмосферо-коррозионно-стойких сталей типа 10ХНДП	Сварка ответственных конструкций из низколегированных сталей, стойких к атмосферной коррозии, марок 10ХСНД, 15ХСНД, 10ХНДП. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						4,0	450	18				
						5,0	450	10				
ОЗС-25	Э50 А	E7015	E515B20	E5150B10	E38AB22H10	2,5	350	53		=/+/	Сварка сталей с обеспечением хладостойкости металла шва до температуры минус 40 °С	Сварка ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением до 490 Дж/см^2, когда к металлу шва предъявляются повышенные требования пластичности и ударной вязкости, в том числе при пониженных температурах. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						3,0	350	37				
						4,0	450	16				
						5,0	450	11				
ОЗС/ВНИИСТ-27	Э55	E8015-C1	E515B20H	E5150B10H	–	3,0	340	38		=/+/	Сварка сталей с обеспечением хладостойкости металла шва до температуры минус 60 °С.	Сварка во всех пространственных положениях шва, кроме вертикального сверху вниз постоянным током обратной полярности
						4,0	430	18				

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Область применения	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN							
ОЗС-29	Э50 А	E7015	E515B20H	E5150B10H	–	4,0	440	16		=/+/	Сварка сталей с обеспечением хладостойкости металла шва до температуры минус 60 °С	Сварка ответственных конструкций из низколегированных сталей типа 09Г2С, когда к металлу швов предъявляют повышенные требования по ударной вязкости при температурах до –60 °С. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						5,0	440	11				
ОЗС-24М	Э60	E8015-C1	E515B20H	E5150B10H	E5063NiB22H10	3,0	340	37		=/+/	Сварка сталей с обеспечением хладостойкости металла шва до температуры минус 70 °С	Сварка особо ответственных конструкций из низколегированных сталей марок 06Г2НАБ, 12Г2 АФЮ, 10ХГНМАЮ и др., когда к металлу шва предъявляют повышенные требования по ударной вязкости при температуре до –70 °С. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						4,0	430	20				
УОНИ-13/55У	Э55	E8016	E513B26	E5130B10	E46AB12H15	3,0	–	–		~, =	Сварка стержней арматуры железобетонных конструкций и рельсов	Сварка стержней арматуры железобетонных конструкций и рельсов из углеродистых и низколегированных сталей марок Ст5, 18Г2С, 25ГС, 15ГС и др. Сварка во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током прямой и обратной полярности
						4,0	450	16				
						5,0	450	11				

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Область применения	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN	EN							
ВСЦ-4М	Э42	E6010	E433C14	E4330C4	E35AC21	4,0	450	19		=	Сварка стыков трубопроводов	Сварка корневого слоя шва и «горячего» прохода стыков трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением до 590 Дж/см^2. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током прямой и обратной полярности
ТМУ-21У	Э50 А	E7015	E430B20	E4300B10	E42AB22H10	3,0	350	37		=/+/	Сварка стыков трубопроводов	Сварка стыков трубопроводов и других ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей 15ГС, 16ГС, 09Г2С во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						4,0	450	16				
						5,0	450	11				
ВСФ-65У	Э60	E8015	E515B20	E5150B10	E50AB22H10	4,0	450	17		=/+/	Сварка стыков трубопроводов	Сварка стыков трубопроводов и других ответственных конструкций из низколегированных сталей с временным сопротивлением до 590 Дж/см^2. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
						5,0	450	10				

3.3.4. Характеристики электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей специализированного назначения

ОЗС-17Н

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46-мЗС-17н-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 тб45}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	500
	Предел текучести, МПа	415
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,15
	Марганец	0,63
	Фосфор	0,032
	Сера	0,030

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	150–160
5,0	200–230

Особые свойства:
- Для автоматического возбуждения дуги контактный торец электрода покрыт специальной пастой.
- Электроды могут быть использованы для сварки ручным способом в нижнем положении шва переменным током и постоянным током прямой полярности.

Технологические особенности сварки:
- Сварку наклонным электродом производят с применением специальных установок.
- Прокалка перед сваркой: 150—180 °С в течение 0,7 ч.

ОЗС-30

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46-мЗС-30-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3) т22}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 8,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,2 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	490
	Предел текучести, МПа	420
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,09
	Марганец	0,55
	Фосфор	0,025
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	110–180
5,0	140–230

Особые свойства:
- Допускают сварку по окисленной поверхности.

Технологические особенности сварки:
- Допускается сварка удлиненной дугой.
- Прокалка перед сваркой: 120—160 °С в течение 0,7 ч.

ОЗС-32

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э46мЗС-32-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 (3) т26}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	510
	Предел текучести, МПа	440
	Относительное удлинение, %	24
	Ударная вязкость, Дж/см^2	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,15
	Марганец	0,60
	Фосфор	0,030
	Сера	0,025

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–130
4,0	120–190

Особые свойства:
- Допускают сварку по окисленной поверхности.
- Эффективны при сварке оцинкованного металла.

Технологические особенности сварки:
- Допускается сварка удлиненной дугой.
- Прокалка перед сваркой: 120—160 °С в течение 0,7 ч.

ОЗС-18

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ТУ 14-4-804—77:

$$\frac{\text{Э50А-мЗС-18-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 510 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Предел текучести, МПа	450
	Относительное удлинение, %	25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	190
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,25
	Марганец	0,85
	Никель	0,40
	Хром	1,0
	Медь	0,47
	Фосфор	0,020
	Сера	0,016

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–130
4,0	120–190
5,0	130–210

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к атмосферной коррозии (на уровне стали 10ХНДП) и низким содержанием водорода.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой и предельно короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 250—300 °С в течение 1 ч.

ОЗС-25

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э50А-мЗС-25-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 515 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Предел текучести, МПа	400
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	230
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,25
	Марганец	0,80
	Фосфор	0,025
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	50–90
3,0	60–130
4,0	110–210
5,0	160–230

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой хладостойкостью: при −40 °С KCV = 90—120 Дж/см^2.
- Допускают сварку по окисленной поверхности.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой и предельно короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 250—300 °С в течение 1 ч.

ОЗС / ВНИИСТ-27

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ТУ 1272-087-00187197—96:

$$\frac{\text{Э55-мЗС/енСССТ-27-б-УД}}{\text{Е 517 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	580
	Предел текучести, МПа	485
	Относительное удлинение, %	24
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,20
	Марганец	0,67
	Никель	2,8
	Медь	0,11
	Фосфор	0,020
	Сера	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–110
4,0	90–150

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой хладостойкость: при −70 °С KCV ≥ 35 Дж/см^2.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 350 °С в течение 1 ч.

ОЗС-29

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э50А-мЗС-29-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 517 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	550
	Предел текучести, МПа	410
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,27
	Марганец	0,95
	Фосфор	0,025
	Сера	0,018

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	90–160
5,0	120–160

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 350—380 °С в течение 1—1,5 ч.

ОЗС-24М

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75,
ТУ 1272-084-00187197—96:

$$\frac{\text{Э60-мЗС-24М-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е-06дСн3-7 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	650
	Предел текучести, МПа	530
	Относительное удлинение, %	23
	Ударная вязкость, Дж/см^2	200
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,16
	Марганец	0,57
	Никель	3,0
	Молибден	0,13
	Кобальт	0,18
	Фосфор	0,017
	Сера	0,012

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–110
4,0	90–150

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой хладостойкостью: при −70 °С KCV ≥ 44 Дж/см^2.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 380—400 °С в течение 1 ч.

УОНИ-13/55У

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э55-УмнС-13/55У-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 513 з26}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	600
	Предел текучести, МПа	450
	Относительное удлинение, %	23
	Ударная вязкость, Дж/см^2	170

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,12
	Кремний	0,40
	Марганец	1,3
	Фосфор	0,030
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	130–200
5,0	160–300

Технологические особенности сварки:
- Сварку стыков арматуры и рельсов производят ванным способом в нижнем положении шва.
- Возможна обычная дуговая сварка стержней арматуры и металлоконструкций во всех пространственных положениях шва постоянным током на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 250—300 °С в течение 1 ч.

ВСЦ-4М

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ТУ 14-4-1604—91:

$$\frac{\text{Э42-еСЦ-4М-}\varnothing\text{-УС}}{\text{Е 412 (3) Ц14}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — целлюлозное.
- Коэффициент наплавки — 9,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,2 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	460
	Предел текучести, МПа	380
	Относительное удлинение, %	24
	Ударная вязкость, Дж/см^2	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,15
	Марганец	0,45
	Фосфор	0,025
	Сера	0,025

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	90–140

Особые свойства:
- Позволяют выполнять сварку способом сверху вниз.
- Обеспечивают стойкость к порообразованию при содержании влаги в покрытии 2,5—4,5%.

Технологические особенности сварки:
- Сварку корневого слоя шва производят способом сверху вниз опиранием электрода на свариваемые кромки.
- Прокалка перед сваркой: 60 °С в течение 1 ч.

ТМУ-21У

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э50А-ТМУ-21У-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 430 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	24
	Ударная вязкость, Дж/см^2	200
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,24
	Марганец	0,80
	Фосфор	0,020
	Сера	0,018

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–120
4,0	100–180
5,0	140–220

Особые свойства:
- Допускают сварку в узкую разделку с общим углом скоса кромок 15°.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой и предельно короткой длине дуги. Возможно кратковременное удлинение дуги без образования пор.
- Прокалка перед сваркой: 360—400 °С в течение 1 ч.

ВСФ-65У

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э60-еСФ-65У-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е-11дМ-5 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	620
	Предел текучести, МПа	510
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,35
	Марганец	1,2
	Молибден	0,35
	Фосфор	0,028
	Сера	0,025

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	120–180
5,0	190–250

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 300—400 °С в течение 1 ч.

3.4. Электроды для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности

В группу электродов для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности входят электроды, предназначенные для сварки легированных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 590 Дж/см^2. Сварку конструкций из этих сталей производят по двум технологическим вариантам: с последующей после сварки термической обработкой сварных соединений, и без последующей термической обработки.

При сварке по первому варианту применяют электроды, обеспечивающие получение равнопрочных сварных соединений. Главными характеристиками таких электродов являются механические свойства металла шва и сварных соединений,

получаемые после соответствующей термической обработки: временное сопротивление разрыву, относительное удлинение, ударная вязкость.

По этим показателям ГОСТ 9467—75 стандартизировано пять типов электродов для сварки конструкционных сталей повышенной и высокой прочности: Э70, Э85, Э100, Э125 и Э150. Химический состав наплавленного металла указанным стандартом не регламентируется, за исключением серы и фосфора, содержание которых не должно превышать соответственно 0,030% и 0,035%. Вместе с тем при выборе конкретной марки электрода химический состав металла необходимо принимать во внимание, особенно при сварке конструкций, работающих в экстремальных условиях. Электроды для сварки конструкционных сталей повышенной и высокой прочности имеют покрытие основного вида.

При сварке конструкций из легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности (в термически упрочненном состоянии) по второму варианту, т. е. без последующей после сварки термической обработки, особенно, когда равнопрочность сварных соединений не является обязательным условием, используют электроды, обеспечивающие получение металла шва с аустенитной структурой. Получаемые сварные соединения отличаются высокой стойкостью против образования трещин, а металл шва — повышенными пластичностью и вязкостью. Сварка такими электродами производится с учетом особенностей, присущих электродам, предназначенным для сварки высоколегированных сталей.

Электроды для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности можно использовать также при сварке разнородных сталей.

Ниже приводятся электроды типов Э85 и Э100 (табл. 3.3) и электроды, обеспечивающие получение металла шва с аустенитной структурой (табл. 3.4).

Таблица 3.3. Электроды для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности (с последующей термической обработкой)

Марка электрода	Тип электрода по:		Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS						
УОНИ-13/85	Э85	E12015	2,0	300	98		=/+/	Сварка особо ответственных конструкций из легированных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением до 830 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
			2,5	350	54			
			3,0	350	40			
			4,0	450	16			
			5,0	450	11			
УОНИ-13/85У	Э85	E11018G	4	–	–	–	–	Для сварки ванным способом рельсов и стержней арматуры железобетонных конструкций
			5	–	–			
НИАТ-3М	Э85	E12015-BI	2,0	300	100		=/+/	Сварка особо ответственных конструкций из легированных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением до 980 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
			2,5	350	50			
			3,0	350	38			
			4,0	450	16			
			5,0	450	10			

Марка электрода	Тип электрода по:		Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS						
ОЗШ-1	Э100	E 12015-BI	2,0	300	100		=/+/	Сварка ответственных конструкций из легированных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением до 1080 Дж/см^2 во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
			2,5	350	52			
			3,0	350	38			
			4,0	450	17			
			5,0	450	11			

Примечание. *Электроды марки ОЗШ-1 диаметром 3,0—5,0 мм применяют также в качестве наплавочных (см. группу электродов для наплавки).*

3.4.1. Характеристики электродов для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности (с последующей термической обработкой)

УОНИ-13/85

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75 или ОСТ 3-3080—93:

$$\frac{\text{Э85-УмнС-13/85-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е-12д2СМ-0 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗУОНИ-13/85	УОНИ-13/85
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	830	940
	Предел текучести, МПа	–	780
	Относительное удлинение, %	12	15
	Ударная вязкость, Дж/см^2	50	110
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10–0,15	0,12
	Кремний	0,5–1,0	0,75
	Марганец	1,5–2,3	1,9
	Молибден	0,5–0,8	0,65
	Фосфор	Не более 0,035	0,027
	Сера	Не более 0,03	0,017

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–90
2,5	50–110

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	90–120	80–100	80–100
4,0	140–170	130–150	130–150
5,0	180–220	150–180	–

Особые свойства:
- Обеспечивает получение металла шва с высокой стойкостью к кристаллизационным трещинам и низким содержанием водорода.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 250—300 °С в течение 1 ч.

УОНИ 13/85У

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75 или ОСТ 3-3080—93:

$$\frac{\text{Э85-оЭЗУмнС-13/85У-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е-12д2СМ-0 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Коэффициент наплавки, г/А·ч — 10.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла, кг — 1,6.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	833
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	12
	Ударная вязкость, Дж/см^2	49
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10–0,15
	Кремний	0,5–1,0
	Марганец	1,5–2,3
	Молибден	0,5–0,8
	Фосфор	Не более 0,035
	Сера	Не более 0,03

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
4,0	140–170	130–150	130–150
5,0	180–220	150–180	–

НИАТ-3М

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75, ОСТ 1.42049—90:

$$\frac{\text{Э85-нСАТ-3М-Ø-оД}}{\text{Е-13д1ХМ-0 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	990
	Предел текучести, МПа	790
	Относительное удлинение, %	13
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,13
	Кремний	0,34
	Марганец	1,37
	Молибден	0,41
	Хром	0,79
	Фосфор	0,025
	Сера	0,014

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–80
2,5	50–100
3,0	70–140
4,0	110–180
5,0	180–250

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода.
- Электроды диаметром 2,0 и 2,5 мм по механическим свойствам получаемых сварных соединений соответствуют электродам типа Э100.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 450—500 °С в течение 2 ч.

ОЗШ-1

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э100-м3й-1-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е-16д2С1Х1М-0 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,1 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	1180
	Предел текучести, МПа	1100
	Относительное удлинение, %	13
	Ударная вязкость, Дж/см^2	85
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,15
	Кремний	0,94
	Марганец	1,46
	Молибден	0,77
	Хром	1,04
	Фосфор	0,024
	Сера	0,016

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–90
2,5	50–110
3,0	70–120
4,0	100–170
5,0	130–220

Особые свойства:
- Электроды диаметром 3,0—5,0 мм используют в качестве наплавочных (тип Э-16Г2ХМ по ГОСТ 10051—75).

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 350 °С в течение 1,5—2 ч.

Таблица 3.4. Электроды для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности, обеспечивающие получение металла шва с аустенитной структурой (без последующей термической обработки)

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Механические свойства металла шва, не менее			Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	ISO	DIN						$\sigma_в$, Дж/см^2	δ_5, %	ан, Дж/см^2	
НИАТ-5	Э-11Х15Н25М6 АГ2	E16.25.6B30	E16.25.6B30	2,0	280	110		=/+/	590	30	100	Сварка ответственных конструкций из легированных сталей повышенной и высокой прочности в термически упрочненном состоянии без последующей после сварки термической обработки, в т. ч. сталей марок 30ХГСА и 30ХГСНА, а также сварка низколегированных и легированных сталей с аустенитными сталями. Сварка в нижнем, вертикальном и ограниченно потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности
				2,5	280	91						
				3,0	320	41						
				4,0	360	21						
				5,0	360	13						
ЭА-395/9	–	E16.25.6B20	E16.25.6B20	2,0	–	–		=/+/	610	30	120	Сварка ответственных конструкций из легированных сталей повышенной и высокой прочности в термически упрочненном состоянии без последующей после сварки термической обработки, в т. ч. сталей типа АК, а также сварка углеродистых и низколегированных сталей с аустенитными сталями. Применяются при изготовлении емкостного, теплообменного, реакторного оборудования, конструкций морских судов, оборудования для пищевой, текстильной промышленности и т. п. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
				2,5	–	–						
				3,0	320	43						
				4,0	360	21						
				5,0	360	14						

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Механические свойства металла шва, не менее			Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	ISO	DIN						$\sigma_в$, Дж/см^2	δ_5, %	ан, Дж/см^2	
ЭА-981/15	–	E16.25.6B20	E16.25.6B20	2,0	–	–		=/+/	680	26	100	Сварка ответственных конструкций из легированных сталей повышенной и высокой прочности в термически упрочненном состоянии без последующей после сварки термической обработки, в т. ч. сталей типа АК, а также сварка низколегированных и легированных сталей с аустенитными сталями. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
				2,5	–	–						
				3,0	320	42						
				4,0	370	21						
				5,0	370	13						
ЭА-112/15	–	E16.25.6B20	E16.25.6B20	2,0	270	110		=	640	26	100	Сварка ответственных конструкций из легированных сталей повышенной и высокой прочности в термически упрочненном состоянии без последующей после сварки термической обработки, в т.ч. сталей типа АК, а также сварка низколегированных и легированных сталей с аустенитными сталями. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
				2,5	270	91						
				3,0	320	42						
				4,0	370	21						
				5,0	370	14						

3.4.2. Характеристики электродов для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности, обеспечивающие получение металла шва с аустенитной структурой (без последующей термической обработки)

НИАТ-5

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75 или ОСТ 1.42049—80:

$$\frac{\text{Э-11Х15н25М6Ад2-нСАТ-5-}\varnothing\text{-оеД}}{\text{Е-000 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.
- Марка проволоки: 10Х16Н25 АМ6(ЭИ395).

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	660
	Предел текучести, МПа	400
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,23
	Марганец	1,6
	Никель	25,4
	Молибден	5,8
	Хром	15,4
	Азот	0,12
	Фосфор	0,022
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–60
2,5	30–80
3,0	50–110
4,0	90–160
5,0	130–180

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой и предельно короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 240—250 °С в течение 1 ч.

ЭА-395/9

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ В5Р.9374—81:

$$\frac{\text{ЭА-395/9-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.
- Марка проволоки: 10Х16Н25 АМ6(ЭИ395).

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗЭА-395/9	ЭА-395/9
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	610	690
	Предел текучести, МПа	–	470
	Относительное удлинение, %	30	37
	Ударная вязкость, Дж/см^2	120	210
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,12	0,09
	Кремний	0,3–0,7	0,6
	Марганец	1,0–2,2	1,2
	Никель	22,0–27,0	25,0
	Молибден	4,5–7,0	5,4
	Хром	13,5–17,0	15,5
	Ниобий	22,0–27,0	0,12
	Фосфор	Не более 0,03	0,020
	Сера	Не более 0,02	0,007

Рекомендуемые значения тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	80–100	70–90	70–90
4,0	120–150	100–130	100–130
5,0	120–200	–	–

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 200—250 °С в течение 2 ч.

ЭА-981/15

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ В5Р.9374—81:

$$\frac{\text{ЭА-981/15-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.

- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	720
	Предел текучести, МПа	540
	Относительное удлинение, %	29
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,30
	Марганец	2,0
	Никель	24,5
	Молибден	5,7
	Хром	15,5
	Ванадий	1,2
	Азот	0,15
	Фосфор	0,017
	Сера	0,005

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	6–110
4,0	100–160
5,0	130–200

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 340—380 °С в течение 1 ч.

ЭА-112/15

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ В5Р.9374—81:

$$\frac{\text{ЭА-112/15-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	700
	Предел текучести, МПа	490
	Относительное удлинение, %	29
	Ударная вязкость, Дж/см^2	200

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,5
	Марганец	2,1
	Никель	24,5
	Молибден	6,5
	Хром	15,0
	Ванадий	1,3
	Азот	0,08
	Фосфор	0,018
	Сера	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–60
2,5	45–80
3,0	50–110
4,0	90–160
5,0	130–180

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 340—380 °С в течение 1 ч.

3.5. Электроды для сварки теплоустойчивых сталей

К группе электродов для сварки теплоустойчивых сталей относятся электроды, предназначенные для сварки низколегированных и легированных теплоустойчивых сталей (теплоустойчивыми называются стали, работающие при повышенных температурах — до 550—600 °С). Основными характеристиками электродов являются химический состав наплавленного металла и механические свойства металла шва при нормальной температуре. При выборе электродов учитывают также максимальную рабочую температуру, при которой регламентированы показатели длительной прочности металла шва.

Согласно ГОСТ 9467—75 электроды для сварки теплоустойчивых сталей по показателям химического состава и механических свойств наплавленного металла и металла шва классифицированы на девять типов: Э-09М, Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-05Х2М, Э-09Х2М1, Э-09Х1МФ, Э-10Х1М1НФБ, Э-10Х3М1БФ, Э-10Х5МФ. Электроды могут иметь рутиловое и основное покрытие.

Вместе с тем, при сварке теплоустойчивых сталей применяются электроды, не регламентированные ГОСТ 9467—75, основным назначением которых является сварка других классов стали (например, электроды марки АНЖР-1, предназначенные, главным образом, для сварки разнородных сталей).

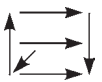
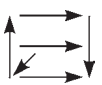
Сварку теплоустойчивых сталей в большинстве случае выполняют с предварительным подогревом и последующей термообработкой.

Ниже приведены электроды для сварки низколегированных и легированных теплоустойчивых сталей (табл. 3.5).

Таблица 3.5. Электроды для сварки теплоустойчивых сталей

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Максимальная рабочая температура, °С	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN							
ЦУ-5	Э50 А	E7015	E510B20	E5100B10	2,5	300	58		=/+/	400	Сварка углеродистых и низколегированных конструкционных сталей, элементов поверхностей нагрева котлоагрегатов, а также корневых швов стыков трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей, работающих при температуре до 400 °С. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
ЦЛ-17	Э-10Х5МФ	E8015-G	E5CrMoVB20	EKbCrMoV 520	5,0	350	39		=/+/	450	Сварка конструкций из хромомолибденовых сталей марок 15Х5М, 12Х5МА и 15Х5МФА, работающих в агрессивных средах при температуре до 450 °С. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
					3,0	400	20				
					4,0	440	11				
ОЗС-11	Э-09МХ	E7015-B1	E05CrMoS23	EB(R),CrMo23	5,0	350	39		~, =	510	Сварка конструкций из теплоустойчивых сталей марок 12МХ, 15МХ, 12МХФ, 15Х1М1Ф и им подобных, работающих при температуре до 510 °С. Сварка во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности
					3,0	450	17				
					4,0	450	11				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Максимальная рабочая температура, °С	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN							
ТМЛ-1У	Э-09Х1М	E6015-B2	E1CrMoB20	E CrMo 1 20	5,0	350	35		=/+/	540	Сварка стыков труб энергооборудования тепловых и атомных электростанций из сталей марок 12МХ, 15ХМ, 20ХМЛ, 12Х2М1, 12Х1МФ, 12Х2МФ6 и 12Х2МФСР, работающих при температуре до 545 °С, и элементов поверхностей нагрева из сталей марок 12Х1МФ, 12Х2МФСР и 12Х2МФБ независимо от рабочей температуры. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
					3,0	450	17				
					4,0	450	11				
ТМЛ-3У	Э-09Х1МФ	E7015-G	E1CrMoVB20	EKb,CrMoV120	3,0	350	36		=/+/	570	Сварка стыков труб энергооборудования тепловых и атомных электростанций из сталей марок 12МХ, 15ХМ, 20ХМЛ, 12Х2М1, 12Х1МФ, 12Х2МФБ, 12Х2МФСР, 12ХМФ-Л, 15Х1М1Ф и 15Х1М1Ф-Л, работающих при температуре до 565 °С, и элементов поверхностей нагрева из сталей марок 12Х1МФ, 12Х2МФБ и 12Х2МФСР независимо от рабочей температуры, а также заварка дефектов в элементах из тех же сталей. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
					4,0	450	16				
					5,0	450	11				
ТМУ-21У	Э50 А	Е 7015	Е 51 3 В 20	Е 51 30 В 10	3,0	–	–		=/+/	–	Сварка стыков трубопроводов и ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей 15ГС, 16ГС, 09Г2С
					4,0						
					5,0						
ЦЛ-20	Э-09Х1МФ	–	–	–	–	–	–		=/+/	–	Для сварки стыков труб энергооборудования тепловых и атомных электростанций из легированных теплоустойчивых сталей марок 12МХ, 15ХМ, 12Х2М1, 12Х1МФ, 12Х2МФБ, 12Х2МФСР, работающих при температуре до 565 °С

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Максимальная рабочая температура, °С	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN							
ЦЛ-39	Э-09Х1МФ	E7015-G	E1CrMoVB20	EKb,CrMoV120	2,5	300	56		=/+/	585	Сварка элементов поверхностей нагрева котлоагрегатов, а также корневых слоев швов стыков толстостенных трубопроводов из теплоустойчивых сталей перлитного класса марок 12Х1МФ и 15Х1М1Ф, работающих при температуре до 585 °С. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
АНЖР-2	–	–	E24.40.8Mn2B20	E24.40.8Mn2B20	3,0	320	41		=/+/	550	Сварка теплоустойчивых сталей с высоколегированными жаропрочными, а также сварка закаливаемых сталей без последующей термообработки и без предварительного подогрева при изготовлении и ремонте ответственных конструкций, работающих при температуре до 450–550 °С. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
					4,0	370	20				
					5,0	370	12				
АНЖР-1	–	–	E24.60.10Mn2B20	EL-NiCr24Mo10Mn2	3,0	310	42		=/+/	600	Сварка теплоустойчивых сталей с высоколегированными жаропрочными сталями, а также сварка закаливаемых сталей без последующей термообработки и без предварительного подогрева при изготовлении и ремонте ответственных конструкций, работающих при температуре до 550–600 °С. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности
					4,0	350	22				
					5,0	350	–				

Примечание. *Электроды марок АНЖР-1 и АНЖР-2 в основном предназначены для сварки разнородных сталей (см. группу электродов для разнородных сталей и сплавов).*

3.5.1. Характеристики электродов для сварки теплоустойчивых сталей

ЦУ-5

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75 или ОСТ 24.948.01—90:

$$\frac{\text{Э50А-ЦУ-5-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 413 (0) з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки — 0,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.
- Марка проволоки: Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	530
	Предел текучести, МПа	24
	Относительное удлинение, %	170
	Ударная вязкость, Дж/см^2	≥150
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,35
	Марганец	1,30
	Фосфор	0,018
	Сера	0,35

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	50–100

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят без предварительного подогрева и последующей термообработки только на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 340—380 °С в течение 1 ч.

ЦЛ-17

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э-10Х5МФ-Цо-17-}\varnothing\text{-ТД}}{\text{Е 00 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	580
	Предел текучести, МПа	500
	Относительное удлинение, %	23
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,17
	Марганец	0,62
	Хром	4,73
	Молибден	0,44
	Ванадий	0,26
	Фосфор	0,021
	Сера	0,014

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–120
4,0	100–180
5,0	150–220

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 350—450 °С только на короткой и предельно короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗС-11

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э-09МХ-мЗС-11-}\varnothing\text{-ТД}}{\text{Е 03 тз23}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,2 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	550
	Предел текучести, МПа	440
	Относительное удлинение, %	22
	Ударная вязкость, Дж/см^2	120

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,17
	Марганец	0,61
	Хром	0,38
	Молибден	0,47
	Фосфор	0,025
	Сера	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–120
4,0	110–170
5,0	130–220

Особые свойства:
- Допускают сварку по мало окисленной поверхности.

Технологические особенности сварки:
- Сварку конструкций из стали толщиной более 12 мм рекомендуется производить с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 150—200 °С.
- Прокалка перед сваркой: 150—180 °С в течение 0,5 ч.

ТМЛ-1У

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э-09Х1М-ТМо-1У-}\varnothing\text{-ТД}}{\text{Е 15 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,26 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,70 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	530
	Предел текучести, МПа	470
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	88
	KCV, Дж/см^2 при температуре +20 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06–0,12
	Кремний	0,15–0,40
	Марганец	0,50–0,90
	Хром	0,80–1,20
	Молибден	0,40–0,70
	Фосфор	Не более 0,035
	Сера	Не более 0,025

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение сварки		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	90–115	75–100	60–90
4,0	130–170	110–140	100–120
5,0	170–200	140–170	–

Особые свойства:
- Допускают сварку в узкую разделку с общим углом скоса кромок 15°.
- Электроды обеспечивают высокую стойкость металла шва к образованию пор при удлинении дуги

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги по очищенным кромкам. Возможно кратковременное удлинение дуги без образования пор.
- Термообработка — высокий отпуск 725±15 °С в течение 1+0,5 ч.
- Прокалка перед сваркой: 360—400 °С в течение 1,5 ч.

ТМЛ-3У

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 34-10-10174—90:

$$\frac{\text{Э-09Х1МФ-ТМо-3У-}\varnothing\text{-ТД}}{\text{Е 16 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,2 кг/ч.
- Выход наплавленного металла — 95,0%
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	490
	Предел текучести, МПа	480
	Относительное удлинение, %	16
	Ударная вязкость, Дж/см^2	78
	KCV, Дж/см^2 при температуре +20 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06–0,12
	Кремний	0,15–0,40
	Марганец	0,50–0,90
	Хром	0,80–1,20
	Молибден	0,40–0,70
	Ванадий	0,15–0,30
	Фосфор	не более 0,025
	Сера	не более 0,035

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение сварки		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	90–115	75–100	60–90
4,0	130–170	110–140	100–120
5,0	170–200	140–170	–

Особые свойства:
- Допускают сварку в узкую разделку с общим углом скоса кромок 15°.
- Электроды обеспечивают высокую стойкость металла шва к образованию пор при удлинении дуги.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги по очищенным кромкам. Возможно кратковременное удлинение дуги без образования пор.
- Прокалка перед сваркой: 380—400 °С в течение 1,5 ч.

ТМУ-21У

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 34-10-10172—90:

$$\frac{\text{Э-50А-ТМУ-21У-}\varnothing\text{-УД}}{\text{Е 513 (1) з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,23 кг/ч.
- Выход наплавленного металла — 95,0%
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,65 кг.
- Марка проволоки: Св-08, Св-08 А. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	490
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	127
	KCV, Дж/см^2 при температуре +20 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07–0,12
	Кремний	0,20–0,43
	Марганец	0,70–1,00
	Фосфор	Не более 0,030
	Сера	Не более 0,035

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение сварки		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	90–115	75–100	60–90
4,0	130–170	110–140	100–120
5,0	170–200	140–170	–

Особые свойства:
- Допускают сварку в узкую разделку с общим углом скоса кромок 15°.
- Электроды обеспечивают высокую стойкость металла шва к образованию пор при удлинении дуги.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги. Возможно кратковременное удлинение дуги без образования пор.
- Прокалка перед сваркой: 380—400 °С в течение 1,5 ч.

ЦЛ-39

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, или ОСТ 24.948.01—90:

$$\frac{\text{Э-09Х1МФ-Цо-39-}\varnothing\text{-Тд}}{\text{Е 27 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 2,5 мм) — 0,6 кг/ч.
- Выход наплавленного металла — 94,0%.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,65 кг.
- Марка проволоки — Св-08 А, Св-08 АА. ГОСТ 2246—70.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	490
	Предел текучести, МПа	343
	Относительное удлинение, %	16
	Ударная вязкость, Дж/см^2	78
	KCV, Дж/см^2 при температуре 0 °С	>34
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06–0,12
	Кремний	0,20–0,40
	Марганец	0,60–0,90
	Хром	0,80–1,25
	Молибден	0,40–0,70
	Ванадий	0,12–0,30
	Фосфор	Не более 0,030
	Сера	Не более 0,025

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение сварки		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	75–90	70–85	65–85

Технологические особенности сварки:
- Сварку стыков труб поверхностей нагрева с толщиной стенки до 6 мм можно выполнять без предварительного подогрева. Сварку производят только на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 340—380 °С в течение 2,0 ч.

АНЖР-2

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-598—75:

$$\frac{\text{Анбт-2-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 001 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 14,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	680
	Предел текучести, МПа	440
	Относительное удлинение, %	39
	Ударная вязкость, Дж/см^2	160
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,36
	Марганец	1,94
	Никель	39,9
	Хром	24,2
	Молибден	7,6
	Титан	0,05
	Фосфор	0,019
	Сера	0,009

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–95
4,0	100–125
5,0	120–160

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

АНЖР-1

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-568—74:

$$\frac{\text{Анбт-1-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 001 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 15,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	730
	Предел текучести, МПа	470
	Относительное удлинение, %	36
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,30
	Марганец	1,92
	Никель	59,6
	Хром	23,6
	Молибден	9,9
	Титан	0,07
	Фосфор	0,019
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–95
4,0	100–125
5,0	120–145

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

3.6. Электроды для сварки высоколегированных сталей и сплавов

В данный раздел входят две группы электродов, предназначенных для сварки высоколегированных сталей и сплавов на железоникелевой и никелевой основах:

- электроды для сварки коррозионно-стойких материалов
- электроды для сварки жаростойких и жаропрочных материалов.

Согласно действующей классификации к высоколегированным сталям относят сплавы, содержание железа в которых более 45%, а суммарное содержание легирующих элементов не менее 10%, считая по верхнему пределу при концентрации одного из элементов не менее 8% по нижнему пределу. К сплавам на никелевой основе относят сплавы с содержанием не менее 55% никеля. Промежуточное положение занимают сплавы на железоникелевой основе.

В соответствии с ГОСТ 10052—75 электроды для сварки высоколегированных коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов по химическому составу наплавленного металла и механическим свойствам металла шва и наплавленного металла классифицированы на 49 типов (например, электроды типа Э-07Х20Н9, Э-10Х20Н70Г2М2Б2В, Э-28Х24Н16Г6). Наплавленный металл значительной части электродов, регламентируется техническими условиями предприятий — изготовителей.

Химический состав и структура наплавленного металла электродов для сварки высоколегированных сталей и сплавов отличаются (и иногда весьма существенно) от состава и структуры свариваемых материалов. Основными показателями, решающими вопрос выбора таких электродов, является обеспечение: основных эксплуатационных характеристик сварных соединений (механических свойств, коррозионной стойкости, жаростойкости, жаропрочности), стойкости металла шва против образования трещин, требуемого комплекса сварочно-технологических свойств.

Электроды для сварки высоколегированных сталей и сплавов имеют покрытия основного, рутилового и рутилово-основного видов. Из-за низкой теплопроводности и высокого электросопротивления скорость плавления, а следовательно и коэффициент наплавки электродов со стержнями из высоколегированных сталей и сплавов существенно выше, чем у электродов для сварки углеродистых, низколегированных и легированных сталей. Вместе с тем повышенное электросопротивление металла электродного стержня обусловливает необходимость применения при сварке пониженных значений тока и уменьшения длины самих стержней (электродов). В противном случае из-за чрезмерного нагрева стержня возможен перегрев покрытия и изменение характера его плавления, вплоть до отваливания отдельных кусков.

Сварка, как правило, производится постоянным током обратной полярности.

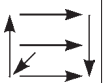
3.6.1. Электроды для сварки высоколегированых коррозионно-стойких сталей и сплавов

Электроды этой группы обеспечивают получение сварных соединений, обладающих требуемой стойкостью против коррозии в кислотной, щелочной и других агрессивных средах.

Некоторые марки электродов данной группы имеют более широкую область применения и их можно использовать не только для получения соединений с требуемой коррозионной стойкостью, но и в качестве электродов, обеспечивающих высокую жаростойкость и жаропрочность металла шва.

Электроды для сварки высоколегированных коррозионно-стойких сталей и сплавов представлены в табл. 2.6.

Таблица 3.6. Электроды для сварки высоколегированых коррозионно-стойких сталей и сплавов

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
УОНИ-13/НЖ/12Х13	Э-12Х13	E410-15	E13B20	E13B20	2,0	300	101		=/+/	Сварка конструкций из хромистых сталей типа 08Х13 и 12Х13. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Наплавка уплотнительных поверхностей стальной арматуры
					2,5	300	68				
					3,0	300	45				
					4,0	340	23				
					5,0	450	13				
ОЗЛ-22	Э-02Х21Н10Г2	–	E19.9LS10	E19.9MnCS10	3,0	280	45		=/+/	Сварка изделий из коррозионно-стойких низкоуглеродистых хромоникелевых сталей 04Х18Н10, 03Х18Н12, 03Х18Н11 и им подобных, работающих в окислительных средах типа азотной кислоты и др. Сварка в нижнем, вертикальном и ограниченно потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	330	22				
ОЗЛ-8	Э-07Х20Н9	E308-15	E19.9B20	E 19.9B20	2,0	300	100		=/+/	Сварка изделий из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 08Х18Н10, 12Х18Н9, 08Х18Н10Т и им подобных, когда к металлу шва не предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Применяются для изготовления емкостного, реакторного, колонного оборудования, оборудования для пищевой, текстильной промышленности и т. п. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					2,5	310	61				
					3,0	340	40				
					4,0	360	22				
					5,0	450	11				

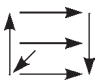
Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ЛЭЗ-8	Э-07Х20Н9	E308-26	–	E199MPR23140	2,5	–	–		=/+/	Аналог ОЗЛ-8. Для сварки изделий из коррозионностойких сталей марок 08Х18Н10, 12Х18Н9, 08Х18Н10Т и им подобных. Электроды ∅2,5 мм аналогичны электродам ОЗЛ-8 ∅3 мм, ∅3 мм – электродам ОЗЛ-8 ∅4 мм	–
					3,0	–	–				
ЗИО-8	–	–	–	–	4,0	–	18		=/+/	Электроды с основным покрытием, предназначены для сварки отечественного оборудования из двухслойной стали со стороны легированного слоя из стали марок 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, а также для наплавки промежуточных слоев и антикоррозийного покрытия на детали из сталей перлитного класса в химическом и атомно-энергетическом машиностроении. Сварка и наплавка во всех ространственных положениях на постоянном токе обратной полярности	–
					5,0	–	9				
ОЗЛ-50	–	–	–	–	3,0	340	–		=/+/	Сварка изделий из коррозионностойких хромоникелевых сталей марок 08Х18Н10, 12Х18Н9, 08Х18Н10Т и им подобных, когда к металлу шва не предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	360	–				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ОЗЛ-8С	Э-08Х20Н9КМВ	–	E19.9.1CoWS20	E19.9.1CoWS20	2,5	–	–		=/+/	Сварка конструкций из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 08Х18Н10, 12Х18Н9, 08Х18Н10Т и им подобных: емкостей, хранилищ, объектов пищевой и текстильной промышленности и т. д., когда к металлу шва не предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка с повышенной производительностью
					3,0	350	30				
					4,0	450	13				
ОЗЛ-14	Э-07Х20Н9	E308-16	E19.9S24	E19.9RB24	3,0	340	42		~, =/+/	Сварка изделий из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 08Х18Н10, 12Х18Н9, 08Х18Н10Т и им подобных, когда к металлу шва не предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности	Возможна сварка переменным током
					4,0	360	21				
ОЗЛ-14 А	Э-04Х20Н9	E308L-16	E19.9LR20	E 19.9nCR20	3,0	300	44		=/+/	Сварка изделий из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 06Х18Н11, 08Х18Н12Т и им подобных, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к межкристаллитной коррозии как в исходном состоянии, так и после кратковременных выдержек в интервале критических температур. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	330	22				
					5,0	350	13				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ОЗЛ-36	Э-04Х20Н9	E308-15	E19.9LS20	E19.9nCRB20	3,0	300	45		=/+/	Сварка ответственных изделий из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 08Х18Н10Т, 06Х18Н11, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т и им подобных, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к межкристаллитной коррозии как в исходном состоянии, так и после кратковременных выдержек в интервале критических температур. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	330	22				
					5,0	350	13				
ЦЛ-11	Э-08Х20Н9Г2Б	E347-15	E19.9NbB20	E19.9 NbB20	2,0	290	103		=/+/	Сварка изделий из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 08Х18Н12Т, 08Х18Н12Б и им подобных, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии, в т. ч. для оборудования пищевой промышленности. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка оборудования из сталей типа 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 08Х18Н12Т и 08Х18Н12Б для пищевой промышленности
					2,5	290	66				
					3,0	340	48				
					4,0	350	26				
					5,0	440	14				
ЛЭЗ-11	Э-08Х20Н9Г2Б	E347-26	–	E199NBMPR23140	2,5	–	–		=/+/	Аналог ЦЛ-11. Для сварки конструкций из коррозионностойких сталей марок 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 08Х18Н12Б и им подобных. Электроды ∅2,5 мм аналогичны электродам ЦЛ-11 ∅3 мм, ∅3 мм – электродам ЦЛ-11 ∅4 мм	–
					3,0	–	–				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ЦЛ-11С/Ч	Э-08Х20Н9Г2Б	E347-15	E19.9NbS20	E19.9NbS20	2,5	350	43		=/+/	Сварка конструкций из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 08Х18Н10, 08Х18Н12Б, 08Х18Н10Т и им подобных, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка с повышенной производительностью
					3,0	350	30				
					4,0	450	13				
ОЗЛ-7	Э-08Х20Н9Г2Б	E347-15	E19.9NbB20	E19.9 NbB20	2,0	290	104		=/+/	Сварка изделий из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б и им подобных, работающих в агрессивных средах, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии, в т. ч. для оборудования пищевой промышленности. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка оборудования из сталей типа 08Х18Н10, 08Х18Н12Б и 08Х18Н10Т для пищевой промышленности
					2,5	300	64				
					3,0	300	47				
					4,0	330	23				
					5,0	350	13				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ЦТ-15	Э-08Х19Н10Г2Б	E347-15	E19.9NbB20	E19.9NbB20	2,0	290	106		=/+/	Сварка узлов конструкций из хромоникелевых сталей марок Х20Н12Т-Л, Х16Н13Б, 12Х18Н9Т, 12Х18Н12Т и им подобных при изготовлении емкостного, теплообменного, реакторного оборудования, оборудования для пищевой и текстильной промышленности, работающих при температуре 570–650 °С и высоком давлении, а также для сварки сталей тех же марок, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка сталей типа 12Х18Н9Т, 12Х18Н12Т, Х20Н12Т-Л и Х16Н13Б, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии
					2,5	290	67				
					3,0	340	47				
					4,0	350	26				
					5,0	440	15				
ЦЛ-9	Э-10Х25Н13Г2Б	E309Cb-15	E23.12NbB30	E23.12NbB30	3,0	350	39		=/+/	Сварка конструкций из двухслойных сталей со стороны легированного слоя из коррозионно-стойких сталей марок 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 08Х13 и им подобных, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	350	23				
					5,0	450	11				
ОЗЛ-40	Э-08Х22Н7Г2Б	–	E22.7.Mn2RB20	–	3,0	310	45		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 08Х22Н6Т, 12Х21Н5Т и им подобных, работающего в агрессивных средах. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	330	24				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ОЗЛ-41	Э-08Х22Н7Г2М2Б	–	E20.7.2.Mn2NbRB20	–	3,0	310	47		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойкой хромоникелемолибденовой стали марки 08Х21Н6М2Т и ей подобных, работающего в агрессивных средах; возможно применение для сварки стали 03Х24Н6 АМ3. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Возможна сварка стали марки 03Х24Н6 АМ3
					4,0	330	23				
ОЗЛ-20	Э-02Х20Н14Г2М2	–	E19.132S10	E 19.13.2S10	3,0	290	44		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойких низкоуглеродистых хромоникелемолибденовых сталей марок 03Х16Н15М3, 03Х17Н14М2 и им подобных, а также стали 08Х17Н15М3Т, работающего в средах высокой агрессивности. Сварка в нижнем, вертикальном и ограниченно потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности	Возможна сварка оборудования из стали марки 08Х17Н15М3Т, работающего в средах высокой агрессивности
					4,0	350	20				
ЭА-400/10У	Э-08Х18Н11М3Г2Ф	E317-15	E19.12.3B20	E 19.12.3.B20	2,0	300	98		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойких хромоникелевых и хромоникелемолибденовых сталей марок 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т и им подобных при изготовлении емкостного, теплообменного, реакторного оборудования, работающего в агрессивных средах при температуре до 350 °С, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					2,5	300	63				
					3,0	300	44				
					4,0	340	22				
					5,0	450	13				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ЭА-400/10Т	Э-08Х18Н11М3Г2Ф	E317-15	E19.12.3B20	E 19.12.3.B20	2,0	300	103		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойких хромоникелевых и хромоникелемолибденовых сталей марок 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М2Т и им подобных при изготовлении емкостного, теплообменного, реакторного оборудования, работающего в агрессивных средах при температуре до 350 °С, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					2,5	300	65				
					3,0	300	46				
					4,0	340	23				
					5,0	350	15				
НЖ-13	Э-09Х19Н10Г2М2Б	E318-15	E19.12.2NbB20	E19.12.2.NbB20	3,0	300	45		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойких хромоникелемолибденовых сталей марок 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х21Н6М2Т и им подобных, работающего при температуре до 350 °С. Применяются при изготовлении емкостного, теплообменного, реакторного оборудования, оборудования для пищевой, текстильной промышленности и т. п. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	340	24				
					5,0	350	18				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
НЖ-13С	Э-09Х19Н10Г2М2Б	E318-15	E19.12.2NbS20	E19.12.2NbS20	3,0	350	30		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойких хромоникелемолибденовых сталей марок 10Х17Н13М2Т, 08Х21Н6М2Т, 10Х17Н13М3Т и им подобных, работающего при температуре до 350 °С, когда к металлу шва предъявляются требования по стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка с высокой производительностью
					4,0	450	13				
НИАТ-1	Э-08Х17Н8М2	–	E19.9.2S20	E 19.9.2RB20	2,0	300	100		=/+/	Сварка изделий из коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 08Х18Н10, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т и им подобных, когда к металлу шва предъявляют требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					2,5	310	64				
					3,0	340	41				
					4,0	360	21				
					5,0	450	11				
ОЗЛ-3	Э-14Х17Н13С4Г	–	E17.12.SiB20	E 17.12.SiB20	3,0	310	38		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойкой стали марки 15Х18Н12С4ТЮ, работающего в средах повышенной агрессивности, когда к металлу шва не предъявляют требования высокой стойкости к межкристаллитной коррозии; в отдельных случаях сварка и наплавка сталей других марок. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	340	15				
					5,0	450	12				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ОЗЛ-24	Э-02Х17Н14С5	–	E17.14Si5S30	E17.14Si5S30	3,0	300	45		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойкой низкоуглеродистой хромоникелевокремнистой стали марки 02Х8Н20С6 и ей подобных, работающего в условиях производства 98%-ной азотной кислоты. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	350	23				
ОЗЛ-17У	Э-03Х23Н27М3Д3Г2Б	–	–	E23.26. Mn2Cu3NbRB20	3,0	300	43		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойких сплавов 06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ и стали марки 03Х21Н21М4 ГБ преимущественно толщиной до 12 мм, работающего в средах серной и фосфорной кислот с примесями фтористых соединений. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	330	23				
ОЗЛ-37-2	Э-03Х24Н26М3Д3Г2Б	–	E25.27.4Mn2Cu3NbB20	–	3,0	320	44		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойкого сплава марки 03Х23Н25М3Д3Б, а также сплавов марок 03ХН28МДТ, 06ХН28МДТ и стали марки 03Х21Н21М4 ГБ, работающего в средах серной и фосфорной кислот с примесями фтористых соединений. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	340	22				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ОЗЛ-21	Э-02Х20Н60М15 В3	ENiCrMo-4	–	–	3,0	330	36		=/+/	Сварка оборудования из коррозионно-стойких никелехромомолибденовых сплавов марок ХН65МВ, ХН60 МБ и им подобных, работающего в высокоагрессивных средах. Сварка в нижнем, ограниченно вертикальном и потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности	–
ОЗЛ-25Б	Э-10Х20Н70Г2М2Б2 В	ENiCrFe-2	–	EL-NiCr15MoNb	3,0	280	45		=/+/	Сварка изделий из коррозионностойкого жаростойкого и жаропрочного сплава марки ХН78Т (ЭИ 435); возможна сварка хладостойких и разнородных сталей и чугуна. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности.	Сварка коррозионно-стойких конструкций и оборудования из сплава марки ХН78Т
					4,0	340	21				
ОР-701	–	–	–	–	2,0	200	–		=/+/	Для сварки сталей марок: 08Х18Н10, 08Х18Н10Т и им подобных	–
					2,5	250					
					3,0	300					
					4,0	350					
ОР-702	–	–	–	–	2,0	200	–		=/+/	Для сварки сталей марок: 08Х18Н10, 08Х18Н10Т и им подобных	–
					2,5	250					
					3,0	300					
					4,0	350					
ОР-703	–	–	–	–	2,0	200	–		=/+/	Для сварки сталей марок: 08Х18Н10, 08Х18Н10Т и им подобных	–
					2,5	250					
					3,0	300					
					4,0	350					
					5,0	350, 450					

3.6.2. Характеристики электродов для сварки высоколегированых коррозионно-стойких сталей и сплавов

УОНИ-13 / НЖ / 12Х13

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-12Х13-УмнС-13/нб/12Х13-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 000 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	650
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,13
	Кремний	0,62
	Марганец	0,86
	Никель	0,42
	Хром	12,2
	Фосфор	0,023
	Сера	0,013

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–60
2,5	50–90
3,0	60–100
4,0	100–140
5,0	110–170

Особые свойства:
- Обладают коррозионной стойкостью в слабоагрессивных окислительных средах.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят с предварительным подогревом до температуры 200—250 °С.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С 1 ч.

ОЗЛ-22

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-02Х21н10д2-мЗо-22-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2006 п10}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 13,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	670
	Предел текучести, МПа	470
	Относительное удлинение, %	34
	Ударная вязкость, Дж/см^2	200
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,025
	Кремний	0,48
	Марганец	1,73
	Никель	9,9
	Хром	22,2
	Фосфор	0,019
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	55–85
4,0	90–130

Особые свойства:
- Обеспечивает получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89 с провоцирующим отпуском при температуре 650 °С в течение 2 ч. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 4—10% (типичное 6,3%).
- Позволяют производить сварку способом сверху вниз.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-8

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-07Х20н9-мЗо-8-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2004 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 13,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗОЗЛ-8	ОЗЛ-8
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540	610
	Предел текучести, МПа	–	400
	Относительное удлинение, %	30	41
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100	160
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	не более 0,09	0,08
	Кремний	0,3–1,2	0,75
	Марганец	1,0–2,0	1,3
	Никель	7,5–10,0	9,2
	Хром	18,0–21,5	20,3
	Ниобий	7,5–10,0	–
	Фосфор	не более 0,03	0,020
	Сера	не более 0,02	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	40–60	40–50	40–50
3,0	50–70	50–60	50–60
4,0	110–130	100–120	100–120
5,0	150–170	120–150	–

Особые свойства:
- Обеспечивает получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89 без провоцирующего отпуска. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2—8% (типичное 4,7%).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ЛЭЗ-8

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{07Х20н9оЭ3-8-}\varnothing\text{-ед}}{\text{Е 2004 т26}}.$$

Характеристики электродов:
- Коэффициент наплавки, г/А·ч — 12,0—13,0
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла, кг — 1,8.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	30
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	не более 0,08
	Кремний	не более 0,075
	Марганец	не более 1,3
	Никель	не более 9,2
	Хром	не более 20,3
	Ниобий	не более 9,2
	Фосфор	не более 0,02
	Сера	не более 0,01

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	90–120	80–100	80–100
3,0	130–150	110–130	110–130

ЗИО-8

Условное обозначение:

$$\frac{\text{Э-10Х25н13д2-ЗСм-8-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 0053 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А· ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	570
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,55
	Марганец	1,86
	Никель	12,6
	Хром	23,3
	Фосфор	0,020
	Сера	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	90–150
5,0	150–170

Особые свойства:
- Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2,5—5,0%. Металл шва склонен к межкристаллитной коррозии после повторных нагревов до 500—800 °С

ОЗЛ-50

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1273-107-36534674—99:

$$\frac{\text{мЗо-50-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2004 т20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 13,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	620
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	132
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,8
	Марганец	1,3
	Никель	9,0
	Хром	16,0
	Фосфор	0,020
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	50–70
4,0	100–130

Особые свойства:
- Обеспечивает получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89 без провоцирующего отпуска.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-8С

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1273-092-00187197—97:

$$\frac{\text{мЗо-8С-Ø-ед}}{\text{Е 2000 п20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 2,2 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	650
	Предел текучести, МПа	520
	Относительное удлинение, %	34
	Ударная вязкость, Дж/см^2	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,45
	Марганец	1,3
	Молибден	0,95
	Никель	9,0
	Кобальт	1,5
	Хром	19,7
	Ванадий	0,5
	Фосфор	0,012
	Сера	0,016

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	80–140
4,0	110–190

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2—8% (типичное — 3,5%).

Технологические особенности сварки:
- Позволяют производить сварку на высоких значениях сварочного тока без перегрева стержня.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-14

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-07Х20н9-мЗо-14-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2004 т23}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	630
	Предел текучести, МПа	410
	Относительное удлинение, %	35
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,055
	Кремний	0,8
	Марганец	1,7
	Никель	9,1
	Хром	20,5
	Фосфор	0,023
	Сера	0,012

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–90
4,0	100–140

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии по методу АМУ ГОСТ 6032—89 без провоцирующего отпуска. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2—8%.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 200 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-14 А

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-04Х20н9-мЗо-14А-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2006 т20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.

- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	660
	Предел текучести, МПа	440
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	160
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,77
	Марганец	1,6
	Никель	9,3
	Хром	20,7
	Фосфор	0,022
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	40–70
4,0	100–140
5,0	130–170

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии по методу АМУ ГОСТ 6032—89 с провоцирующим отпуском при температуре 650 °С в течение 1 ч. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 6—10% (типичное 8,6%).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 320 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-36

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-04Х20н9-мЗо-14А-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2006 т20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 2,0 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	620
	Предел текучести, МПа	440
	Относительное удлинение, %	37
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,045
	Кремний	0,56
	Марганец	1,92
	Никель	9,3
	Хром	19,6
	Фосфор	0,018
	Сера	0,008

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–110
4,0	110–170
5,0	140–190

Особые свойства:
- Обеспечивает получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89 с провоцирующим отпуском при температуре 650 °С в течение 1 ч. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 4—10% (типичное 7,4%).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 200 °С в течение 1 ч.

ЦЛ-11

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-08Х20н9д2з-Цо-11-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2005 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗЦЛ-11	ЦЛ-11
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540	660
	Предел текучести, МПа	–	420
	Относительное удлинение, %	22	34
	Ударная вязкость, Дж/см^2	80	120

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗЦЛ-11	ЦЛ-11
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05–0,12	0,10
	Кремний	Не более 1,3	0,53
	Марганец	1,0–2,5	1,8
	Никель	8,0–10,5	9,8
	Хром	18,0–22,0	20,8
	Ниобий	8,0–10,5	0,99
	Фосфор	Не более 0,03	0,020
	Сера	Не более 0,02	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,0	40–55	30–45	30–45
2,5	50–70	40–60	40–60
3,0	70–90	60–80	60–80
4,0	130–150	110–130	110–130
5,0	150–180	120–160	–

Особые свойства:
- Обеспечивает получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89 без провоцирующего отпуска. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2,5—10% (типичное 6,1%).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ЛЭЗ-11

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-08Х20н9д2зоЭ3-11-}\varnothing\text{-ед}}{\text{Е 2005 т26}}.$$

Характеристики электродов:
Коэффициент наплавки, г/А·ч — 12,0—13,0
Расход электродов на 1 кг наплавленного металла, кг — 1,8.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	22
	Ударная вязкость, Дж/см^2	80

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	не более 0,09
	Кремний	не более 1,2
	Марганец	не более 1,6
	Никель	не более 9,9
	Хром	не более 21,0
	Ниобий	не более 9,9
	Фосфор	не более 0,02
	Сера	не более 0,02

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,5	70–90	50–80	50–80
3,0	120–150	110–130	110–130

ЦЛ-11С/Ч

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-08Х20н9д2з-Цо-11С/Ч-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2005 п20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 2,1 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	740
	Предел текучести, МПа	570
	Относительное удлинение, %	27
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,075
	Кремний	0,48
	Марганец	1,4
	Никель	9,3
	Хром	20,5
	Ниобий	0,85
	Фосфор	0,009
	Сера	0,008

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	60–90
3,0	90–140
4,0	90–200

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2—10% (типичное — 5%).

Технологические особенности сварки:
- Позволяют производить сварку на высоких значениях сварочного тока без перегрева стержня.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-7

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-08Х20н9д2з-мЗо-Ø-еД}}{\text{Е 2005 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗОЗЛ-7	ОЗЛ-7
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540	660
	Предел текучести, МПа	–	440
	Относительное удлинение, %	22	36
	Ударная вязкость, Дж/см^2	80	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05–0,12	0,08
	Кремний	Не более 1,3	0,85
	Марганец	1,0–2,5	1,7
	Никель	8,5–10,5	9,0
	Хром	18,0–22,0	19,5
	Ниобий	8,5–10,5	1,1
	Фосфор	Не более 0,03	0,023
	Сера	Не более 0,02	0,012

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	70–90	60–80	60–80
4,0	130–150	110–130	110–130
5,0	150–180	120–160	–

Особые свойства:
- Обеспечивает получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89 без провоцирующего отпуска и выдерживающего, как правило, испытания после отпуска при температуре 650 °С в течение 2 ч. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2—10% (типичное 5,7%).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ЦТ-15

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75 или ОСТ 24.948.01—90:

$$\frac{\text{Э-08Х19н10д2з-ЦТ-15-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2453 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗОЗЛ-7	ОЗЛ-7
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540	610
	Предел текучести, МПа	–	490
	Относительное удлинение, %	24	33
	Ударная вязкость, Дж/см^2	80	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05–0,12	0,09
	Кремний	Не более 1,3	0,25
	Марганец	1,0–2,5	1,82
	Никель	8,5–10,5	9,5
	Хром	18,0–20,5	20,2
	Ниобий	8,5–10,5	0,81
	Фосфор	Не более 0,03	0,019
	Сера	Не более 0,02	0,009

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
2,0	50–70	40–60	40–60
2,5	70–90	60–80	60–80
3,0	80–100	70–90	70–90
4,0	110–140	100–125	100–125
5,0	150–180	135–160	–

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89, а также обладающего высокой длительной прочностью при рабочих температурах. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2,5—5,5% (типичное 3,7%).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ЦЛ-9

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-10Х25н13д2з-Цо-9-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2005 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	650
	Предел текучести, МПа	450
	Относительное удлинение, %	31
	Ударная вязкость, Дж/см^2	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,80
	Марганец	2,2
	Никель	12,9
	Хром	23,2
	Ниобий	1,1
	Фосфор	0,020
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–100
4,0	100–150
5,0	130–170

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89 без провоцирующего отпуска. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2,5—10% (типичное 8%).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-40

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1273-088-00187197—96:

$$\frac{\text{мЗо-40-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2000 зт20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	710
	Предел текучести, МПа	580
	Относительное удлинение, %	27
	Ударная вязкость, Дж/см^2	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,6
	Марганец	1,8
	Никель	7,5
	Хром	22,2
	Ниобий	0,6
	Фосфор	0,020
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	50–80
4,0	110–140

Особые свойства:

- Обеспечивает получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89; общая коррозионная стойкость на уровне стойкости основного металла. Типичное содержание ферритной фазы в наплавленном металле 30%.

Технологические особенности сварки:

- Прокалка перед сваркой: 200 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-41

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1273-088-00187197—96:

$$\frac{\text{мЗо-41-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2000 зт20}}.$$

Характеристики электродов:

- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	720
	Предел текучести, МПа	590
	Относительное удлинение, %	22
	Ударная вязкость, Дж/см^2	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,6
	Марганец	1,8
	Молибден	2,1
	Никель	7,4
	Хром	20,5
	Ниобий	0,6
	Фосфор	0,020
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	50–80
4,0	110–140

Особые свойства:

- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89; общая коррозион-

ная стойкость на уровне стойкости основного металла. Типичное содержание ферритной фазы в наплавленном металле 35%.

Технологические особенности сварки:

- Прокалка перед сваркой: 200 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-20

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-02Х20н14д2М2-мЗо-20-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2001 п10}}.$$

Характеристики электродов:

- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	630
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	36
	Ударная вязкость, Дж/см^2	170
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,023
	Кремний	0,47
	Марганец	1,7
	Молибден	2,5
	Никель	13,7
	Хром	20,1
	Фосфор	0,018
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	55–85
4,0	90–130

Особые свойства:

- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытании по методу АМУ ГОСТ 6032—89 с провоцирующим отпуском при температуре 650 °С в течение 2 ч. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 0,5—4% (типичное 1,6%).
- Позволяют производить сварку способом сверху вниз.

Технологические особенности сварки:

- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ЭА-400/10У

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ 5Р.9370—81:

$$\frac{\text{ЭА-400/10У-}\varnothing\text{-е}\Д}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗЭА-400/10У	ЭА-400/10У
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540	≥540
	Предел текучести, МПа	–	≥340
	Относительное удлинение, %	25	≥25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	90	≥90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,1	0,07
	Кремний	Не более 0,6	0,48
	Марганец	1,15–3,1	2,4
	Никель	8,5–12,0	10,5
	Хром	16,8–19,0	18,0
	Молибден	2,5–3,5	2,5
	Ванадий	0,3–0,75	0,52
	Ниобий	8,5–12,0	–
	Фосфор	Не более 0,03	0,025
	Сера	Не более 0,02	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А	Положение шва		
		нижнее	вертикальное	потолочное
2,0	30–60	–	–	–
2,5	40–80	–	–	–
3,0	60–110	70–60	65–80	70–80
4,0	100–160	120–140	90–120	100–120
5,0	120–180	140–160	–	–

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методам АМ и АМУ ГОСТ 6032—89. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2—8%.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят без последующей после сварки термической обработки.
- Прокалка перед сваркой: 120—150 °С в течение 1 ч.

ЭА-400/10Т

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ 5Р.9370—81:

$$\frac{\text{ЭА-400/10Т-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	≥540
	Предел текучести, МПа	≥340
	Относительное удлинение, %	≥25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	≥90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,5
	Марганец	2,2
	Молибден	2,8
	Никель	10,5
	Хром	18,1
	Ванадий	0,58
	Фосфор	0,025
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–60
2,5	40–80
3,0	60–110
4,0	100–160
5,0	120–180

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методам АМ и АМУ ГОСТ 6032—89. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2—8%.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят без последующей после сварки термической обработки.
- Прокалка перед сваркой: 120—150 °С в течение 1 ч.

НЖ-13

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-09Х19н10д2М2з-нб-13-}\varnothing\text{-еС}}{\text{Е 2005 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 13,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗНЖ-13	НЖ-13
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540–640	640
	Предел текучести, МПа	–	470
	Относительное удлинение, %	22–33	33
	Ударная вязкость, Дж/см^2	70–120	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,12	0,09
	Кремний	Не более 1,2	0,80
	Марганец	1,0–2,5	1,6
	Никель	8,5–12,0	10,2
	Хром	17,0–20,0	18,2
	Молибден	1,8–3,0	2,2
	Ниобий	8,5–12,0	1,0
	Фосфор	Не более 0,03	0,017
	Сера	Не более 0,02	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	70–90	60–80	60–70
4,0	120–140	110–130	–
5,0	160–180	120–140	–

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2—10%.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

НЖ-13С

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-09Х19н10д2М2з-нб-13С-}\varnothing\text{-ед}}{\text{Е 2005 п20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,55 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	700
	Предел текучести, МПа	590
	Относительное удлинение, %	30
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,55
	Марганец	1,6
	Молибден	2,2
	Никель	9,5
	Хром	18,0
	Ниобий	1,1
	Фосфор	0,009
	Сера	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	60–110
3,0	90–150
4,0	110–210

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2—10% (типичное — 5,5%).

Технологические особенности сварки:
- Позволяют производить сварку на высоких значениях сварочного тока без перегрева стержня.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

НИАТ-1

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75, ТУ 14-4-781—76:

$$\frac{\text{Э-08Х17н8М2-нСАТ-1-}\varnothing\text{-еС}}{\text{Е 2005 зт20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	640
	Предел текучести, МПа	420
	Относительное удлинение, %	42
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,75
	Марганец	0,96
	Молибден	2,2
	Никель	9,3
	Хром	17,9
	Фосфор	0,021
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,5	40–70
3,0	50–90
4,0	100–150
5,0	130–170

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89 без провоцирующего отпуска. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2—10% (типичное 4,9%).
- Электроды наиболее эффективны при сварке тонколистового металла.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-3

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-441—73:

$$\frac{\text{мЗо-3-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 0000 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	780
	Предел текучести, МПа	510
	Относительное удлинение, %	25
	Ударная вязкость, Дж/см^2	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,14
	Кремний	4,1
	Марганец	0,86
	Никель	12,6
	Хром	17,8
	Фосфор	0,022
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	50–80
4,0	90–130
5,0	120–170

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-24

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-579—74:

$$\frac{\text{мЗо-24-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 5005 п30}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	680
	Предел текучести, МПа	460
	Относительное удлинение, %	27
	Ударная вязкость, Дж/см^2	90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,02
	Кремний	5,3
	Марганец	0,6
	Никель	13,8
	Хром	17,3
	Фосфор	0,020
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	55–90
4,0	90–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой коррозионной стойкостью в 98%-ной азотной кислоте при температурах кипения и выше: скорость коррозии при температуре 100 °С не превышает 0,5 г/(м^2·ч). Типичное содержание ферритной фазы в наплавленном металле 6%.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят с минимальным тепловложением, не допуская перегрева основного металла.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-17У

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-715—75:

$$\frac{\text{мЗо-17У-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 400 зт20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 14,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 2,0 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	590
	Предел текучести, МПа	380
	Относительное удлинение, %	32
	Ударная вязкость, Дж/см^2	190

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,035
	Кремний	0,53
	Марганец	2,1
	Молибден	3,4
	Никель	26,4
	Хром	23,4
	Ниобий	0,45
	Медь	2,9
	Фосфор	0,019
	Сера	0,009

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	65–130
4,0	90–160

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой общей коррозионной стойкостью и стойкостью к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу ВУ ГОСТ 6032—89.

Технологические особенности сварки:
- Сварку металла толщиной до 12 мм рекомендуется производить валиками на всю ширину разделки, сварку металла больших толщин — с двусторонней разделкой кромок. При сварке особо ответственных конструкций необходимо удаление кратеров шлифованием.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-37-2

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-1276—84:

$$\frac{\text{мЗо-37-2-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 400 зт20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 2,0 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	610
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	35
	Ударная вязкость, Дж/см^2	160

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,45
	Марганец	2,26
	Молибден	3,8
	Никель	26,8
	Хром	24,6
	Ниобий	0,55
	Медь	2,9
	Фосфор	0,017
	Сера	0,007

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	65–130
4,0	90–160

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой общей коррозионной стойкостью и стойкостью к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу ВУ ГОСТ 6032—89.
- Процесс сварки характеризуется повышенной сопротивляемостью образованию межваликовых трещин при выполнении многослойных швов.

Технологические особенности сварки:
- При сварке особо ответственных конструкций рекомендуется производить удаление кратеров шлифованием.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-21

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-02Х20н60М15е3-мЗо-21-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 000 п20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 16,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	810
	Предел текучести, МПа	560
	Относительное удлинение, %	28
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,015
	Кремний	0,24
	Марганец	0,32
	Молибден	15,3
	Никель	основа
	Хром	19,1
	Ванадий	3,4
	Фосфор	0,017
	Сера	0,009

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–110

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по специальной методике.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-25Б

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75, ТУ 1273-101-36534674—75:

$$\frac{\text{Э-10Х20н70д2М2з2е-мЗо-25з-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 087 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 14,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	670
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,34
	Марганец	2,25
	Молибден	1,9
	Никель	Основа
	Хром	19,8
	Ниобий	1,6
	Ванадий	0,19
	Фосфор	0,016
	Сера	0,007

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–100
4,0	90–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокими механическими и специальными свойствами: жаростойкость до температуры 1000 °С, длительная прочность 75 Дж/см^2 при температуре 850 °С более 100 ч, коррозионная стойкость — скорость коррозии не более 0,02 мм/год (30% H_2SO_4 + 10% HNO_3 при 80 °С в течение 96 ч).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

OP-701

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	539
	Относительное удлинение, %	30
	Ударная вязкость, Дж/см^2	98
	Угол загиба, град.	160
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,09
	Кремний	0,3–1,2
	Марганец	1,0–2,0
	Никель	7,5
	Хром	18,0–21,5
	Фосфор	<0,03
	Сера	<0,02

Особые свойства:
- Содержание ферритной фазы 2,0—8,0%.
- Металл шва не стоек к межкристаллитной коррозии.

OP-702

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	539
	Относительное удлинение, %	24
	Ударная вязкость, Дж/см^2	78
	Угол загиба, град.	160
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05–0,12
	Кремний	<1,3
	Марганец	1,0–2,5

Химический состав наплавленного металла, %	Никель	8,0–10,5
	Хром	18,0–22,0
	Молибден	0,7–1,3
	Фосфор	<0,03
	Сера	<0,02

Особые свойства:
- Содержание ферритной фазы 2,0—8,0%.
- Металл шва не стоек к межкристаллитной коррозии.

ОР-703

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Относительное удлинение, %	30
	Ударная вязкость, Дж/см^2	98
	Угол загиба, град.	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,09
	Кремний	0,3–1,2
	Марганец	1,0–2,0
	Никель	7,5–10,0
	Хром	18,0–22,0
	Фосфор	<0,03
	Сера	<0,02

Особые свойства:
- Содержание ферритной фазы 2,0—8,0%.
- Металл шва не стоек к межкристаллитной коррозии.

3.6.3. Электроды для сварки высоколегированных жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов

Электроды этой группы обеспечивают получение сварных соединений с требуемой жаростойкостью и/или жаропрочностью. Жаростойкими сварными соединениями являются соединения, обладающие высокой стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температурах свыше 550—600 °С. Жаропрочными сварными соединениями являются соединения, работающие при этих температурах в нагруженном состоянии в течение определенного времени (жаропрочные соединения должны обладать при этом достаточной жаростойкостью).

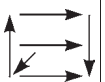
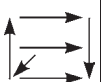
Некоторые марки электродов, предназначенные для сварки жаростойких и/или жаропрочных материалов, используются для сварки коррозионно-стойких и разнородных сталей и сплавов.

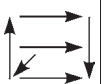
Электроды для сварки высоколегированных жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов представлены в табл. 3.7.

Таблица 3.7. Электроды для сварки высоколегированных жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ОЗЛ-25Б	Э-10Х20Н70Г2М2Б2 В	ENiCrFe-2	–	EL-NiCr15MoNb	3,0	280	45		=/+/	Сварка изделий из коррозионно-стойкого жаростойкого и жаропрочного сплава марки ХН78Т (ЭИ 435); возможна сварка хладостойких и разнородных сталей и чугуна. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка коррозионно-стойких конструкций и оборудования из сплава марки ХН78Т. Сварка разнородных сталей. Сварка чугуна
					4,0	340	21				
ЦТ-15	Э-08Х19Н10Г2Б	E347-15	E19.9NbB20	E19.9NbB20	2,0	290	106		=/+/	Сварка ответственных узлов конструкций из хромоникелевых сталей марок Х20Н12Т-Л, Х16Н13Б, 12Х18Н9Т, 12Х18Н12Т и им подобных при изготовлении емкостного, теплообменного, реакторного оборудования, оборудования для пищевой, текстильной промышленности, работающих при температуре 570–650 °С и высоком давлении, а также для сварки сталей тех же марок, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка сталей типа 12Х18Н9Т, 12Х18Н12Т, Х20Н12Т-Л и Х16Н13Б, когда к металлу шва предъявляют жесткие требования стойкости к межкристаллитной коррозии
					2,5	290	67				
					3,0	340	47				
					4,0	350	26				
					5,0	440	15				

Марка электрода	Тип электрода по: ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN	Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
ОЗЛ-6	Э-10Х25Н13Г2	E309-15	E23.12B20	E23.12B20	3,0	350	39		=/+/	Сварка оборудования из литья и проката жаростойких сталей марок 20Х23Н13, 20Х23Н18 и им подобных, работающего в окислительных средах при температуре до 1000 °С. Возможна сварка хромистых сталей типа 15Х25Т и стали марки 25Х25Н20С2, а также сварка углеродистых и низколегированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями. Применяются при изготовлении различных видов оборудования для предприятий химической, энергетической, пищевой, текстильной и других отраслей промышленности. Сварка в нижнем, вертикальном и потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка сталей типа 15Х25Т и стали марки 25Х25Н20С2. Сварка разнородных сталей
					4,0	350	23				
					5,0	450	8				
КТИ-7 А	Э-27Х15Н35 В3Г2Б2Т	E330H-15	E15.34. W3Nb2Mn2B20	E15.34. W3Nb2Mn2B20	3,0	290	46		=/+/	Сварка реакционных труб из жаростойких сталей марок 45Х25Н20С2, 45Х20Н35С и 25Х20Н35, работающих при температуре до 900 °С в печах конверсии метана. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	360	21				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ОЗЛ-9 А	Э-28Х24Н16Г6	–	E2516MnS20	E2516Mn6RB20	2,5	290	68		=/+/	Сварка конструкций из жаростойких сталей марок 12Х25Н16Г7 АР, 45Х25Н20С2, Х18Н35С2 и им подобных, работающих в окислительных средах при температуре до 1050 °С и в науглероживающих средах при температуре до 1000 °С. Возможна сварка сталей марок 20Х23Н13 и 20Х23Н18. Сварка в нижнем, вертикальном и ограниченно потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка сталей марок 20Х23Н13 и 20Х23Н18
					3,0	280	52				
					4,0	350	23				
ОЗЛ-38	30Х24Н23 ГБ	–	E25.25. Mn2NbB30	E25.25.Mn2NbB30	3,0	310	44		=/+/	Сварка оборудования из жаростойких хромоникелевых сталей, преимущественно марки 30Х24Н24Б, работающего при температуре до 950 °С, в частности, реакционных труб крупнотоннажных установок синтеза аммиака. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	340	23				
ВИ-ИМ-1	Э-06Х20Н60М14 В	ENiCrMo-4	–	EL-NiCr19Mo14W	2,0	280	101		=/+/	Сварка жаростойких хромоникелевых сталей, преимущественно марки 30Х24Н24Б, работающих при температуре до 950 °С. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка разнородных сталей и сплавов
					2,5	280	65				
					3,0	300	42				
					4,0	330	21				

Марка электрода	Тип электрода по: ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN	Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
ЦТ-28	Э-08Х14Н65М15 В4Г2	ENiCrMo-5	–	EL-NiCr14Mo15W4Mn2	3,0	300	43		=/+/	Сварка оборудования из жаростойких и жаропрочных сплавов на никелевой основе марок ХН78Т (ЭИ 435), ХН70ВМЮТ (ЭИ 765) и им подобных, а также перлитных и хромистых сталей со сплавами на никелевой основе. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка перлитных и хромистых сталей со сплавами на никелевой основе. Сварка разнородных сталей и сплавов
					4,0	330	22				
ИМЕТ-10	Э-04Х10Н60М24	–	–	EL-NiCr10Mo23	2,5	290	55		=/+/	Сварка конструкций из жаропрочных и жаростойких сталей и сплавов на никелевой основе марок 37Х12Н8Г8МФБ, ХН67ВМТЮ, ХН75МБТЮ, ХН78Т, ХН77ТЮ и им подобных, а также сварка разнородных жаропрочных сталей и сплавов. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка разнородных сталей и сплавов
					3,0	290	39				
ОЗЛ-2	Э11Х21Н14М2Г2	–	–	–	3,0	330	44		=/+/	Сварка конструкций из жаростойких сталей типа 20Х23Н13, работающих при температуре до 900 °С в газовых средах, содержащих сернистые соединения. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	340	24				
					5,0	450	11				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ОЗЛ-39	Э-06Х17Н14Г3С3Ф	–	E17. 14Mn3Si3VB20	E17.14Mn3Si3VB20	3,0	300	48		=/+/	Сварка оборудования из жаростойких сталей типа 20Х20Н14С2, 20Х23Н18, 20Х25Н20С2, 45Х25Н20С2 и им подобных, работающих в науглероживающих средах при температуре до 1050 °С. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	350	21				
ОЗЛ-46	Э-06Х11Н2М2ГФ	–	11.2.2.RB20	11.2.2.RB20	3,0	330	43		=/+/	Сварка коррозионно-стойких жаропрочных сталей мартенситного класса типа 13Х11Н2В2МФ и 08Х12НМБФ-Ш во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	360	22				
ОЗЛ/ЦТ-31М	Э-18Х18Н34 В3Б2Г	Е330-15	E18.35. W3Nb2MnRB20	E18.35. W3Nb2MnRB20	3,0	290	46	–	–	Сварка жаростойких сталей марок 20Х25Н20С2, 45Х25Н20С2 и Х18Н35С2, работающих в науглероживающих средах с температурой до 1050 °С, в том числе при повышенных статических нагрузках на швы	–
					4,0	360	20				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ГС-1	Э-09Х23Н9Г6С2	E209-15	E23.9.Mn6B20	E23.9.Mn6B20	3,0	320	40		=/+/	Сварка тонколистовых конструкций из жаростойких сталей марок 20Х20Н14С2, 20Х25Н20С2 и 45Х25Н20С2 и им подобных, работающих в науглероживающих средах при температуре до 1000 °С, а также сварка корневого и облицовочного слоев, обращенных в сторону рабочей среды, в конструкциях из сталей тех же марок больших толщин. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка корневого и облицовочного слоев шва, обращенных в сторону рабочей науглероживающей среды, в конструкциях из сталей типа 20Х20Н14С2, 20Х25Н20С2 и 45Х25Н20С2 больших толщин
					4,0	330	24				
ОЗЛ-5	Э-12Х24Н14С2	–	E24.14SiB20	E24.14SiB20	3,0	330	40		=/+/	Сварка проката и заварка дефектов литья в конструкциях из жаростойких сталей марок 20Х25Н20С2, 20Х20Н14С2 и им подобных, работающих в окислительных средах при температуре до 1050 °С. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Заварка дефектов литья из сталей типа 20Х25Н20С2 и 20Х20Н14С2
					4,0	340	22				
					5,0	450	10				
ОЗЛ-25	Э-10Х20Н70Г2М2 В	ENiCrFe-2	–	EL-NiCr15MoNb	3,0	280	47		=/+/	Сварка тонколистовых конструкций (толщиной до 6 мм) и нагревательных элементов из жаростойких сплавов типа нихром, например, марки ХН78Т; наплавка облицовочных слоев швов при сварке конструкций из сплавов этого типа больших толщин. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Наплавка облицовочных слоев швов при сварке конструкций из сплавов типа ХН78Т большой толщины

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ОЗЛ-35	Э-10Х27Н70Г2М	–	–	EL-NiCr20Mn2Mo2B	3,0	320	40		=/+/	Сварка конструкций из жаростойкого никелехромоалюминиевого сплава марки ХН70Ю, а также сплава марки ХН45Ю и других сплавов на никелевой основе, работающих при температуре до 1200 °С. Возможна сварка облицовочных слоев швов, сваренных электродами других марок. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка облицовочных слоев швов, выполненных электродами других марок
					4,0	330	23				
ОЗЛ-28	Э-20Х27Н8Г2М	Е312-16	Е27. 8MoMnRB26	–	2,5	310	45		~, =/+/	Сварка углеродистых сталей с трудносвариваемыми легированными сталями (инструментальными, штамповыми), а также наплавка изделий из таких сталей. Возможна сварка и наплавка других разнородных сталей, в т.ч. высоколегированных и чугуна. Сварка во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности	Сварка корневых слоев швов жестких конструкций из жаростойкой стали марки 45Х25Н20С2
					3,0	340	34				

3.6.4. Электроды для сварки высоколегированных жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов

ОЗЛ-25Б

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75, ТУ 1273-101-36534674—75:

$$\frac{\text{Э-10Х20н70д2М2з2е-м3о-25з-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 087 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 14,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	670
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,34
	Марганец	2,25
	Молибден	1,9
	Никель	Основа
	Хром	19,8
	Ниобий	1,6
	Ванадий	0,19
	Фосфор	0,016
	Сера	0,007

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–100
4,0	90–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокими механическими и специальными свойствами: жаростойкость до температуры 1000 °С, длительная прочность 75 Дж/см^2 при температуре 850 °С свыше 100 ч, коррозионная стойкость — скорость коррозии не более 0,02 мм/год (30% H_2SO_4 + 10% HNO_3 при 80 °С в течение 96 ч).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ЦТ-15

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75 или ОСТ 24.948.01—90:

$$\frac{\text{Э-18Х19н10д2з-ЦТ-15-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2453 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	610
	Предел текучести, МПа	490
	Относительное удлинение, %	33
	Ударная вязкость, Дж/см^2	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,25
	Марганец	1,82
	Никель	9,5
	Хром	20,2
	Ниобий	0,81
	Фосфор	0,019
	Сера	0,009

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–70
2,5	60–90
3,0	70–100
4,0	100–140
5,0	135–180

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89, а также обладающего высокой длительной прочностью при рабочих температурах. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2,5—5,5% (типичное 3,7%).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-6

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-10Х25н13д2-мЗо-6-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2975 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗОЗЛ-6	ОЗЛ-6
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540	610
	Предел текучести, МПа	–	410
	Относительное удлинение, %	25	33
	Ударная вязкость, Дж/см^2	90	150
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,12	0,09
	Кремний	Не более 1,0	0,38
	Марганец	1,0–2,5	1,9
	Никель	11,5–14,0	12,8
	Хром	–	24,9
	Фосфор	Не более 0,03	0,022
	Сера	Не более 0,02	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	80–100	70–90	70–90
4,0	110–140	100–125	100–125
5,0	150–180	135–160	–

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой жаростойкостью до температуры 1000 °С и стойкостью к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89. В температурном интервале сигматизации металл шва может приобретать склонность к охрупчиванию.

Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2,5—10% (типичное 5,3%).

Технологические особенности сварки:

- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

КТИ-7 А

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-27Х15н35е3д2з2Т-жТС-7А-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 096 з20}}.$$

Характеристики электродов:

- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,2 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	660
	Предел текучести, МПа	450
	Относительное удлинение, %	22
	Ударная вязкость, Дж/см^2	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,25
	Кремний	0,28
	Марганец	1,8
	Никель	34,3
	Хром	15,3
	Ниобий	2,0
	Титан	0,1
	Ванадий	3,3
	Фосфор	0,020
	Сера	0,009

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–100
4,0	100–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокими жаростойкостью до температуры 900 °С и жаропрочностью (длительная прочность 18 Дж/см^2 при температуре 900 °С свыше 20000 ч).

Технологические особенности сварки:
- Сварку выполняют узкими валиками шириной не более 2,5 диаметра электрода. Рекомендуется производить удаление кратеров шлифованием.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-9 А

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-28Х24н16д2-мЗо-9А-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 097 тз20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	690
	Предел текучести, МПа	460
	Относительное удлинение, %	32
	Ударная вязкость, Дж/см^2	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,28
	Кремний	0,30
	Марганец	5,4
	Никель	16,5
	Хром	24,8
	Фосфор	0,018
	Сера	0,008

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	30–70
3,0	50–90
4,0	90–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с достаточной жаростойкостью (глубина окисления при температуре 1050 °С за 1000 ч составляет 0,15 мм) и высокой жаропрочностью (длительная прочность 15 Дж/см^2 при температуре 1000 °С за 700 ч).

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят с удалением кратеров шлифованием или их полным переплавлением при последующих проходах. При сварке жестких или толстолистовых конструкций сварку корневого шва целесообразно выполнять электродами марки ГС-1. Рекомендуется облицовка в один-два слоя швов, обращенных к рабочей среде, электродами других марок: для науглероживающих атмосфер — ОЗЛ/ЦТ-31М, для окислительных — ОЗЛ-35 или ОЗЛ-5.
- Прокалка перед сваркой: 180—200 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-38

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1273-081-00187197—96:

$$\frac{\text{мЗо-38-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 097 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 14,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	680
	Предел текучести, МПа	550
	Относительное удлинение, %	22
	Ударная вязкость, Дж/см^2	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,29
	Кремний	0,15
	Марганец	1,8
	Никель	24,3
	Хром	24,7
	Ниобий	1,6
	Фосфор	0,020
	Сера	≤0,012

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–90
4,0	90–140

Особые свойства:

- Обеспечивают получение металла шва с высокой жаропрочностью (длительная прочность 35 Дж/см^2 при температуре 950 °С за 1000 ч) и жаростойкостью на уровне основного металла.
- Эффективны при ремонте труб, бывших в длительной эксплуатации.

Технологические особенности сварки:

- Сварку корня шва рекомендуется выполнять аргонодуговым способом с присадочной проволокой Св-30Х15Н35 В3Б3Т диаметром 2,0 или 2,5 мм.
- Прокалка перед сваркой: 200 °С в течение 1 ч.

ВИ-ИМ-1

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-358—73:

$$\frac{\text{еС-СМ-1-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 000 з30}}.$$

Характеристики электродов:

- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	760
	Предел текучести, МПа	470
	Относительное удлинение, %	40
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,23
	Марганец	1,5
	Никель	Основа
	Молибден	13,7
	Хром	19,2
	Ванадий	1,2
	Фосфор	0,018
	Сера	0,007

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–60
2,5	40–75
3,0	60–90
4,0	100–130

Технологические особенности сварки:

- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ЦТ-28

Условное обозначение ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75, ТУ 14-4-1415—87:

$$\frac{\text{Э-08Х14н65М15е4д2-ЦТ-28-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 000 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	730
	Предел текучести, МПа	450
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	150
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,18
	Марганец	2,4
	Никель	Основа
	Молибден	14,6
	Хром	13,1
	Ванадий	4,1
	Фосфор	0,018
	Сера	0,009

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–100
4,0	100–140

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой жаростойкостью (глубина окисления при температуре 1000 °С за 3000 ч составляет 0,1 мм) и жаропрочностью (длительная прочность 100 Дж/см^2 при температуре 565 °С за 10 000 ч).

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят узкими валиками шириной не более 2,5 диаметра электрода.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ИМЕТ-10

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-04Х10н60М24-СМЕТ-10-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 086 зт30}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 15,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 3,0 мм) — 1,2 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,3 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	750
	Предел текучести, МПа	510
	Относительное удлинение, %	23
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,22
	Марганец	0,68
	Никель	основа
	Молибден	23,1
	Хром	10,4
	Фосфор	0,019
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	30–75
3,0	50–100

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с достаточной жаростойкостью до температуры 900 °С, высокой жаропрочностью (длительная прочность 80 Дж/см^2 при температуре 850 °С за 100 ч) и повышенной стойкостью против образования трещин.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят узкими валиками шириной не более трех диаметров электродов.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-2

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-881—78:

$$\frac{\text{мЗо-2-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 5060 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	580
	Предел текучести, МПа	380
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	160
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,27
	Марганец	1,7
	Никель	14,3
	Молибден	2,2
	Хром	20,3
	Фосфор	0,022
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	50–80
4,0	90–130
5,0	120–160

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой жаростойкостью до температуры 900 °С в окислительных средах, содержащих сернистые соединения, а также стойкостью к общей коррозии при испытаниях по методу ДУ ГОСТ 6032—89. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле до 7%.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-39

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-168-66—88:

$$\frac{\text{мЗо-39-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2981 з10}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 16,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 2,0 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	680
	Предел текучести, МПа	480
	Относительное удлинение, %	40
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	3,0
	Марганец	2,9
	Никель	14,0
	Ванадий	0,4
	Хром	17,0
	Фосфор	0,018
	Сера	0,008

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	65–100
4,0	90–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с малой склонностью к охрупчиванию при науглероживании и высокой жаростойкостью (глубина окисления при температуре 1050 °С за 1000 ч составляет 0,04 мм).
- Позволяют производить сварку способом сверху вниз.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 230—250 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-46

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1273-098-39534674—98:

$$\frac{\text{мЗо-46-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 031 тз20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,75 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	1060
	Предел текучести, МПа	≥750
	Относительное удлинение, %	14
	Ударная вязкость, Дж/см^2	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,25
	Марганец	0,5
	Никель	1,6
	Молибден	2,0
	Ванадий	0,13
	Хром	10,5
	Фосфор	0,020
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–120
4,0	100–160

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с достаточной жаропрочностью (длительная прочность 250 Дж/см^2 при температуре 600 °С за 100 ч).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 350 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ/ЦТ-31М

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-168-42—81:

$$\frac{\text{мЗо/ЦТ-31М-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 098 тз10}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	640
	Предел текучести, МПа	450
	Относительное удлинение, %	19
	Ударная вязкость, Дж/см^2	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,18
	Кремний	0,55
	Марганец	1,2
	Никель	34,5
	Ванадий	3,0
	Ниобий	2,4
	Хром	18,0
	Фосфор	0,015
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	75–105
4,0	95–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с малой склонностью к охрупчиванию при науглероживании и высокими жаростойкостью (глубина окисления при температуре 1050 °С за 1000 ч составляет 0,18 мм) и жаропрочностью (длительная прочность 30 Дж/см^2 при температуре 1000 °С за 120 ч).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 230—250 °С в течение 1 ч.

ГС-1

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-880—78:

$$\frac{\text{дС-1-}\varnothing\text{-еС}}{\text{Е 0077 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	770
	Предел текучести, МПа	560
	Относительное удлинение, %	28
	Ударная вязкость, Дж/см^2	90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	2,5
	Марганец	6,3
	Никель	9,4
	Хром	23,1
	Фосфор	0,023
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–90
4,0	90–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой сопротивляемостью науглероживанию в цементационных и им подобных средах, а также высокой жаростойкостью (глубина окисления при температуре 1000 °С за 5000 ч составляет 0,2 мм). Типичное содержание ферритной фазы в наплавленном металле 13,7%.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-5

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-12Х24н14С2-мЗо-5-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 0075 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12,5 г/А·ч.

- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Характеристики		Электроды	
		ЛЭЗОЗЛ-5	ОЗЛ-5
Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	590	650
	Предел текучести, МПа	–	450
	Относительное удлинение, %	24	34
	Ударная вязкость, Дж/см^2	60	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,14	0,1
	Кремний	1,2–2,2	1,98
	Марганец	1,0–2,0	1,8
	Никель	13,0–15,0	13,6
	Хром	22,0–25,0	23,8
	Ниобий	13,0–15,0	–
	Фосфор	Не более 0,04	0,022
	Сера	Не более 0,02	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	60–80	50–70	50–70
4,0	110–130	90–120	90–110
5,0	140–160	120–140	–

Особые свойства:

- Обеспечивают получение металла шва с высокой жаростойкостью (глубина окисления при температуре 1050 °С за 1000 ч составляет 0,04 мм). Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2,5—10% (типичное 5,4%).
- В температурном интервале сигматизации металл шва может приобретать склонность к охрупчиванию.

Технологические особенности сварки:

- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-25

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-10Х20н70д2М2е-мЗо-25-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 008 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки — 1,0 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	600
	Предел текучести, МПа	400
	Относительное удлинение, %	30
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,27
	Марганец	1,97
	Никель	Основа
	Молибден	1,6
	Вольфрам	0,23
	Хром	20,1
	Фосфор	0,018
	Сера	0,008

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–100

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой жаростойкостью (глубина окисления при температуре 1100 °С за 1000 ч составляет 0,035 мм).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-35

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-1190—82:

$$\frac{\text{мЗо-35-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 009 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 13,0 г/А·ч.

- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	670
	Предел текучести, МПа	450
	Относительное удлинение, %	33
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,7
	Марганец	2,1
	Никель	Основа
	Молибден	1,6
	Алюминий	0,45
	Хром	25,5
	Фосфор	0,012
	Сера	0,006

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–100
4,0	90–130

Особые свойства:

- Обеспечивают получение металла шва с высокой жаростойкостью (глубина окисления при температуре 1100 °С за 6000 ч составляет 0,13 мм, при 1200 °С за 2000 ч — 0,10 мм, при 1300 °С за 500 ч — 0,08 мм) и достаточной жаропрочностью (длительная прочность 60 Дж/см^2 при температуре 800 °С за 100 ч).

Технологические особенности сварки:

- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-28

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-320—73:

$$\frac{\text{мЗо-28-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 0000 тз2}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 3,0 мм) — 0,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,9 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	780
	Предел текучести, МПа	610
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,16
	Кремний	0,59
	Марганец	1,5
	Никель	8,2
	Молибден	0,96
	Хром	26,8
	Фосфор	0,021
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	50–90
3,0	70–100

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

3.7. Электроды для сварки специализированных сталей

В группу электродов для сварки специализированных сталей входят электроды, которые по назначению и совокупности характеристик не могут быть отнесены к другим группам электродов. Это электроды, предназначенные для сварки легированных и высоколегированных хладостойких сталей, высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л и т. п. Большинство электродов этой группы применяют также для сварки разнородных сталей.

Электроды этой группы представлены в табл. 3.8.

Таблица 3.8. Электроды для сварки специализированных сталей

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ОЗЛ-19	Э-10Х23Н12Г	–	E23.12S20	E23.12RB20	3,0	350	40		=/+/	Сварка и заварка дефектов литья конструкций из высокомарганцовистой стали марки 110Г13Л, а также сварка этой стали с другими сталями, в том числе с легированными типа 30ХГСА и углеродистыми типа сталь 35. Сварка в нижнем, вертикальном и ограниченно потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности	Заварка дефектов литья из стали марки 110Г13Л. Сварка разнородных сталей
					4,0	350	22				
НИИ-48Г	Э-10Х20Н9Г6С	E307-15	E18.8MnB20	E18.8Mn6B20	3,0	320	46		=/+/	Сварка ответственных конструкций из низколегированных и специальных сталей, высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л, а также сварка таких сталей с хромоникелевыми аустенитными сталями. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка разнородных сталей
					4,0	330	24				
					5,0	350	14				
ЭА-395/9	Э-08Х16Н26М6 АГ2	–	E16.25.6B20	E16.25.6B20	2,0	–	–		=/+/	Сварка легированных высокопрочных сталей типа АК и высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности. Сварка разнородных сталей
					2,5	–	–				
					3,0	320	43				
					4,0	360	21				
					5,0	360	14				

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN							
ЭА-981/15	Э-10Х15Н25М6Г2 АФ	–	E16.25.6B20	E16.25.6B20	2,0	–	–		=/+/	Сварка легированных высокопрочных сталей типа АК и высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности. Сварка разнородных сталей
					2,5	–	–				
					3,0	320	42				
					4,0	370	21				
					5,0	370	13				
ЭА-112/15	Э-10Х15Н25М6Г2 АФ	–	E16.25.6B20	E16.25.6B20	2,0	270	110		=/+/	Сварка легированных высокопрочных сталей типа АК и высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности. Сварка разнородных сталей
					2,5	270	91				
					3,0	320	42				
					4,0	370	21				
					5,0	370	14				
ОЗЛ-44	Э-10Х20Н75М2Г2БТЮФ	–	–	EL-NiCr21Mo2MN2Nb1	3,0	300	44		=/+/	Сварка конструкций из хладостойких сталей типа ОН6 и ОН9, работающих при низких температурах до минус 196 °С, а также разнородных сталей и сплавов. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка разнородных сталей и сплавов
					4,0	340	21				
АНВ-20	Э-02Х19Н16Г3М	–	E19.16. Mn3W2RB20	E19.16. Mn3W2RB20	3,0	300	41		=/+/	Сварка высоколегированной хладостойкой стали марки 03Х20Н16 АГ6, применяемой в криогенном машиностроении. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	–
					4,0	400	21				
ОЗЛ-25Б	Э-10Х20Н70Г2М2Б2 В	ENiCrFe-2	–	EL-NiCr15MoNb	3,0	280	45		=/+/	Сварка хладостойких и разнородных сталей и чугуна. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов. Сварка разнородных сталей и сплавов
					4,0	340	21				

3.7.1. Характеристики электродов для сварки специализированных сталей

ОЗЛ-19

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1273-106-36534674—99:

$$\frac{\text{мЗо-19-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2070 тз20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 12,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	650
	Предел текучести, МПа	410
	Относительное удлинение, %	33
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,43
	Марганец	1,4
	Никель	13,2
	Хром	23,4
	Фосфор	0,022
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–80
4,0	100–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение сварного соединения с повышенной сопротивляемостью образованию горячих трещин за счет малого проплавления основного металла при сварке.
- Металл шва обладает стойкостью к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89 без провоцирующего отпуска и жаростойкостью до температуры 1000 °С. Типичное содержание ферритной фазы в наплавленном металле 5%.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

НИИ-48Г

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-10Х20н9д6С-нСС-48д-}\varnothing\text{-еС}}{\text{Е 0050 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	580
	Предел текучести, МПа	39
	Относительное удлинение, %	150
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,60
	Марганец	5,9
	Никель	9,7
	Хром	19,6
	Фосфор	0,018
	Сера	0,012

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–130
4,0	130–180
5,0	170–200

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с достаточной жаростойкостью до температуры 800 °С.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 200 °С в течение 1 ч.

ЭА-395/9

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ В5Р.9374—81:

$$\frac{\text{ЭА-395/9-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	690
	Предел текучести, МПа	470
	Относительное удлинение, %	37
	Ударная вязкость, Дж/см^2	210
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,6
	Марганец	1,2
	Никель	25,0
	Хром	15,5
	Молибден	5,4
	Азот	0,12
	Фосфор	0,020
	Сера	0,007

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–110
4,0	100–170
5,0	120–200

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 200—250 °С в течение 2 ч.

ЭА-981/15

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ В5Р.9374—81:

$$\frac{\text{ЭА-981/15-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	720
	Предел текучести, МПа	540
	Относительное удлинение, %	29
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,30
	Марганец	2,0
	Никель	24,5

Химический состав наплавленного металла, %	Хром	15,5
	Молибден	5,7
	Ванадий	1,2
	Азот	0,15
	Фосфор	0,017
	Сера	0,005

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–110
4,0	100–160
5,0	130–200

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 340—380 °С в течение 1 ч.

ЭА-112/15

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ В5Р.9374—81:

$$\frac{\text{ЭА-112/15-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	700
	Предел текучести, МПа	490
	Относительное удлинение, %	29
	Ударная вязкость, Дж/см^2	200
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,5
	Марганец	2,1
	Никель	24,5
	Хром	15,0
	Молибден	6,5
	Ванадий	1,3
	Азот	0,08
	Фосфор	0,018
	Сера	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–60
2,5	45–80
3,0	50–110
4,0	90–160
5,0	130–180

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 340—380 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-44

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1273-085-00187197—96:

$$\frac{\text{мЗо-44-}\varnothing\text{-оеД}}{\text{Е 007 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	680
	Предел текучести, МПа	490
	Относительное удлинение, %	35
	Ударная вязкость, Дж/см^2	185
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,25
	Марганец	1,9
	Никель	Основа
	Хром	21,3
	Молибден	2,4
	Ниобий	1,0
	Титан	0,1
	Вольфрам	0,2
	Алюминий	0,1
	Фосфор	0,01
	Сера	0,01

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–90
4,0	90–150

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой хладостойкостью (при температуре −196 °С KCV = 60—75 Дж/см^2) и стойкостью к порообразованию при сварке во всех пространственных положениях шва.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

АНВ-20

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-597—75:

$$\frac{\text{Ане-20-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 000 тз20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	680
	Предел текучести, МПа	470
	Относительное удлинение, %	36
	Ударная вязкость, Дж/см^2	190
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	Не более 0,04
	Кремний	Не более 0,25
	Марганец	3,0
	Никель	16,3
	Хром	18,7
	Молибден	3,1
	Вольфрам	2,1
	Азот	0,18
	Фосфор	0,017
	Сера	0,007

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–110
4,0	80–140

Особые свойства:
• Обеспечивают получение металла шва с высокой хладостойкостью.
Технологические особенности сварки:
• Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-25Б

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75, ТУ 1273-101-36534674—96:

$$\frac{\text{Э-10Х20н70д2М2з2е-мЗо-25з-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 087 з20}}.$$

Характеристики электродов:
• Покрытие — основное.
• Коэффициент наплавки — 14,0 г/А·ч.
• Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
• Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	670
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,34
	Марганец	2,25
	Никель	Основа
	Хром	19,8
	Молибден	1,9
	Вольфрам	0,19
	Ниобий	1,6
	Фосфор	0,016
	Сера	0,007

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–100
4,0	90–130

Особые свойства:

- Обеспечивают получение металла шва с высокими механическими и специальными свойствами: жаростойкость до температуры 1000 °С, длительная прочность 75 Дж/см^2 при температуре 850 °С за 100 ч, коррозионная стойкость — скорость коррозии не более 0,02 мм/год (30% H_2SO_4 + 10% HNO_3 при 80 °С в течение 96 ч).

Технологические особенности сварки:

- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

3.8. Электроды для сварки разнородных сталей и сплавов

К группе электродов для сварки разнородных сталей и сплавов относятся электроды, обеспечивающие получение требуемых эксплуатационных характеристик сварных соединений при сварке разнородных сталей и сплавов на железоникелевой и никелевой основах.

Разнородными сталями и сплавами являются материалы, резко отличающиеся системой легирования, физико-механическими свойствами и свариваемостью. По признаку «разнородности» стали условно можно разделить на следующие 4 группы:

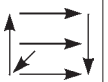
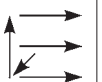
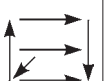
- углеродистые и низколегированные
- легированные повышенной и высокой прочности
- теплоустойчивые
- высоколегированные.

Сварка разнородных сталей и сплавов может существенно отличаться от сварки однородных материалов. Это обусловлено возрастающей вероятностью появления трещин в металле шва, возникновением в зоне сплавления участков со структурной неоднородностью, приводящей к изменению прочностных и пластических характеристик, чрезмерным ростом остаточных напряжений в сварных соединениях из-за значительной разницы в коэффициентах линейного расширения свариваемых материалов.

Большинство электродов, используемых при сварке разнородных сталей и сплавов, относится к электродам, предназначенным для сварки высоколегированных сталей и легированных сталей повышенной и высокой прочности, обеспечивающих получение металла шва с аустенитной структурой.

В табл. 3.9 приведены электроды для сварки разнородных сталей и сплавов. Представленные в табл. 3.10 данные, составлены с учетом опыта промышленного применения и призваны помочь сделать правильный выбор конкретной марки электродов.

Таблица 3.9. Электроды для сварки разнородных сталей и сплавов

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN	EN							
АНЖР-1	Э-08Х24Н60М10Г2	–	–	E24.60. 10Mn2B20	EL- NiCr24Mo10Mn2	3,0	310	42		=/+/	Сварка теплоустойчивых сталей с высоколегированными жаропрочными сталями. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка закаливаемых сталей без предварительного подогрева и последующей термообработки. Рабочая температура до 550–660 °С
						4,0	350	22				
						5,0	350	–				
ОЗЛ-27	Э-20Х26Н10М3Г2	E312-16	E25.10. 3Mn1,5RB26	–	–	2,5	300	45		~, =/+/	Сварка углеродистых сталей с трудносвариваемыми легированными сталями (инструментальными, штамповыми), в том числе неконструкционными трудносвариваемыми сталями а также наплавка изделий из таких сталей. Возможна сварка и наплавка других разнородных сталей и чугуна. Сварка во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности	Сварка чугуна
						3,0	300					
АНЖР-2	Э-08Х24Н60М10Г2	–	E24.40. 8Mn2B20	E24.40. 8Mn2B20	–	3,0	320	41		=/+/	Сварка теплоустойчивых сталей с высоколегированными жаропрочными сталями. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка закаливаемых сталей без предварительного подогрева и последующей термообработки. Рабочая температура до 450–550 °С
						4,0	370	20				
						5,0	370	12				

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN	EN							
ОЗЛ-28	Э-20Х27Н8Г2М	E312-16	E27. 8MoMnRB26	–	–	2,5	310	45		~, =/+/	Сварка углеродистых сталей с трудносвариваемыми легированными сталями (инструментальными, штамповыми), в том числе неконструкционными трудносвариваемыми сталями, а также наплавка изделий из таких сталей. Возможна сварка и наплавка других разнородных сталей, в т.ч. высоколегированных и чугуна. Сварка во всех пространственных положениях шва переменным током и постоянным током обратной полярности	Сварка чугуна
						3,0	340	34				
ОЗЛ-6	Э-10Х25Н13Г2	E309-15	E23.12B20	E23.12B20	–	3,0	350	39		=/+/	Сварка углеродистых и низколегированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями. Сварка в нижнем, вертикальном и потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности	–
						4,0	350	23				
						5,0	450	8				
ОЗЛ-6С	Э-10Х25Н13Г2	E309-15	E23.12S20	E23.12S20	–	2,5	300	–		=/+/	Сварка высоколегированных аустенитных сталей с углеродистыми и низколегированными сталями в нижнем, вертикальном и потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности	–
						3,0	350	27				

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN	EN							
ВИ-ИМ-1	–	ENiCrMo-4	–	EL-NiCr19Mo14W	–	2,0	280	101		=/+/	Сварка разнородных сталей и сплавов. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка конструкций из жаростойких сталей и сплавов типа ХН67МВТЮЛ, ХН64МТЮР, ХН78Т, ХН77ТЮР и ХН56 ВМТЮ
						2,5	280	65				
						3,0	300	42				
						4,0	330	21				
НИАТ-5	Э-11Х15Н25М6 АГ2	–	E16.25.6B30	E16.25.6B30	–	2,0	280	110		=/+/	Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями. Сварка в нижнем, вертикальном и ограниченно потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка легированных сталей повышенной и высокой прочности
						2,5	280	91				
						3,0	320	41				
						4,0	360	21				
						5,0	360	13				
ЭА-395/9	Э-08Х16Н26М6 АГ2	–	E16.25.6B20	E16.25.6B20	–	2,0	–	–		=/+/	Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка легированных сталей повышенной и высокой прочности
						2,5	–	–				
						3,0	320	43				
						4,0	360	21				
						5,0	360	14				

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN	EN							
ЭА-981/15	Э-10Х15Н25М6Г2 АФ	–	E16.25.6B20	E16.25.6B20	–	2,0	–	–		=/+/	Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными аустенитными сталями. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка легированных сталей повышенной и высокой прочности
						2,5	–	–				
						3,0	320	42				
						4,0	370	21				
						5,0	370	13				
ЭА-112/15	Э-10Х15Н25М6Г2 АФ	–	E16.25.6B20	E16.25.6B20	–	2,0	270	110		=/+/	Сварка низколегированных, специальных и высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л с высоколегированными аустенитными сталями. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка легированных сталей повышенной и высокой прочности
						2,5	270	91				
						3,0	320	42				
						4,0	370	21				
						5,0	370	14				
НИИ-48Г	Э-10Х20Н9Г6С	–	E16.25.6B20	E16.25.6B20	–	2,0	–	–		=/+/	Сварка низколегированных, специальных и высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л с высоколегированными аустенитными сталями. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка специализированных сталей
						2,5	–	–				
						3,0	320	43				
						4,0	360	21				
						5,0	360	14				
ОЗЛ-19	Э-10Х23Н12Г	–	E23.12S20	E23.12RB20	–	3,0	350	40		=/+/	Сварка высокомарганцовистой стали марки 110Г13Л с легированными сталями типа 30ХГСА и углеродистыми сталями типа сталь 35. Сварка в нижнем, вертикальном и ограниченно потолочном положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка специализированных сталей
						4,0	350	22				

Марка электрода	Тип электрода по:					Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	ISO	DIN	EN							
ОЗЛ-25Б	Э-10Х20Н70Г2М2Б2 В	ENiCrFe-2	–	EL-NiCr15MoNb	–	3,0	280	45		=/+/	Сварка разнородных сталей. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов
						4,0	340	21				
ИМЕТ-10	Э-04Х10Н60М24	–	–	EL-NiCr10Mo23	–	2,5	290	55		=/+/	Сварка разнородных жаропрочных сталей и сплавов. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов
						3,0	290	39				
ОЗЛ-44	Э-10Х20Н75М2Г2БТЮФ	–	–	EL-NiCr21Mo2MN2Nb1	–	3,0	300	44		=/+/	Сварка разнородных сталей и сплавов. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка специализированных сталей
						4,0	340	21				
ЦТ-28	Э-08Х14Н65М15 В4Г2	ENiCrMo-5	–	EL-NiCr14Mo15W4Mn2	–	3,0	300	43		=/+/	Сварка перлитных и хромистых сталей со сплавами на никелевой основе. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов
						4,0	330	22				
ОЗЛ-32	Э-10Н95Г2	ENi1-15	–	EL-NiTi3	–	3,0	300	42		=/+/	Сварка углеродистых и высоколегированных коррозионно-стойких сталей с никелем. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка цветных металлов
						4,0	340	21				
В-56У	Э-05Н70Д30	ENICu7	–	EL-NiCu30Mn	–	3,0	340	34		=/+/	Сварка углеродистых сталей с монель-металлом. Сварка в нижнем и полувертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	Сварка цветных металлов
						4,0	360	19				

Таблица 3.10. Некоторые наиболее распространенные типы и марки электродов, предназначенные для сварки различных сочетаний разнородных сталей и сплавов

Группа сталей и сплавов		Углеродистые и низколегированные стали	Легированные стали повышенной и высокой прочности	Теплоустойчивые стали	Высоколегированные		Сплавы на никелевой основе
					аустенитные	жаропрочные	
Углеродистые и низколегированные стали		–	Э42 А – Э100 ОЗЛ-27, ОЗЛ-28	Э42 А – Э50 А	ОЗЛ-6, (ОЗЛ-6С), НИАТ-5, ЭА-395/9, НИИ-48Г	ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Легированные стали повышенной и высокой прочности		Э42 А – Э100, ОЗЛ-27, ОЗЛ-28	–	Э50 А-Э85	НИАТ-5, ЭА-395/9	–	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Теплоустойчивые стали		Э42 А – Э50 А	Э50 А – Э85	–	ЭА-395/9	АНЖР-1, АНЖР-2	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Высоколегированные	аустенитные	ОЗЛ-6, (ОЗЛ-6С), НИАТ-5, ЭА-395/9, НИИ-48Г	НИАТ-5, ЭА-395/9	ЭА-395/9	–	ОЗЛ-25Б, ИМЕТ-10	ОЗЛ-25Б
	жаропрочные	ОЗЛ-25Б	–	АНЖР-1, АНЖР-2	ОЗЛ-25Б, ИМЕТ-10	–	ИМЕТ-10, ОЗЛ-25Б
Сплавы на никелевой основе		ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ОЗЛ-25Б	ИМЕТ-10, ОЗЛ-25Б	–

3.8.1. Электроды для сварки разнородных сталей и сплавов

АНЖР-1

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-568—74:

$$\frac{\text{Анбт-1-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 001 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 15,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	730
	Предел текучести, МПа	470
	Относительное удлинение, %	36
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,30
	Марганец	1,92
	Никель	59,6
	Хром	23,6
	Молибден	9,9
	Титан	0,07
	Фосфор	0,019
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–95
4,0	100–125
5,0	120–145

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-27

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-319—73:

$$\frac{\text{мЗо-27-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 0000 тз25}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 3,0 мм) — 0,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,9 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	840
	Предел текучести, МПа	670
	Относительное удлинение, %	18
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,19
	Кремний	0,54
	Марганец	1,63
	Никель	10,3
	Хром	25,5
	Молибден	3,1
	Фосфор	0,019
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	50–90
3,0	70–100

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

АНЖР-2

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-598—75:

$$\frac{\text{Анбт-2-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 001 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 14,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	680
	Предел текучести, МПа	440
	Относительное удлинение, %	39
	Ударная вязкость, Дж/см^2	160

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,36
	Марганец	1,94
	Никель	39,9
	Хром	24,2
	Молибден	7,6
	Титан	0,05
	Фосфор	0,019
	Сера	0,009

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–95
4,0	100–125
5,0	120–160

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-28

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-320—73:

$$\frac{\text{мЗо-28-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 0000 тз25}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 3,0 мм) — 0,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,9 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	780
	Предел текучести, МПа	610
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,16
	Кремний	0,59
	Марганец	1,5
	Никель	8,2
	Хром	26,8

Химический состав наплавленного металла, %	Молибден	0,96
	Фосфор	0,021
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	50–90
3,0	70–100

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-6

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-10Х25н13д2-мЗо-6-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2975 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	610
	Предел текучести, МПа	410
	Относительное удлинение, %	33
	Ударная вязкость, Дж/см^2	150
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,38
	Марганец	1,9
	Никель	12,8
	Хром	24,9
	Фосфор	0,022
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	50–80
4,0	100–140
5,0	120–160

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой жаростойкостью до температуры 1000 °С и стойкостью к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89.
- В температурном интервале сигматизации металл шва может приобретать склонность к охрупчиванию. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2,5—10% (типичное 5,3%).

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-6С

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-10Х25н13д2-мЗо-6С-}\varnothing\text{-ед}}{\text{Е 2005 п20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,65 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	580
	Предел текучести, МПа	470
	Относительное удлинение, %	35
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,3
	Марганец	1,5
	Никель	13,0
	Хром	24,0
	Фосфор	0,009
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	60–110
3,0	80–140

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва, стойкого к межкристаллитной коррозии по методу АМУ ГОСТ 6032—89. Содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2,5—10% (типичное — 3,5%).

Технологические особенности сварки:
- Позволяют производить сварку на высоких значениях сварочного тока без перегрева стержня.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

НИАТ-5

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75 или ОСТ 1.42049—80:

$$\frac{\text{Э-11Х15н25М6Ад2-нСАТ-5-}\varnothing\text{-оеД}}{\text{Е 000 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	660
	Предел текучести, МПа	400
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,23
	Марганец	1,6
	Никель	25,4
	Хром	15,4
	Молибден	5,8
	Азот	0,12
	Фосфор	0,022
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–60
2,5	30–80
3,0	50–110
4,0	90–160
5,0	130–180

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой и предельно короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 240—250 °С в течение 1 ч.

ЭА-395/9

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ В5Р.9374—81:

$$\frac{\text{ЭА-395/9-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	690
	Предел текучести, МПа	470
	Относительное удлинение, %	37
	Ударная вязкость, Дж/см^2	210
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,6
	Марганец	1,2
	Никель	25,0
	Хром	15,5
	Молибден	5,4
	Азот	0,12
	Фосфор	0,020
	Сера	0,007

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–110
4,0	100–170
5,0	120–200

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 200—250 °С в течение 2 ч.

ЭА-981/15

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ В5Р.9374—81:

$$\frac{\text{ЭА-981/15-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.

- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	720
	Предел текучести, МПа	540
	Относительное удлинение, %	29
	Ударная вязкость, Дж/см^2	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,30
	Марганец	2,0
	Никель	24,5
	Хром	15,5
	Молибден	5,7
	Ванадий	1,2
	Азот	0,15
	Фосфор	0,017
	Сера	0,005

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–110
4,0	100–160
5,0	130–200

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 340—380 °С в течение 1 ч.

ЭА-112/15

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ОСТ 5.9244—87, ОСТ В5Р.9374—81:

$$\frac{\text{ЭА-112/15-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	700
	Предел текучести, МПа	490
	Относительное удлинение, %	29
	Ударная вязкость, Дж/см^2	200

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,5
	Марганец	2,1
	Никель	24,5
	Хром	15,0
	Молибден	6,5
	Ванадий	1,3
	Азот	0,08
	Фосфор	0,018
	Сера	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–60
2,5	45–80
3,0	50–110
4,0	90–160
5,0	130–180

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят на короткой длине дуги.
- Прокалка перед сваркой: 340—380 °С в течение 1 ч.

НИИ-48Г

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-10Х20н9д6С-нСС-48д-}\varnothing\text{-еС}}{\text{Е 0050 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	580
	Предел текучести, МПа	39
	Относительное удлинение, %	150
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,60
	Марганец	5,9
	Никель	9,7

Химический состав наплавленного металла, %	Хром	19,6
	Фосфор	0,018
	Сера	0,012

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–130
4,0	130–180
5,0	170–200

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с достаточной жаростойкостью до температуры 800 °С.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 200 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-19

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1273-106-36534674—99:

$$\frac{\text{мЗо-19-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 2070 тз20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 12,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	650
	Предел текучести, МПа	410
	Относительное удлинение, %	33
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,43
	Марганец	1,4
	Никель	13,2
	Хром	23,4
	Фосфор	0,022
	Сера	0,011

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–80
4,0	100–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение сварного соединения с повышенной сопротивляемостью образованию горячих трещин за счет малого проплавления основного металла при сварке.
- Металл шва обладает стойкостью к межкристаллитной коррозии при испытаниях по методу АМУ ГОСТ 6032—89 без провоцирующего отпуска и жаростойкостью до температуры 1000 °С. Типичное содержание ферритной фазы в наплавленном металле 5%.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-25Б

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75, ТУ 1273-101-36534674—75:

$$\frac{\text{Э-10Х20н70д2М2з2е-мЗо-25з-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 087 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 14,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	670
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,34
	Марганец	2,25
	Молибден	1,9
	Никель	Основа
	Хром	19,8
	Ниобий	1,6
	Ванадий	0,19
	Фосфор	0,016
	Сера	0,007

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–100
4,0	90–130

Особые свойства:

- Обеспечивают получение металла шва с высокими механическими и специальными свойствами: жаростойкость до температуры 1000 °С, длительная прочность 75 Дж/см^2 при температуре 850 °С более 100 ч, коррозионная стойкость — скорость коррозии не более 0,02 мм/год (30% H_2SO_4 + 10% HNO_3 при 80 °С в течение 96 ч).

Технологические особенности сварки:

- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ИМЕТ-10

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-04Х10н60М24-СМЕТ-10-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 086 зт30}}.$$

Характеристики электродов:

- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 15,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 3,0 мм) — 1,2 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,3 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	750
	Предел текучести, МПа	510
	Относительное удлинение, %	23
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,22
	Марганец	0,68
	Молибден	23,1
	Никель	Основа
	Хром	10,4
	Фосфор	0,010
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	30–75
3,0	50–100

Особые свойства:

- Обеспечивают получение металла шва с достаточной жаростойкостью до температуры 900 °С, высокой жаропрочностью (длительная прочность 80 Дж/см^2 при температуре 850 °С за 100 ч) и повышенной стойкостью против образования трещин.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят узкими валиками шириной не более трех диаметров электродов.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-44

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1273-085-00187197—96:

$$\frac{\text{мЗо-44-}\varnothing\text{-оеД}}{\text{Е 007 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	680
	Предел текучести, МПа	490
	Относительное удлинение, %	35
	Ударная вязкость, Дж/см^2	185
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,25
	Марганец	1,9
	Молибден	0,25
	Никель	Основа
	Хром	0,25
	Ниобий	1,0
	Титан	0,1
	Вольфрам	0,2
	Алюминий	0,1
	Фосфор	0,01
	Сера	0,01

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–90
4,0	90–150

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой хладостойкостью (при температуре —196 °С KCV = 60—75 Дж/см^2) и стойкостью к порообразованию при сварке во всех пространственных положениях шва.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ЦТ-28

Условное обозначение ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75, ТУ 14-4-1415—87:

$$\frac{\text{Э-08Х14н65М15е4д2-ЦТ-28-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 000 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	730
	Предел текучести, МПа	450
	Относительное удлинение, %	38
	Ударная вязкость, Дж/см^2	150
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,18
	Марганец	2,4
	Молибден	14,6
	Никель	Основа
	Хром	13,1
	Вольфрам	4,1
	Фосфор	0,018
	Сера	0,009

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–100
4,0	100–140

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой жаростойкостью (глубина окисления при температуре 1000 °С за 3000 ч составляет 0,1 мм) и жаропрочностью (длительная прочность 100 Дж/см^2 при температуре 565 °С за 10 000 ч).

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят узкими валиками шириной не более 2,5 диаметров электрода.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЛ-32

Обозначение в документации по ТУ 14-4-786—76:

$$\frac{\text{мЗо-32-}\varnothing}{}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	470
	Предел текучести, МПа	340
	Относительное удлинение, %	30
	Ударная вязкость, Дж/см^2	185
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	1,2
	Марганец	1,8
	Алюминий	0,3
	Никель	65
	Титан	1,1
	Железо	1,8
	Фосфор	0,009
	Сера	0,006

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	110–140
4,0	140–180

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой коррозионной стойкостью в щелочных и хлорсодержащих средах.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят ниточными валиками с амплитудой поперечных колебаний электрода не более двух его диаметров. Электрод держат почти перпендикулярно к изделию, дугу обрывают постепенно, отводя ее на наплавленный металл.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

В-56У

Обозначение в документации по ТУ 14-4-807—77:

$$\underline{\text{е-56У-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	550
	Предел текучести, МПа	≥20
	Относительное удлинение, %	130
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,3
	Марганец	4,1
	Алюминий	0,2
	Никель	65
	Титан	0,2
	Железо	0,9
	Медь	Остальное
	Сера	0,008

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–110
4,0	120–140

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой коррозионной стойкостью в средах, содержащих хлористый водород и сероводород, при температуре до 200 °С.

Технологические особенности сварки:

- Сварку производят валиками шириной не более 12 мм.
- Прокалка перед сваркой: 450—460 °С в течение 1 ч.

3.9. Электроды для наплавки

В группу электродов для наплавки входят электроды, предназначенные для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (кроме электродов для наплавки слоев из цветных металлов). Для наплавочных работ в некоторых случаях также используют сварочные электроды, например, электроды, предназначенные для сварки высоколегированных коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей.

Согласно ГОСТ 10051—75 электроды для наплавки поверхностных слоев по химическому составу наплавленного металла и твердости при нормальной температуре классифицированы на 44 типа (например, электроды типа Э-16Г2ХМ, Э-110Х14 В13Ф2, Э-13Х16Н8М5С5Г46). Наплавленный металл многих электродов регламентируется техническими условиями предприятий-изготовителей.

В зависимости от принятой системы легирования и условий работы получаемого наплавленного металла электроды для наплавки могут быть условно разделены на следующие 6 групп:

- *1-я группа.* Электроды, обеспечивающие получение низкоуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок (по назначению к этой группе относятся некоторые марки электродов 3-ей группы).
- *2-я группа.* Электроды, обеспечивающие получение среднеуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок при нормальной и повышенной температурах (до 600—650 °С).
- *3-я группа.* Электроды, обеспечивающие получение углеродистого, легированного (или высоколегированного) наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок
- *4-я группа.* Электроды, обеспечивающие получение углеродистого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях больших давлений и высоких температур (до 650—850 °С).
- *5-я группа.* Электроды, обеспечивающие получение высоколегированного аустенитного наплавленного метала с высокой стойкостью в условиях коррозионно-эрозионного изнашивания и трения металла о металл при повышенных температурах (до 570—600 °С).
- *6-я группа.* Электроды, обеспечивающие получение дисперсноупрочняемого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в тяжелых температурно-деформационных условиях (до 950—1100 °С).

Необходимо отметить, что производство наплавочных работ требует применения специальной технологии, которая в зависимости от химического состава и состояния основного и наплавляемого металлов может включать обязательное выполнение таких операций, как предварительный и сопутствующий подогрев, термическую обработку для получения заданных эксплуатационных свойств наплавляемой поверхности.

В табл. 3.11 приведены электроды для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

Таблица 3.11. Электроды для наплавки

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение наплавки	Род сварочного тока	Основное назначение	Твердость наплавленного металла
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	DIN							
1-я группа										
ОЗН-300М	Э-11Г3С	–	E1-UM300-P	4,0	450	17	→	~, =/+/	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и низколегированных сталей (например, валы, оси, автосцепки, крестовины, другие детали автомобильного и железнодорожного транспорта), работающих в условиях трения и ударных нагрузок. Наплавка в нижнем положении переменным током и постоянным током обратной полярности	НВ 270–360
				5,0	450	11				
ОЗН-400М	Э-15Г4С	–	E1-UM400-P	4,0	450	16	→	~, =/+/	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и низколегированных сталей (например, валы, оси, автосцепки, крестовины, другие детали автомобильного и железнодорожного транспорта), работающих в условиях трения и ударных нагрузок. Наплавка в нижнем положении переменным током и постоянным током обратной полярности	НВ 360–430
				5,0	450	10				
ОМГ-Н	Э-65Х11Н3	–	E6-UM40-KP	4,0	450	13	→	~, =/+/	Наплавка изношенных участков и заварка дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из высокомарганцовистой стали марки 110Г13Л. Наплавка в нижнем и наклонном положениях переменным током и постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 27–35
				5,0	450	8				

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение наплавки	Род сварочного тока	Основное назначение	Твердость наплавленного металла
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	DIN							
ЦНИИН-4	Э-65Х25Г13Н3	–	E8-UM300-P	4,0	340	20		=/+/	Наплавка изношенных участков и заварка дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из высокомарганцовистых сталей типа 110Г13Л. Наплавка в нижнем положении постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 25–37
ЛЭЗ-4	Э-65Х25Г13Н3	–	–	3,0	–	–		=/+/	Аналог ЦНИИН-4. Для наплавки и заварки постоянным током обратной полярности дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из высокомарганцовистой стали	$HRC_э$ 25–37
2-я группа										
ОЗШ-1	Э-16Г2ХМ	E 12015-BI	–	3,0	350	38		=/+/	Наплавка молотовых и высадочных штампов	НВ 320–365
				4,0	450	17				
				5,0	450	11				
УОНИ-13/НЖ/20Х13	Э-20Х13	–	E6-UM45-CPT	3,0	310	45		=/+/	Наплавка штампов холодной и горячей (до 400 °С) обрезки, а также быстроизнашивающихся деталей машин. Наплавка в нижнем и наклонном положениях постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 41,5–49,5
				4,0	350	35				
				5,0	450	11				
ОЗШ-3	Э-37Х9С2	–	E6-UM55-T	2,5	350	42		=/+/	Наплавка обрезных и вырубных штампов холодной и горячей штамповки (с температурой нагрева рабочих поверхностей до 650 °С), а также других быстроизнашивающихся деталей машин и оборудования. Наплавка в нижнем и вертикальном положениях постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 53–59
				3,0	350	39				
				4,0	450	14				
				5,0	450	9				

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение наплавки	Род сварочного тока	Основное назначение	Твердость наплавленного металла
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	DIN							
ОЗШ-7	Э-5Х10С3М	–	E6-UM55-PTZ	2,5	350	41		=/+/	Наплавка кузнечно-штамповой оснастки, эксплуатируемой при температуре до 650 °С, а также других деталей, работающих в условиях интенсивного трения металла по металлу. Наплавка в нижнем и вертикальном положениях постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ ≥56
				3,0	350	30				
				4,0	450	13				
				5,0	450	9				
ОЗШ-2	Э-10Х5М10 В2Ф	–	E4-UM60-PT	2,5	350	42		=/+/	Наплавка штампов горячей штамповки, металлорежущего инструмента (взамен сталей типа Р9) и быстроизнашивающихся деталей машин и оборудования в нижнем и наклонном положениях постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ ≥ 57
				3,0	350	29				
				4,0	450	13				
ЭН-60М	Э-70Х3СМТ	–	E2-UM55-GT	2,5	350	49		=/+/	Наплавка штампов всех типов, работающих с нагревом контактных поверхностей до температуры 400 °С, а также быстроизнашивающихся деталей станочного оборудования (направляющих, эксцентриков, шестерен и др.). Наплавка в нижнем и полувертикальном положениях постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 53–61
				3,0	350	37				
				4,0	450	16				
				5,0	450	9				
ОЗИ-3	Э-90Х4М4 ВФ	–	E4-UM60-GT	3,0	350	32		=/+/	Наплавка штампов холодной и горячей штамповки, работающих с нагревом контактных поверхностей до температуры 650 °С, а также быстроизнашивающихся деталей горно-металлургического и станочного оборудования. Наплавка в нижнем положении постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 59–64
				4,0	450	14				
				5,0	450	9				

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение наплавки	Род сварочного тока	Основное назначение	Твердость наплавленного металла
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	DIN							
3-я группа										
ОЗН-6	Э-90Х4Г2С3Р	–	E2-UM60-GP	4,0	450	15		~, =/+/	Наплавка быстроизнашивающихся деталей горнодобывающих, строительных машин и другого оборудования, работающего в условиях интенсивного абразивного изнашивания и значительных ударных нагрузок. Наплавка в нижнем, вертикальном и ограниченно потолочном положениях переменным током и постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ ≥58
				5,0	450	10				
ОЗН-7	Э-75Х5Г4С3РФ	–	E5-UM55-GP	4,0	450	14		=/+/	Наплавка быстроизнашивающихся деталей, преимущественно из стали марки 110Г13Л, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания и значительных ударных нагрузок. Наплавка в нижнем и наклонном положениях постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ ≥56
				5,0	450	10				
ОЗН-7М	Э-75Х5Н2СФР	–	E2-UM55-GP	4,0	450	14		=/+/	Наплавка быстроизнашивающихся деталей, преимущественно из стали марки 110Г13Л, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания и значительных ударных нагрузок. Наплавка в нижнем и наклонном положениях постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ ≥56
				5,0	450	10				
ОЗН/ВСН-9	Э-115Х17Н3Г2СРТ	–	E6-UM50-GP	4,0	450	12		=/+/	Наплавка деталей землеройных машин, работающих в условиях интенсивного ударно-абразивного воздействия мерзлых грунтов. Наплавка в нижнем положении постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ ≥46
				5,0	450	8				

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение наплавки	Род сварочного тока	Основное назначение	Твердость наплавленного металла
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	DIN							
ВСН-6	Э-110Х14 В13Ф2	–	E6-UM55-GP	4,0	450	10	→	=/+/	Наплавка быстроизнашивающихся деталей из углеродистых и высокомарганцовистых сталей, работающих при значительных ударных нагрузках и в условиях абразивного изнашивания. Наплавка в нижнем положении постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 51–56,5
				5,0	450	6				
ЭНУ-2	Э-360Х15Г3Р	–	E10-UM60-GP	4,0	450	13	→	~, =/+/	Наплавка быстроизнашивающихся стальных и чугунных деталей машин, работающих в условиях абразивного изнашивания при умеренных ударных нагрузках. Наплавка в нижнем и слегка наклонном положениях переменным током и постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ ≥58
				5,0	450	8				
Т-590	Э-320Х25С2ГР	–	E10-UM60-G	4,0	450	10	→	~, =/–/	Наплавка деталей, работающих в условиях преимущественно абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками. Наплавка в нижнем и наклонном положениях переменным током и постоянным током прямой полярности	$HRC_э$ 58–64
				5,0	450	8				
ОР-501	–	–	–	3,0	350	–	→	~, =	Для наплавки быстроизнашивающихся деталей (стальных и чугунных) машин, работающих без ударной нагрузки в условиях абразивного износа	$HRC_э$ 58–64
				4,0	450					
				5,0	450					
Т-620	Э-320Х23С2ГТР	–	E10-UM60-GP	4,0	450	10	→	~, =/–/	Наплавка быстроизнашиваемых стальных и чугунных деталей машин работающих в условиях преимущественно абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками. Наплавка в нижнем и наклонном положениях переменным током и постоянным током прямой полярности	$HRC_э$ 56–63
				5,0	450	7				

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение наплавки	Род сварочного тока	Основное назначение	Твердость наплавленного металла
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	DIN							
4-я группа										
КПИ-РИ-1	–	–	–	3,0	350	–	→	~, =	Для наплавки заготовок металлорежущего инструмента. Обеспечивают получение безвольфрамовой быстрорежущей стали высокой износостойкости и красностойкости	–
				4,0	450					
				5,0	450					
ОЗИ-5	Э-10К18 В11М10Х3СФ	–	Е4-UM55-65-SZ	3,0	350	24	→	=/+/	Наплавка металлорежущего инструмента (взамен сталей марок Р18 и Р6М5), а также штампов горячей штамповки, работающих при температуре 800–850 °С, и других деталей, эксплуатируемых в особо тяжелых температурно-силовых условиях. Наплавка в нижнем положении постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 63–67
				4,0	450	10				
				5,0	450	6				
ОЗИ-6	Э-100Х4М8 В2СФ	–	Е4-UM60-ST	2,5	350	46	→	=/+/	Изготовительная наплавка резцов и многолезвийного металлорежущего инструмента, а также ремонтная наплавка тяжелонагруженных штампов холодной и горячей штамповки, работающих с нагревом контактных поверхностей до температуры 650 °С. Наплавка в нижнем и наклонном положениях постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 59–64
				3,0	350	31				
				4,0	450	14				
				5,0	450	12				
5-я группа										
ЦН-6Л	Э-08Х17Н8С6Г	–	–	4,0	340	21	→	=/+/	Наплавка уплотнительных поверхностей деталей арматуры котлов, работающих при температуре до 570 °С и давлении до 78 Дж/см^2. Наплавка в нижнем положении постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 29,5–39
				5,0	440	12				

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение наплавки	Род сварочного тока	Основное назначение	Твердость наплавленного металла
	ГОСТ 10052–75 или тип наплавленного металла	AWS	DIN							
ЦН-12М-67	Э-13Х16Н8М5С5Г4Б	–	–	4,0	350	20	→	=/+/	Наплавка уплотнительных поверхностей деталей арматуры энергетических установок, работающих при высоких давлениях и температуре до 600 °С, а также других изделий, в которых требуется стойкость к задиранию. Наплавка в нижнем положении постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 39,5–51,5
				5,0	450	10				
6-я группа										
ОЗШ-6	Э-10Х33Н11М3СГ	–	E9-UM300-55-TZ	2,5	320	51	→	=/+/	Наплавка бойков радиально-ковочных машин, штампов холодной и горячей штамповки, ножей горячей резки металлов, быстроизнашивающихся деталей металлургического, станочного и другого оборудования, работающих в тяжелых температурных (до 950 °С) деформационных условиях. Наплавка в нижнем положении постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 52–60
				3,0	350	32				
				4,0	350	19				
ОЗШ-8	Э-11Х31М3ГСЮФ	–	E9-UM250-55-TZ	4,0	350	38	→	=/+/	Наплавка супертяжелонагруженной кузнечно-штамповой оснастки горячего деформирования и деталей металлургического оборудования (преимущественно сложной геометрии и большой жесткости), работающих при температуре до 1100 °С. Наплавка в нижнем и наклонном положениях постоянным током обратной полярности	$HRC_э$ 51–57
				5,0	350	19				

Примечание. *Электроды марки ОЗШ-1 также применяют для сварки легированных конструкционных сталей высокой прочности (см. табл. 3).*

3.9.1. Характеристики электродов для наплавки

ОЗН-300М

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-168-68—88:

$$\frac{\text{мЗн-300М-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 300/33-1 з43}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость НВ
	без термообработки (исходное состояние)	330
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	1,3
	Марганец	3,0
	Фосфор	0,030
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	140–160
5,0	160–180

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с повышенной стабильностью показателей твердости и износостойкости в широком диапазоне скоростей охлаждения наплавляемых деталей.

Технологические особенности наплавки:
- Прокалка перед сваркой: 300 °С в течение 1 ч.

ОЗН-400М

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-168-67—88:

$$\frac{\text{мЗн-400М-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 400/42-1 з43}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость НВ
	без термообработки (исходное состояние)	420
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,13
	Кремний	1,7
	Марганец	3,5
	Фосфор	0,030
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	140–160
5,0	160–180

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с повышенной стабильностью показателей твердости и износостойкости в широком диапазоне скоростей охлаждения наплавляемых деталей.

Технологические особенности наплавки:
- Прокалка перед сваркой: 300 °С в течение 1 ч.

ОМГ-Н

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-65Х11н3-мМн-н-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 300/33-1 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,1 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	31
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,7
	Кремний	0,25
	Марганец	0,7
	Никель	2,6
	Хром	11,3
	Фосфор	0,013
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	120–140
5,0	160–180

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку производят при минимально возможном разогреве деталей.
- Прокалка перед сваркой: 160—200 °С в течение 1 ч.

ЦНИИН-4

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-65Х25д13н3-ЦнССн-4-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 300/33-1 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	26
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,6
	Кремний	0,4
	Марганец	12,4
	Никель	2,7
	Хром	26,3
	Фосфор	0,021
	Сера	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	120–140

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку производят при минимально возможном разогреве деталей.
- Прокалка перед сваркой: 160—200 °С в течение 1 ч.

ЛЭЗ-4

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э65Х25д13н3-оЭЗ-4-}\varnothing\text{-нд}}{\text{Е 300/32-1 тз46}}.$$

Характеристики электродов:
- Коэффициент наплавки, г/А·ч — 12,5
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла, кг — 1,65.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	25–37
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,5–0,65
	Кремний	не более 0,8
	Марганец	11,5–14,0
	Никель	2,5–3,5
	Ниобий	2,5–3,5
	Фосфор	не более 0,04
	Сера	не более 0,035

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Положение шва нижнее
3,0	130–140

ОЗШ-1

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 9467—75:

$$\frac{\text{Э100-м3й-1-}\varnothing\text{-оД}}{\text{Е 16д2С1Х1М-0 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,1 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	1180
	Предел текучести, МПа	1100
	Относительное удлинение, %	13
	Ударная вязкость, Дж/см^2	85
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,15
	Кремний	0,94
	Марганец	1,46
	Молибден	0,77
	Хром	1,04
	Фосфор	0,024
	Сера	0,016

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–90
2,5	50–110
3,0	70–120
4,0	100–170
5,0	130–220

Особые свойства:
- Электроды диаметром 3,0—5,0 мм используют в качестве наплавочных (тип Э-16Г2ХМ по ГОСТ 10051—75).

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят только на короткой и предельно короткой длине дуги по очищенным кромкам.
- Прокалка перед сваркой: 350 °С в течение 1,5—2 ч.

УОНИ-13 / НЖ / 12Х13

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10052—75:

$$\frac{\text{Э-12Х13-УмнС-13/нб/12Х13-}\varnothing\text{-еД}}{\text{Е 000 з20}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	650
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,13
	Кремний	0,62
	Марганец	0,86
	Никель	0,42
	Хром	12,2
	Фосфор	0,023
	Сера	0,013

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–60
2,5	50–90
3,0	60–100
4,0	100–140
5,0	110–170

Особые свойства:
- Обладают коррозионной стойкостью в слабоагрессивных окислительных средах.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят с предварительным подогревом до температуры 200—250 °С.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С 1 ч.

ОЗШ-3

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-37Х9С2-мЗй-3-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 650/57-1 з30}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	56
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,4
	Кремний	1,9
	Марганец	0,5
	Хром	9,9
	Фосфор	0,021
	Сера	0,013

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	70–110
3,0	90–130
4,0	110–150
5,0	130–180

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокой износостойкостью в условиях работы штампов и удовлетворительной сопротивляемостью ударам.

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку производят в один — четыре слоя с предварительным подогревом до температуры 300—400 °С. Наплавка малогабаритных изделий допускается без подогрева.
- Прокалка перед наплавкой: 350 °С в течение 1 ч.

ОЗШ-7

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1272-079-00187197—95:

$$\frac{\text{мЗй-7-}\varnothing\text{-нд}}{\text{Е 650/57-1 з30}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	≥56
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,4
	Кремний	2,7
	Марганец	0,4
	Молибден	0,5
	Хром	10,5
	Фосфор	0,036
	Сера	0,030

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	50–90
3,0	80–110
4,0	120–160
5,0	140–200

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла твердостью не менее $HRC_э = 50$ в первом слое наплавки.

Технологические особенности наплавки:
- Прокалка перед наплавкой: 200 °С в течение 1 ч.

ОЗШ-2

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-317—73:

$$\frac{\text{мЗй-2-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 650/57-1 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	61
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	1,0
	Кремний	0,8
	Марганец	0,6
	Молибден	9,5
	Хром	4,7
	Ванадий	1,4
	Вольфрам	2,1
	Фосфор	0,030
	Сера	0,026

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	60–90
3,0	80–110
4,0	110–150

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку производят в 1—5 слоев с предварительным подогревом до температуры 300—600 °С.
- Прокалка перед наплавкой: 250—280 °С в течение 1 ч.

ЭН-60М

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-70Х3СМТ-Эн-60М-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 650/57-(1,2) з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 8,5 г/А·ч.

- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,1 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	55
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,8
	Кремний	1,0
	Марганец	0,9
	Молибден	0,6
	Хром	2,7
	Титан	0,1
	Фосфор	0,022
	Сера	0,013

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	60–75
3,0	80–100
4,0	110–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокой износостойкостью в условиях работы штампов холодной штамповки и удовлетворительной сопротивляемостью ударам.

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку производят в два — пять слоев толщиной до 10 мм или ванным способом высотой до 50 мм с предварительным подогревом до температуры 300—400 °С.
- Прокалка перед наплавкой: 280—300 °С в течение 1 ч.

ОЗИ-3

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-90Х4М4еФ-мЗС-3-}\varnothing\text{-нд}}{\text{Е 750/61-2 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	61
	отпуск 560 °С, 2 ч.	61
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,8
	Кремний	0,4
	Марганец	0,5
	Молибден	4,0
	Хром	3,6
	Вольфрам	1,4
	Ванадий	1,0
	Фосфор	0,022
	Сера	0,014

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	80–100
4,0	120–160
5,0	160–240

Особые свойства:

- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокой износостойкостью в условиях работы штампов и удовлетворительной сопротивляемостью ударам.

Технологические особенности наплавки:

- Наплавку производят в один — четыре слоя с предварительным подогревом до температуры 300—600 °С. После наплавки рекомендуется медленное охлаждение. Возможна наплавка ванным способом на повышенных режимах.
- Прокалка перед наплавкой: 350 °С в течение 1 ч.

ОЗН-6

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-168-69—88:

$$\frac{\text{мЗн-6-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 650/57-1 з33}}.$$

Характеристики электродов:

- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	62
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	1,0
	Кремний	3,7
	Марганец	2,6
	Бор	0,9
	Хром	4,4

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	120–160
5,0	140–180

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с повышенной стойкостью к образованию трещин при многослойной наплавке и в условиях эксплуатации.

Технологические особенности наплавки:
- Прокалка перед наплавкой: 340 °С в течение 1 ч.

ОЗН-7

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-168-76—94:

$$\frac{\text{мЗн-7-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 650/57-1 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	≥56
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,7
	Кремний	3,2
	Марганец	4,1
	Бор	1,1
	Хром	4,6
	Азот	0,15
	Фосфор	0,027
	Сера	0,016

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	150–170
5,0	180–200

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла, стойкого к образованию трещин при многослойной наплавке и в условиях эксплуатации.

Технологические особенности наплавки:
- Прокалка перед наплавкой: 350 °С в течение 1 ч.

ОЗН-7М

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1272-078-00187197—94:

$$\frac{\text{мЗн-7М-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 650/57-1 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 12 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	≥56
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,7
	Кремний	1,4
	Марганец	0,4
	Никель	2,0
	Бор	0,5
	Хром	4,1
	Ванадий	0,6
	Фосфор	0,026
	Сера	0,018

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	150–180
5,0	180–210

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с повышенной стойкостью к образованию трещин при многослойной наплавке и в условиях эксплуатации.

Технологические особенности наплавки:
- Прокалка перед наплавкой: 350 °С в течение 1 ч.

ОЗН/ВСН-9

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1272-080-00187197—95:

$$\frac{\text{мЗн/еСн-9-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 450/47-1 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 8,0 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,2 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	49
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	1,5
	Кремний	1,3
	Марганец	2,2
	Никель	2,5
	Бор	0,25
	Хром	16,5
	Титан	0,25
	Азот	0,15
	Фосфор	0,024
	Сера	0,012

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	150–160
5,0	200–210

Технологические особенности наплавки:
- Прокалка перед наплавкой: 150—250 °С в течение 1 ч.

ВСН-6

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-110Х14е13Ф2-еСн-6-}\varnothing\text{-нд}}{\text{Е 600/54-1 п40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 9,5 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,4 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 2,2 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	53
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	1,2
	Кремний	0,4
	Марганец	0,6
	Вольфрам	14,0
	Ванадий	1,8
	Хром	14,0
	Фосфор	0,030
	Сера	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	140–160
5,0	150–170

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокой износостойкостью в условиях абразивного изнашивания и хорошей сопротивляемостью ударам.

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку производят в один проход (слой). При сложной конфигурации наплавляемой детали во избежание появления трещин рекомендуется подогрев до температуры 150—250 °С.
- Прокалка перед наплавкой: 150—180 °С в течение 1 ч.

ЭНУ-2

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-4-633—75:

$$\frac{\text{ЭнУ-2-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 700/59-1 п46}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 9,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 2,0 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,3 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	≥58
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	3,5
	Марганец	3,0
	Бор	1,0
	Хром	14,5

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	210–240
5,0	240–270

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с хорошей износостойкостью в условиях истирания абразивными материалами.
- Наплавленный металл имеет склонность к образованию мелких трещин, не снижающих, как правило, эксплуатационную стойкость наплавленных деталей.

Технологические особенности наплавки:
- Не рекомендуется — во избежание выкрашивания — производить наплавку стальных деталей более чем в два слоя, чугунных — в один слой. Для наплавок больших толщин нижние слои наплавляют электродами других марок, в зависимости от марки основного металла.
- Прокалка перед наплавкой: 160—200 °С в течение 1 ч.

Т-590

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-320Х25С2дт-Т-}\varnothing\text{-нд}}{\text{Е 750/61-1 п42}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 9,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	61
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	3,2
	Марганец	1,2
	Кремний	2,2
	Бор	1,0
	Хром	25,0

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	200–220
5,0	250–270

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокой износостойкостью в условиях истирания абразивными материалами.

- Наплавленный металл имеет склонность к образованию мелких трещин, не снижающих, как правило, эксплуатационную стойкость наплавленных деталей.

Технологические особенности наплавки:

- Не рекомендуется — во избежании выкрашивания — производить наплавку стальных деталей более чем в два слоя, чугунных — в один слой. Для наплавок больших толщин нижние слои наплавляют электродами других марок, в зависимости от марки основного металла.
- Прокалка перед наплавкой: 180—200 °С в течение 2 ч.

ОР-501

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	58–64
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<2,9–3,5
	Марганец	1,0–1,5
	Кремний	2,0–2,5
	Бор	0,5–2,5
	Хром	22,0–27,0
	Сера	<0,035
	Фосфор	<0,04

Т-620

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-320Х23С2дТт-Т-620-}\varnothing\text{-нд}}{\text{Е 700/59-1 п42}}.$$

Характеристики электродов:

- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 9,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	3,2
	Марганец	1,2
	Кремний	2,2
	Титан	1,3
	Бор	1,4
	Хром	23,0

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	200–220
5,0	250–270

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокой износостойкостью в условиях истирания абразивными материалами.
- Наплавленный металл имеет склонность к образованию мелких трещин, не снижающих, как правило, эксплуатационную стойкость наплавленных деталей.

Технологические особенности наплавки:
- Не рекомендуется — во избежание выкрашивания — производить наплавку стальных деталей более чем в два слоя, чугунных — в один слой. Для наплавок больших толщин нижние слои наплавляют электродами других марок, в зависимости от марки основного металла. Возможна наплавка ванным способом.
- Прокалка перед наплавкой: 180—200 °С в течение 2—3 ч.

КПИ-РИ-1

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	после отжига	26
	после закалки	56–59
	после 2-х кратного отпуска	62–65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,9–1,1
	Сера	<0,025
	Фосфор	<0,025

ОЗИ-5

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-10ж18е11М10Х3СФ-мЗС-5-}\varnothing\text{-нд}}{\text{Е 850/64-2 п40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	52
	Отпуск 600 °С, 2 ч	64

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Марганец	0,4
	Кремний	0,9
	Молибден	9,4
	Кобальт	19,0
	Ванадий	0,6
	Вольфрам	9,9
	Хром	2,2
	Сера	0,015
	Фосфор	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	100–140
4,0	140–200
5,0	180–250

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокой сопротивляемостью смятию и истиранию при больших удельных нагрузках и температуре до 850 °С.

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку производят в один — три слоя общей толщиной 2—6 мм или ванным способом с предварительным подогревом до температуры 400—700 °С.
- Прокалка перед наплавкой: 350 °С в течение 1 ч.

ОЗИ-6

Условное обозначение по ГОСТ 9466—70, ТУ 1272-099-36534674—98:

$$\frac{\text{мЗС-6-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 750/61-2 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	–
	Отпуск 560 °С, 3 ч	62

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	1,1
	Марганец	0,6
	Кремний	1,5
	Молибден	7,5
	Титан	0,20
	Ванадий	1,3
	Вольфрам	2,2
	Хром	4,3
	Алюминий	0,25
	Сера	0,017
	Фосфор	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	60–80
3,0	90–110
4,0	150–170
5,0	170–190

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокой горячей твердостью ($HRC_э = 52$ при температуре 620 °С) и достаточной жаростойкостью до температуры 950 °С.

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку производят с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 300—400 °С с последующей, непосредственно после наплавки, термической обработкой.
- Прокалка перед наплавкой: 350 °С в течение 1 ч.

ЦН-6Л

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-08Х17н8С6д-Цн-6о-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 300/33-2 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 14,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	–
	Отпуск 725 °С, 1 ч с замедленным охлаждением до 200 °С	31
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Марганец	1,3
	Кремний	5,5
	Никель	8,3
	Хром	16,8
	Сера	0,010
	Фосфор	0,020

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	110–130
5,0	180–200

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла, стойкого к коррозии и эрозии в среде воды и пара, и устойчивого к задиранию.

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку производят с предварительным подогревом до температуры 300—400 °С. Наплавка малогабаритных изделий допускается без подогрева. Термообработку крупногабаритных изделий осуществляют непосредственно после наплавки.
- Прокалка перед наплавкой: 120—150 °С в течение 1 ч.

ЦН-12М-67

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ГОСТ 10051—75:

$$\frac{\text{Э-13Х16н8М5С5д4з-Цн-12М-67-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 450/47-2 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	–
	отпуск 725 °С, 1 ч. с замедленным охлаждением до 200 °С (для перлитных сталей)	46
	отпуск 850 °С, 1 ч с замедленным охлаждением до 200 °С (для аустенитных сталей)	46

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,13
	Марганец	4,0
	Кремний	4,1
	Молибден	5,7
	Никель	7,9
	Хром	16,3
	Ниобий	0,8
	Сера	0,009
	Фосфор	0,017

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	120–140
5,0	160–190

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла, стойкого к общей и межкристаллитной коррозии в условиях эксплуатации, а также устойчивого к задиранию.

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку производят с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 500—600 °С с последующей, непосредственно после наплавки, термической обработкой.
- Прокалка перед наплавкой: 200—220 °С в течение 1 ч.

ОЗШ-6

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-168-75—94:

$$\frac{\text{мЗй-6-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 650/57-2 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 13,0 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	31
	Нагрев 850 °С, 3 ч с охлаждением на воздухе	57
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Марганец	1,1
	Кремний	1,1

Химический состав наплавленного металла, %	Молибден	2,5
	Никель	10,8
	Хром	33,0
	Сера	0,009
	Фосфор	0,018

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	50–70
3,0	70–90
4,0	110–130

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокими теплостойкостью и износостойкостью.
- Наплавленный металл в исходном состоянии легко обрабатывается режущим инструментом.

Технологические особенности наплавки:
- Наплавку деталей из закаливающихся сталей производят с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 300—450 °С (нижнее значение — для штамповых сталей типа 5ХНМ).
- Наплавку производят вразброс отдельными участками с минимальным тепловложением.
- Прокалка перед наплавкой: 200 °С в течение 1 ч.

ОЗШ-8

Условное обозначение по ГОСТ 9466—75, ТУ 1272-083-00187197—96:

$$\frac{\text{мЗй-8-}\varnothing\text{-нД}}{\text{Е 600/54-2 з40}}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 14,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Типичная твердость наплавленного металла	Вид термообработки после наплавки:	Твердость $HRC_э$
	без термообработки (исходное состояние)	30
	отпуск 720 °С, 3 ч	54
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Марганец	1,2
	Кремний	1,2
	Молибден	3,1

Химический состав наплавленного металла, %	Никель	10,5
	Хром	31,5
	Ванадий	0,2
	Алюминий	0,2
	Сера	0,016
	Фосфор	0,021

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–100
4,0	140–150

Особые свойства:

- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокими тепло- и жаростойкостью, износостойкостью и коррозионной стойкостью в кислотной и щелочных средах, а также пониженной склонностью к трещинообразованию.

Технологические особенности наплавки:

- Наплавку деталей из закаливающихся сталей производят с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 300—450 °С (нижнее значение — для штамповых сталей типа 5ХНМ).
- Прокалка перед наплавкой: 200 °С в течение 1 ч.

3.10. Электроды для сварки и наплавки чугуна

К группе электродов для сварки и наплавки чугуна относятся электроды, предназначенные для устранения дефектов в чугунных отливках с помощью холодной сварки и наплавки, а также электроды, используемые при ремонте вышедшего из строя оборудования и восстановлении изношенных деталей. В ряде случаев электроды могут быть применены при изготовлении сварно-литых конструкций.

Электроды для холодной сварки и наплавки чугуна не стандартизованы и их производят по отдельным техническим условиям. Они позволяют получать наплавленный металл (металл шва) с заданными свойствами в виде стали, сплавов на основе меди, никеля, железоникелевого сплава.

Для холодной сварки и наплавки чугуна (т. е. сварки и наплавки, выполняемых без предварительного подогрева) характерно проведение процесса с минимальным тепловложением короткими валиками протяженностью 25—60 мм с охлаждением каждого наложенного валика на воздухе до температуры не более 60 °С. Иногда рекомендуется проковка каждого валика легкими ударами молотка.

В табл. 3.12 приведены электроды для сварки и наплавки серого, высокопрочного и ковкого чугунов. Для этих же целей могут быть использованы электроды марки ОЗЛ-25Б, предназначенные для сварки сплава ХН78Т (см. табл. 3.7), марок ОЗЛ-27 и ОЗЛ-28, предназначенных для сварки разнородных сталей (см. табл. 3.9) и, при условии дополнительной проверки, марки ОЗБ-2М, предназначенные для сварки медных сплавов (см. табл. 3.14).

Таблица 3.12. Электроды для сварки и наплавки чугуна

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Тип наплавленного металла	Основное назначение	Особенность наплавленного металла
	AWS	ISO	DIN								
ЦЧ-4	–	–	–	3,0	350	34		=/+/	Сталь легированная	Холодная сварка, ремонтная наплавка и заварка дефектов литья в деталях из серого, высокопрочного и ковкого чугунов, а также сварка таких чугунов со сталью. Наплавка первых одного- двух слоев на изношенные чугунные детали под последующую наплавку специальными электродами. Сварка в нижнем положении шва постоянным током обратной полярности (при высоком напряжении холостого хода сварочного трансформатора и малой длине сварочных кабелей возможна сварка переменным током)	–
				4,0	450	15					
				5,0	450	10					
ОЗЧ-2	–	–	–	3,0	350	24		=/+/	Сплав на медной основе	Холодная сварка, наплавка и заварка дефектов литья в деталях из серого и ковкого чугунов. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	–
				4,0	350	13					
				5,0	450	7					
ОЗЧ-6	–	–	–	2,0	300	81		=/+/	Сплав на медной основе	Холодная сварка деталей из серого и ковкого чугунов, предпочтительно при ремонте тонкостенных конструктивных элементов. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	–
				2,5	300	50					
				3,0	350	40					
				4,0	350	20					
				5,0	450	15					
МНЧ-2	ENiCu-B	ENiCu2BG2	ENiCuG3	3,0	350	34		=/+/	Сплав медно-никелевый	Холодная сварка, наплавка и заварка дефектов литья в деталях из серого, высокопрочного и ковкого чугунов. Сварка первого слоя в соединениях с высокими требованиями по плотности, а также сварка соединений с повышенными требованиями по чистоте поверхности после механической обработки. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	Высокая технологичность при обработке резанием. Коррозионная стойкость в жидкостных агрессивных средах и горячих газах
				4,0	350	23					
				5,0	450	11					
				6,0							

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Тип наплавленного металла	Основное назначение	Особенность наплавленного металла
	AWS	ISO	DIN								
ОЗЖН-1	ENiFe-CI	ENiFeBGI	ENiFe-1BGII	2,5	300	73		=/+/	Сплав железо-никелевый	Холодная сварка, наплавка и заварка дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугунов. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	Близость по цвету к основному металлу
				3,0	350	41					
				4,0	360	21					
				5,0	400	13					
ОЗЖН-2	–	–	–	3,0	350	25		=/+/	Сплав железо-никелевый	Холодная сварка, наплавка и заварка дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугунов. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	–
ОЗЧ-3	ENi-CI	ENiBG2	ENiBGII	2,5	280	65		=/+/	Сплав на никелевой основе	Холодная сварка и заварка дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугунов. Предпочтительна сварка соединений с повышенными требованиями по чистоте обрабатываемой поверхности. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	Высокая технологичность при обработке резанием
				3,0	310	41					
				4,0	330	23					
				5,0	400	11					
ОЗЧ-4	ENi-CI	ENiBG2	ENiBGII	2,5	280	65		=/+/	Сплав на никелевой основе	Холодная сварка и наплавка деталей из серого и высокопрочного чугунов. Предпочтительна сварка последних слоев поверхностей, работающих на истирание или в условиях действия ударных нагрузок. Наплавка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности	Стойкость в условиях трения металла о металл, к воздействию ударных нагрузок
				3,0	310	42					
				4,0	330	22					
				5,0	400	11					
ОР-601	–	–	–	3,0	350	–		=/+/	–	Для холодной сварки конструкций из высоколегированного чугуна, а также его сочетаний со сталью, для заварки дефектов в отливках для наплавки 1-го и 2-го слоев на изношенные чугунные детали	–
				4,0	450						
				5,0	450						

3.10.1. Электроды для сварки и наплавки чугуна

ЦЧ-4

Обозначение в документации по ТУ 14-4-831—77:

$$\frac{\text{ЦЧ-4-}\varnothing}{}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,0 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,1 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва	Временное сопротивление, Дж/см^2	490
	Твердость наплавленного металла НВ	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,13
	Марганец	0,9
	Кремний	0,5
	Железо	Основа
	Ванадий	8,6
	Сера	0,014
	Фосфор	0,023

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	65–80
4,0	90–120
5,0	130–150

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят короткими валиками длиной 25—35 мм с поваликовым охлаждением на воздухе до температуры не выше 60 °С; для деталей из ковкого и высокопрочного чугунов длина валика может быть увеличена до 80—100 мм.
- Прокалка перед сваркой: 160—200 °С в течение 1 ч.

ОЗЧ-2

Обозначение в документации по ТУ 32-ЦТВР-611—88:

$$\frac{\text{мЗЧ-2-}\varnothing}{}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — кислое.
- Коэффициент наплавки — 13,5 г/А ч.

- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва	Временное сопротивление, Дж/см^2	250
	Твердость наплавленного металла НВ	170
Химический состав наплавленного металла, %	Медь	основа
	Марганец	1,8
	Кремний	0,2
	Железо	10,0
	Никель	2,0

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	80–110
4,0	100–140
5,0	150–190

Особые свойства:
- Позволяют — при сварке в сочетании с электродами МНЧ-2 — получать сварные соединения с повышенными требованиями по плотности и с высокой технологичностью при обработке резанием.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят короткими валиками длиной 30—50 мм с поваликовым охлаждением на воздухе до температуры не выше 60 °С и проковкой, непосредственно после отрыва дуги, наложенного валика легкими ударами молотка.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЧ-6

Обозначение в документации по ТУ 1272-091-00187197—96:

$$\underline{\text{мЗЧ-6-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 15,5 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 2,2 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	320
	Предел текучести, МПа	200
	Относительное удлинение, %	14
	Ударная вязкость, Дж/см^2	160

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,3
	Марганец	1,1
	Медь	основа
	Никель	1,2
	Хром	0,7
	Железо	10,0
	Бор	0,2

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	50–80
2,5	60–90
3,0	70–100
4,0	130–160
5,0	160–200

Особые свойства:
- Технологичны при сварке «горелого» чугуна, при заварке сквозных дефектов на весу.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят короткими валиками длиной 30—50 мм с поваликовым охлаждением на воздухе до температуры не выше 100 °С и проковкой наложенного валика легкими ударами молотка.
- Прокалка перед сваркой: 200 °С в течение 0,75 ч.

МНЧ-2

Обозначение в документации по ТУ 14-4-780—76:

$$\frac{\text{МнЧ-2-}\varnothing}{}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,5 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва	Твердость наплавленного металла в исходном состоянии, НВ	150
Химический состав наплавленного металла, %	Марганец	2,2
	Железо	2,9
	Никель	66,0
	Медь	остальное

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–110
4,0	100–140
5,0	140–190

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокой технологичностью при обработке резанием, а также коррозионно-стойкого в жидкостных агрессивных средах и горячих газах.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят короткими валиками длиной 20—30 мм с поваликовым охлаждением на воздухе до температуры не выше 60 °С и проковкой наложенного валика легкими ударами молотка.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

ОЗЖН-1

Обозначение в документации по ТУ 14-4-318—73:

$$\frac{\text{мЗбн-1-}\varnothing}{}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,3 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	510
	Предел текучести, МПа	340
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	200
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	0,6
	Марганец	0,4
	Алюминий	Следы
	Никель	48,0
	Железо	Остальное
	Сера	≤0,030
	Фосфор	≤0,030

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	70–100
3,0	90–120
4,0	120–150
5,0	150–180

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла, близкого по цвету к чугуну.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят короткими валиками длиной 30—50 мм с поваликовым охлаждением на воздухе до температуры не выше 60 °С и проковкой наложенного валика легкими ударами молотка.
- Многослойную заварку крупных дефектов или наплавку больших объемов металла осуществляют совместно с электродами марок ОЗЧ-3 или МНЧ-2 (электродами марок ОЗЧ-3 или МНЧ-2 сваривают первый и последний слои шва, промежуточные слои выполняют поочередно этими электродами и электродами марки ОЗЖН-1).
- Прокалка перед сваркой: 350 °С в течение 1 ч.

ОЗЖН-2

Обозначение в документации по ТУ 1272-095-00187197—97:

$$\underline{\text{мЗбн-2-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 10,5 г/А ч.
- Производительность наплавки — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	440
	Предел текучести, МПа	340
	Относительное удлинение, %	32
	Ударная вязкость, Дж/см^2	190
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	1,0
	Марганец	1,0
	Молибден	2,2
	Никель	27,0
	Кобальт	3,5
	Хром	5,0
	Вольфрам	1,3
	Железо	Остальное
	Сера	0,010
	Фосфор	0,010

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–150

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят короткими валиками длиной 30—50 мм с поваликовым охлаждением на воздухе до температуры не выше 60 °С и проковкой наложенного валика легкими ударами молотка.
- Заварку крупных дефектов или наплавку больших объемов металла осуществляют совместно с электродами марок ОЗЧ-3 или МНЧ-2 (электродами марок ОЗЧ-3 или МНЧ-2 сваривают первый и последний слои шва, промежуточные слои выполняют поочередно этими электродами и электродами марки ОЗЖН-2).
- Прокалка перед сваркой: 350 °С в течение 1 ч.

ОЗЧ-3

Обозначение в документации по ТУ 1272-103-36534674—99:

$$\underline{\text{мЗЧ-3-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,0 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Относительное удлинение, %	24
	Твердость наплавленного металла НВ	160
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	≤0,04
	Кремний	≤0,14
	Марганец	≤0,1
	Медь	≤0,06
	Никель	≥99,0
	Железо	≤0,1
	Сера	≤0,005
	Фосфор	≤0,003

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	50–80
3,0	70–110
4,0	100–130
5,0	120–160

Особые свойства:
- Обладают малой проплавляющей способностью.
- Обеспечивают получение наплавленного металла с высокой технологичностью при обработке резанием.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят короткими валиками длиной 30—50 мм с поваликовым охлаждением на воздухе до температуры не выше 60 °С и проковкой наложенного валика легкими ударами молотка.
- Заварку крупных дефектов осуществляют совместно с электродами марки ОЗЖН-1, накладывая слои поочередно электродами марки ОЗЖН-1 и электродами марки ОЗЧ-3.
- Прокалка перед сваркой: 250—280 °С в течение 1 ч.

ОЗЧ-4

Обозначение в документации по ТУ 1272-104-36534674—99:

$$\underline{\text{мЗЧ-4-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,3 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	520
	Относительное удлинение, %	17
	Твердость наплавленного металла НВ	170
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,30
	Кремний	0,5
	Марганец	0,5
	Медь	1,5
	Никель	основа
	Железо	1,5
	Сера	0,005
	Фосфор	0,003

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	50–80
3,0	70–110
4,0	100–130
5,0	120–160

Особые свойства:
- Электроды обладают малой проплавляющей способностью.
- Обеспечивают получение наплавленного металла с повышенной износостойкостью в условиях трения металла о металл, достаточной сопротивляемостью ударам, высокой технологичностью при обработке резанием.

Технологические особенности сварки:

- Сварку производят короткими валиками длиной 30—60 мм с поваликовым охлаждением на воздухе до температуры не выше 60 °С и проковкой наложенного валика легкими ударами молотка.
- Прокалка перед сваркой: 250—280 °С в течение 1 ч.

ОР-601

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,25
	Кремний	0,1–0,8
	Марганец	0,5–2,5
	Ванадий	8,5–10,5
	Сера	<0,04
	Фосфор	<0,05

3.11. Электроды для сварки цветных металлов

К группе электродов для сварки цветных металлов относятся электроды, предназначенные для сварки алюминия, меди, никеля и их сплавов. Электроды для сварки цветных металлов не стандартизованы и их производят по отдельным техническим условиям. Исключение составляют высоконикелевые электроды, которые применяют для сварки сплавов на железоникелевой и никелевой основах и высоколегированных сталей, вследствие чего они входят в ГОСТ 10052—75 и представлены в разделе 3.6.

Сварка цветных металлов может существенно отличаться от сварки стали, что обусловлено резким различием их физико-химических свойств. Главными факторами, определяющими свариваемость цветных металлов, являются температуры плавления и кипения, теплопроводность, чувствительность к содержащимся в воздухе газам (кислороду, азоту, парам воды).

3.11.1. Электроды для сварки алюминия и его сплавов

Алюминий и алюминиевые сплавы обладают малой плотностью, высокой тепло- и электропроводностью, повышенной коррозионной стойкостью.

Особенностью алюминия и его сплавов является легкая окисляемость. Это приводит к тому, что на их поверхности практически всегда присутствует плотная тугоплавкая пленка оксида алюминия. Эта пленка может образовываться и на поверхности сварочной ванны, что нарушает стабильность процесса сварки, препятствует формированию шва, приводит к появлению непроваров и неметаллических включений. Для получения качественных сварных соединений необходимо принимать специальные меры, направленные на удаление оксидной пленки. При ручной дуговой сварке это достигается путем введения в состав электродного покрытия хлористых и фтористых солей щелочных и щелочно-земельных металлов. В расплавленном состоянии эти материалы создают необходимые условия для удаления пленки и устойчивого горения дуги.

Ручную сварку покрытыми электродами применяют в основном при изготовлении и ремонте малонагруженных конструкций и деталей с толщиной элементов не менее 3 мм из технического алюминия, деформированных и литейных алюминиевых сплавов.

На протяжении многих лет в промышленных масштабах используют покрытые электроды марок ОЗА-1 и ОЗА-2. Электроды ОЗА-1 со стержнем из проволоки Св-А1 предназначены для сварки технического алюминия, электроды ОЗА-2 со стержнем из сплава Св-АК5 — для сварки и наплавки, а также заварки брака литья на литых сплавах, например Ал2, Ал4. Однако из-за низкой прочности и высокой гигроскопичности покрытия, сильного разбрызгивания металла при сварке, плохой отделяемости шлаковой корки, невысокого качества швов и необходимости высокотемпературного подогрева свариваемого металла они не удовлетворяют современным требованиям.

В ИЭС им. Е.О.Патона разработаны новые электроды серии УАНА и освоено их производство. Они предназначены для дуговой сварки и наплавки конструкций и деталей из деформируемых и литейных алюминиевых сплавов.

В табл. 3.13 представлены электроды для сварки алюминия и его сплавов. Сварка производится постоянным током обратной полярности.

Таблица 3.13. Электроды для сварки алюминия и его сплавов

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение
	Материал проволоки	AWS	DIN						
ОЗА-1	–	E1100	EL-Al99,5	4,0	350	61		=/+/	Сварка и наплавка деталей и конструкций из алюминия технической чистоты. Сварка в нижнем и ограниченно вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности
				5,0	400	33			
ОЗА-2	–	E4043	EL-AlSi5	4,0	360	57		=/+/	Заварка брака литья и наплавка деталей из алюминиево-кремнистых сплавов типа АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11. Сварка в нижнем и ограниченно вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности
				5,0	390	36			
ОЗАНА-1	–	–	–	3,0	310	92		=/+/	Сварка и наплавка деталей и конструкций из алюминия технической чистоты. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности
				4,0	350	41			
				5,0	400	30			
ОЗАНА-2	–	–	–	3,0	320	90		=/+/	Заварка брака литья и наплавка деталей из алюминиево-кремнистых сплавов типа АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности
				4,0	360	41			
				5,0	390	30			

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение
	Материал проволоки	AWS	DIN						
УАНА-1	Св-А5	–	–	3,15	–	–		=/+/	Свариваемые сплавы АДОО; АДО; АД1; АД
				4,0	–	–			
				5,0	–	–			
				6,3	–	–			
УАНА-2	Св-АК5	–	–	3,15	–	–		=/+/	Свариваемые сплавы АД31, АД33, АД35, АЛ9, АЛ11, АЛ34 и др.
				4,0	–	–			
				5,0	–	–			
				6,3	–	–			
УАНА-3	Св-АК10	–	–	3,15	–	–		=/+/	Свариваемые сплавы АЛ-2, АЛ4, АЛ3О и др.
				4,0	–	–			
				5,0	–	–			
				6,3	–	–			
УАНА-4	Св-АМц	–	–	4,0	–	–		=/+/	Свариваемые сплавы ММ, АМц, АМцС
				5,0	–	–			
				6,3	–	–			
УАНА-5	Св-АМг5	–	–	3,15	–	–		=/+/	Свариваемые сплавы АМг2, АМг3, АМг4, АМг5
				4,0	–	–			
				5,0	–	–			
УАНА-6	Св-АМг6	–	–	3,15	–	–		=/+/	Свариваемые сплавы АМг3, АМг4, АМг5, АМг6
				4,0	–	–			
				5,0	–	–			

3.11.2. Характеристики электродов для сварки алюминия и его сплавов

ОЗА-1

Обозначение в документации по ТУ-14-4-614—75:

$$\frac{\text{мЗА-1-}\varnothing}{}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — солевое.
- Коэффициент наплавки — 6,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 0,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 2,0 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	70
	Угол изгиба сварного соединения, градус	170

Химический состав наплавленного металла, %	Алюминий	Основа
	Кремний	0,4
	Титан	0,2
	Медь	Следы
	Железо	0,1

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	100–120
5,0	120–150

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с достаточной коррозионной стойкостью.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производить с предварительным местным или общим подогревом изделий до температуры 250—400 °С (в зависимости от толщины свариваемого металла).
- Требуется очистка свариваемых кромок от оксидов и загрязнений до металлического блеска.
- Оставшийся после сварки шлак удаляют промывкой горячей водой с применением стальных щеток.
- Прокалка перед сваркой: 150—200 °С в течение 1 ч.

ОЗА-2

Обозначение в документации по ТУ-14-4-509—74:

$$\underline{\text{мЗА-2-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — солевое.
- Коэффициент наплавки — 6,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 0,7 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 2,0 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	90
	Угол изгиба сварного соединения, градус	150
Химический состав наплавленного металла, %	Алюминий	Основа
	Кремний	5,0
	Титан	0,2
	Железо	0,1

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	100–120
5,0	120–150

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят с предварительным местным или общим подогревом деталей до температуры 250—400 °С (в зависимости от толщины свариваемого металла).
- Требуется очистка свариваемых кромок от оксидов и загрязнений до металлического блеска.
- Оставшийся после сварки шлак удаляют промывкой горячей водой с применением стальных щеток.
- Прокалка перед сваркой: 150—200 °С в течение 1 ч.

ОЗАНА-1

Обозначение в документации по ТУ 1272-086-00187197—96:

$$\underline{\text{мЗАнА-1-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — солевое.
- Коэффициент наплавки — 8,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 0,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	70
	Угол изгиба сварного соединения, градус	180
Химический состав наплавленного металла, %	Алюминий	Основа
	Кремний	≤0,5
	Железо	≤0,2

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–90
4,0	90–125
5,0	120–150

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с достаточной коррозионной стойкостью.

Технологические особенности сварки:
- Сварку изделий из металла толщиной до 10 мм производят без подогрева, из металла больших толщин — с предварительным местным или общим подогревом до температуры не менее 200 °С.
- Требуется очистка свариваемых кромок от оксидов и загрязнений до металлического блеска.
- Прокалка перед сваркой: 150 °С в течение 0,5 ч.

ОЗАНА-2

Обозначение в документации по ТУ 1272-086-00187197—96:

$$\underline{\text{мЗАнА-2-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — солевое.
- Коэффициент наплавки — 8,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 0,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	90
	Угол изгиба сварного соединения, градус	140
Химический состав наплавленного металла, %	Алюминий	Основа
	Кремний	≤5,0
	Железо	≤0,2

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	60–90
4,0	90–120
5,0	120–150

Технологические особенности сварки:
- Сварку деталей из металла толщиной до 10 мм производят без подогрева, из металла больших толщин — с предварительным местным или общим подогревом до температуры 200 °С.
- Требуется очистка свариваемых кромок от оксидов и загрязнений до металлического блеска.
- Прокалка перед сваркой: 150 °С в течение 0,5 ч.

УАНА-1, ... УАНА-6

Характеристики электродов:
- Покрытие — солевое.
- Коэффициент наплавки — 6,0—6,8 г/А·ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 2,0—2,2 кг.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А) и режимы сварки:

Параметр		Диаметр электрода, мм			
		3,15	4,0	5,0	6,3
Рекомендуемые значения сварочного тока, А, при положении шва:	нижнем	80–110	100–130	130–160	160–180
	вертикальном	80–110	90–130	120–150	150–170
Толщина свариваемого металла, мм		3–5	4–10	8–14	12–16
Рекомендуемая температура предварительного подогрева металла, °С		100–200	150–250	200–350	200–350

Примечания. *1. Рекомендуемые значения даны для сварки стыковых соединений листовых конструкций.*
2. Следует учитывать, что для алюминиевых сплавов режимы сварки и температура предварительного подогрева приведены ориентировочно, так как вследствие большой теплопроводности на выбор параметров сварки, кроме толщины металла и химического состава, значительно влияют конфигурация и размеры изделий.

Особые свойства:
- Высокая стабильность горения дуги.
- Хорошее формирование шва, в том числе и в вертикальном положении.
- Легкая отделяемость шлаковой корки.
- Высокие механические свойства металла шва.

Технологические особенности сварки:
- При двухсторонней сварке металла толщиной до 10 мм разделку свариваемых кромок обычно не производят.
- Наиболее приемлемым типом сварного соединения является стыковое. Сварку внахлест и тавровых соединений обычно избегают, так как в этих случаях возможно затекание шлака в зазоры, из которых его трудно удалить при промывке после сварки. Наличие шлака в зазоре может вызвать коррозию.
- Шлак удаляют при помощи щеток и горячей воды.
- Кромки свариваемого металла рекомендуют подогреть газовым пламенем или в печи.
- Прокалка перед сваркой: 150—200 °С в течение 1—1,5 ч.
- Время между прокалкой и сваркой не должно превышать 24 ч.

3.11.3. Электроды для сварки меди и ее сплавов

Медь обладает высокой тепло- и электропроводностью, повышенной жидкотекучестью расплавленного металла. Для нее характерна активность при взаимодействии с газами, особенно с кислородом и водородом, что может явиться причиной образования пор в металле шва и микротрещин. Для предотвращения появления таких дефектов в сварных соединениях надлежит применять только хорошо раскисленную медь. Сварку следует выполнять тщательно прокаленными электродами, свариваемые элементы в местах наложения швов должны быть хорошо зачищены до металлического блеска с удалением оксидов, загрязнений, жиров и пр.

При сварке латуней и бронз возникают дополнительные затруднения. Сварка латуни усложняется интенсивным испарением цинка, сварка бронз — высокой хрупкостью и малой прочностью в нагретом состоянии.

В табл. 3.14 электроды для сварки меди и ее сплавов. Сварка производится постоянным током обратной полярности.

Таблица 3.14. Электроды для сварки меди и ее сплавов

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение
	AWS	ISO	DIN						
Комсомолец-100	–	–	–	3,0	350	36	→	=/+/	Сварка и наплавка изделий из технически чистой меди марок М1, М2, М3, возможна сварка меди со сталью. Сварка в нижнем и наклонном положениях шва постоянным током обратной полярности
				4,0	350	21			
				5,0	450	10			
АНЦ/ОЗМ-2	ECu-15	–	–	4,0	350	18	→	=/+/	Сварка и наплавка изделий из технически чистой меди, содержащей не более 0,01% кислорода. Сварка в нижнем и наклонном положениях шва постоянным током обратной полярности
				5,0	450	9			
АНЦ/ОЗМ-3	ECu-15	–	–	4,0	350	18	→	=/+/	Сварка и наплавка изделий из технически чистой меди, содержащей не более 0,01% кислорода. Возможна сварка и наплавка низколегированных сплавов на основе меди, а также сварка меди со сталью. Сварка в нижнем и наклонном положениях шва постоянным током обратной полярности
				5,0	450	9			
АНЦ/ОЗМ-4	ECu-15	–	–	4,0	350	18	→	=/+/	Сварка и наплавка изделий из технически чистой меди, содержащей не более 0,01% кислорода. Возможна сварка и наплавка низколегированных сплавов на основе меди, а также сварка меди со сталью. Сварка в нижнем и наклонном положениях шва постоянным током обратной полярности
				5,0	450	9			
ОЗБ-2М	ECuSn-C	ECuSn2B2	ELCuSn6	3,0	350	44	↙ →	=/+/	Сварка и наплавка бронз, в основном оловянисто-фосфористых и используемых в художественном литье, заварка дефектов бронзового литья, а также наплавка на сталь и заварка дефектов чугунного литья. Возможна сварка и наплавка латуней. Сварка в нижнем, горизонтальном и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности
				4,0	350	21			
ОЗБ-3	–	–	–	4,0	350	19	→	=/+/	Наплавка при изготовлении и восстановлении электродов машин контактной точечной сварки методом ручной дуговой наплавки, в т.ч. машин для сварки строительной стержневой арматуры. Наплавка в нижнем положении постоянным током обратной полярности
				5,0	450	9			

3.11.4. Характеристики электродов для сварки меди и ее сплавов

Комсомолец-100

Обозначение в документации по ТУ 1272-097-36534674—98:

$$\frac{\text{жом—омолец-100-}\varnothing}{}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 14,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,8 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	410
	Предел текучести, МПа	230
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	50
Химический состав наплавленного металла, %	Медь	Основа
	Кремний	0,75
	Марганец	5,1
	Железо	0,8

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	70–110
4,0	100–140
5,0	150–190

Особые свойства:
- Обеспечивают получение наплавленного металла с электропроводностью до 20% электропроводности технически чистой меди.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят с предварительным местным подогревом изделий до температуры 300—700 °С (в зависимости от толщины свариваемого металла).
- Прокалка перед сваркой: 160—200 °С в течение 1 ч.

АНЦ/ОЗМ-2

Обозначение в документации по ТУ 14-4-1270—84:

$$\frac{\text{АнЦ/мЗМ-2-}\varnothing}{}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 17,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 4,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	200
	Предел текучести, МПа	110
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Медь	Основа
	Кремний	0,06
	Марганец	0,16
	Титан	≤0,005
	Алюминий	0,19
	Железо	≤0,15

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	220–290
5,0	350–400

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой электропроводностью: не менее 60% электропроводности технически чистой меди.

Технологические особенности сварки:
- Сварку изделий из металла толщиной более 10 мм производят без предварительного подогрева, из металла больших толщин — с предварительным подогревом до температуры 150—350 °С (в зависимости от толщины металла и массы изделия).
- Обязательна прокалка электродов перед сваркой: 350—370 °С в течение 2 ч.

АНЦ/ОЗМ-3

Обозначение в документации по ТУ 14-4-1270—84:

$$\frac{\text{АнЦ/мЗМ-3-}\varnothing}{}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 16,5 г/А·ч.

- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 4,6 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	200
	Предел текучести, МПа	100
	Относительное удлинение, %	31
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100
Химический состав наплавленного металла, %	Медь	Основа
	Кремний	≤0,05
	Марганец	≤0,2
	Бор	≤0,02
	Алюминий	≤0,2
	Железо	≤0,2

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	220–300
5,0	350–400

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла с высокой электропроводностью: не менее 60% электропроводности технически чистой меди.

Технологические особенности сварки:
- Сварку изделий из металла толщиной до 10 мм производят без предварительного подогрева, из металла больших толщин — с предварительным подогревом до температуры 150—350 °С (в зависимости от толщины металла и массы изделия).
- Сварку выполняют с небольшими поперечными колебаниями электрода, расположенного перпендикулярно к изделию.
- Обязательна прокалка электродов перед сваркой: 350—370 °С в течение 2 ч.

АНЦ/ОЗМ-4

Обозначение в документации по ТУ 14-4-1270—84:

$$\frac{\text{АнЦ/мЗМ-4-}\varnothing}{}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 14,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 4,0 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	200
	Предел текучести, МПа	100
	Относительное удлинение, %	30
	Ударная вязкость, Дж/см^2	100

Химический состав наплавленного металла, %	Медь	основа
	Кремний	≤0,15
	Марганец	≤0,40
	Бор	≤0,03
	Алюминий	≤0,15
	Железо	≤0,15

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	220–300
5,0	350–400

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла с высокой электропроводностью: не менее 50% электропроводности технически чистой меди.

Технологические особенности сварки:
- Сварку изделий из металла толщиной до 10 мм производят без предварительного подогрева, из металла больших толщин — с предварительным подогревом до температуры 150—400 °С (в зависимости от толщины металла и массы изделия).
- Сварку выполняют на короткой длине дуги с небольшими колебаниями электрода, расположенного перпендикулярно к изделию.
- Обязательна прокалка электродов перед сваркой: 350—370 °С в течение 2 ч.

ОЗБ-2М

Обозначение в документации по ТУ 1272-082-00187197—95:

$$\frac{\text{мЗз-2М-}\varnothing}{}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент наплавки — 14,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 2,1 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,4 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	340
	Предел текучести, МПа	230
	Относительное удлинение, %	10
	Ударная вязкость, Дж/см^2	–
Химический состав наплавленного металла, %	Медь	Основа
	Никель	0,8
	Марганец	1,0
	Олово	6,0
	Железо	0,5
	Фосфор	0,35

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–120
4,0	120–160

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой износостойкостью.
- Эффективны при сварке изделий монументальной скульптуры, обеспечивая хорошую патинируемость металла шва.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 350 °С в течение 1 ч.

ОЗБ-3

Обозначение в документации по ГОСТ 9466—75, ТУ 14-168-74—94:

$$\frac{\text{мЗз-3-}\varnothing}{}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Коэффициент наплавки — 12,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 3,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,8 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва	Твердость наплавленного металла в исходном состоянии, НВ	120–130
Химический состав наплавленного металла, %	Медь	Основа
	Кремний	0,7
	Хром	1,0
	Никель	2,5
	Сера	0,025

Рекомендуемые значения сварочного тока при наплавке (А):

Диаметр, мм	Ток, А
4,0	220–300
5,0	350–400

Особые свойства:
- Обеспечивают возможность многократного восстановления электродов машин контактной сварки.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 350 °С в течение 2 ч.

3.11.5. Электроды для сварки никеля и его сплавов

Никель и особенно его сплавы являются прочными и вязкими материалами. Они, в зависимости от состава, обладают высокой коррозионной стойкостью, жаростойкостью и жаропрочностью.

Сварка никеля и его сплавов затруднена вследствие большой чувствительности к примесям и, в первую очередь, к растворенным газам (кислороду, водороду и особенно азоту) и высокой склонности к образованию горячих трещин. Для предупреждения возможного образования пор и трещин необходимо применять основной металл и сварочные электроды высокой чистоты, осуществлять их качественную подготовку к сварке.

В целом по технологии и технике ручной дуговой сварки никель и его сплавы близки к высоколегированным коррозионно-стойким сталям.

В табл. 3.15 представлены электроды для сварки технически чистого никеля и монель-металла (сплава НМЖМц28-2,5-1,5). Электроды для сварки других сплавов на никелевой основе приведены в группе электродов для сварки высоколегированных сталей и сплавов.

Таблица 3.15. Электроды для сварки никеля и его сплавов

Марка электрода	Тип электрода по:		Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение
	AWS	DIN						
ОЗЛ-32	ENi1-15	EL-NiTi3	3,0	300	42		=/+/	Сварка изделий из никеля марок НП-2, НА-1, наплавка коррозионно-стойких слоев на углеродистые и высоколегированные коррозионно-стойкие стали в аппаратуре, работающей в щелочных и хлорсодержащих средах содового производства, мыловарения, производства синтетических волокон и т. д., а также сварка никеля с углеродистыми и коррозионно-стойкими сталями. Сварка в нижнем и вертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности
			4,0	340	21			
В-56У	ENICu7	EL-NiCu30Mn	3,0	340	34		=/+/	Сварка изделий из монель-металла и аппаратуры из двухслойных сталей (сталь Ст3сп + монель-металл) со стороны коррозионно-стойкого слоя, а также наплавка коррозионно-стойкого слоя на низкоуглеродистые стали. Возможна сварка монель-металла с низкоуглеродистыми сталями. Сварка в нижнем и полувертикальном положениях шва постоянным током обратной полярности
			4,0	360	19			

3.11.6. Характеристики электродов для сварки меди и ее сплавов

ОЗЛ-32

Обозначение в документации по ТУ 14-4-786—76:

$$\frac{\text{мЗо-32-}\varnothing}{}.$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 12,0 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,9 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,7 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	470
	Предел текучести, МПа	340
	Относительное удлинение, %	30
	Ударная вязкость, Дж/см^2	185
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	1,2
	Марганец	1,8
	Никель	65
	Титан	1,1
	Алюминий	0,3
	Железо	1,8
	Фосфор	0,009
	Сера	0,006

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	110–140
4,0	140–180

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой коррозионной стойкостью в щелочных и хлорсодержащих средах.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят ниточными валиками с амплитудой поперечных колебаний электрода не более двух его диаметров.

- Электрод держат почти перпендикулярно к изделию, дугу обрывают постепенно, отводя ее на наплавленный металл.
- Прокалка перед сваркой: 190—210 °С в течение 1 ч.

В-56У

Обозначение в документации по ТУ 14-4-807—77:

$$\underline{\text{е-56У-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент наплавки — 11,5 г/А·ч.
- Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм) — 1,5 кг/ч.
- Расход электродов на 1 кг наплавленного металла — 1,6 кг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	550
	Предел текучести, МПа	–
	Относительное удлинение, %	≥20
	Ударная вязкость, Дж/см^2	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,3
	Марганец	4,1
	Никель	65
	Титан	0,2
	Алюминий	0,2
	Железо	0,9
	Медь	Остальное
	Сера	0,008

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	90–110
4,0	120–140

Особые свойства:
- Обеспечивают получение металла шва с высокой коррозионной стойкостью в средах, содержащих хлористый водород и сероводород, при температуре до 200 °С.

Технологические особенности сварки:
- Сварку производят валиками шириной не более 12 мм.
- Прокалка перед сваркой: 450—460 °С в течение 1 ч.

3.12. Электроды для резки металлов

В группу электродов для резки металлов входят электроды, предназначенные для дуговой резки плавящимся электродом всех марок сталей (включая высоколегированные), чугунов и цветных металлов.

Резку выполняют с использованием обычного оборудования, предназначенного для ручной дуговой сварки переменным или постоянным током.

В табл. 3.16 показаны электроды для резки металлов.

Таблица 3.16. Электроды для резки сталей, чугунов, меди, алюминия и их сплавов

Марка электрода	Диаметр, мм	Длина, мм	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.	Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение
ОЗР-1	3,0	350	39		~, =	Резка, строжка, прошивка отверстий, удаление дефектных участков сварных соединений и отливок, разделка свариваемых кромок и корня шва, выполнение других подобных работ при изготовлении, монтаже и ремонте деталей и конструкций из сталей всех марок (в т.ч. высоколегированных), чугуна, меди и алюминия и их сплавов. Резка во всех пространственных положениях переменным током и постоянным током прямой и обратной полярности
ОЗР-2	3,0	350	38		~, =	Резка стержневой арматуры диаметром до 40 мм, строжка. Резка, прошивка отверстий, удаление дефектных участков сварных соединений и отливок, разделка свариваемых кромок и корня шва, выполнение других подобных работ при изготовлении, монтаже и ремонте деталей и конструкций из сталей всех марок (в т.ч. высоколегированных), чугуна, меди и алюминия и их сплавов. Резка во всех пространственных положениях переменным током и постоянным током прямой и обратной полярности

3.12.1. Характеристики электродов для резки сталей, чугунов, меди, алюминия и их сплавов

ОЗР-1

Обозначение в документации по ТУ 1272-096-00187197—97:

$$\underline{\text{м3т-1-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Скорость резки (для диаметра 4,0 мм):
  — низкоуглеродистая сталь типа Ст3 толщиной 14 мм — 12 м/ч;
  — высоколегированная сталь типа 08Х18Н9Т толщиной 12 мм — 12 м/ч.
- Расход электродов на 1 кг выплавленного металла — 0,6 кг.

Рекомендуемая сила тока при резке:

Диаметр, мм	Положение шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
3,0	110–170	110–170	110–170
4,0	180–260	180–260	180–260
5,0	250–350	250–350	250–350

Особые свойства:
- Обеспечивают получение чистого реза (без грата и натеков на поверхности реза).

Технологические особенности резки:
- Резку производят на повышенных режимах с наклоном электрода в сторону, противоположную направлению резки (углом вперед). При этом электрод должен совершать возвратно-поступательные движения: «туда—обратно» или «сверху—вниз».
- Прокалка перед сваркой: 170 °С в течение 1 ч.

ОЗР-2

Обозначение в документации по ТУ 1272-090-00187197—96:

$$\underline{\text{мЗт-2-}\varnothing}\ .$$

Характеристики электродов:
- Покрытие — специальное.
- Скорость резки (для диаметра 4,0 мм):
  — низкоуглеродистая сталь типа Ст3 толщиной 14 мм — 12 м/ч;
  — высоколегированная сталь типа 08Х18Н9Т толщиной 12 мм — 12 м/ч.
- Расход электродов на 1 кг выплавленного металла — 0,6 кг.

Рекомендуемая сила тока при резке:

Диаметр, мм	Ток, А
3,0	150–220
4,0	260–300
5,0	420–480

Особые свойства:
- Обеспечивают получение чистого реза (без грата и натеков на поверхности реза).
- Имеют повышенную эффективность при резке строительной стержневой арматуры больших диаметров (время резки арматуры диаметром 16 мм составляет 2—3 с, диаметром 40 мм — 14—16 с).

Технологические особенности резки:
- Резку производят на повышенных режимах с наклоном электрода в сторону, противоположную направлению резки (углом вперед). При этом электрод должен совершать возвратно-поступательные движения: «туда—обратно» или «сверху—вниз».
- Прокалка перед сваркой: 170 °С в течение 1 ч.

3.13. Электроды с железным порошком в покрытии

Электроды с железным порошком ТИССЕН предназначены для сварки строительных конструкций, котельного оборудования, различного рода резервуаров, транспортных средств, мостовых конструкций, а также в машиностроении. Особенности назначения отдельных марок электродов отмечаются ниже.

В табл. 3.17, *а* и 3.17, *б* приведены основные технические характеристики электродов с железным порошком фирмы ТИССЕН (Германия). Все электроды допускают сварку как постоянным, так и переменным током. Эта универсальность показывает, что проблемы, связанные с родом применяемого тока при сварке, специалистами фирмы решены и, в том числе, независимо от вида покрытия.

Следует отметить широкое толкование специалистами фирмы ТИССЕН понятия «высокая производительность». Электроды с коэффициентом массы покрытия 46—50% имеют коэффициент перехода металла в шов порядка 100—120%, что соответствует, по принятым в нашей стране оценкам, коэффициенту наплавки 10—11, но не более 12 г/А·ч. Тем не менее ряд марок электродов характеризуется весьма умеренной производительностью. Электроды этой группы (первые три марки в табл. 3.17) допускают сварку во всех пространственных положениях (кроме вертикального сверху вниз), рекомендуются для сварки низкоуглеродистых сталей, в том числе мелкозернистых сталей. Широкий диапазон прочностных свойств и других характеристик сталей, которые можно сваривать электродами рассматриваемой группы, объясняется тем, что они имеют основное низководородистое покрытие и очень низкое содержание в наплавленном металле вредных примесей — серы и фосфора.

Другую более обширную группу составляют электроды с коэффициентом массы покрытия 100—193% и коэффициентом наплавки 13—18 г/А·ч. Все эти электроды допускают сварку только в нижнем положении.

По данным фирмы ТИССЕН, электроды отличаются высокими сварочно-технологическими свойствами:

- малым (или очень малым) разбрызгиванием электродного металла;
- легким зажиганием дуги (часть электродов обеспечивает очень легкое повторное зажигание дуги);
- легкой отделимостью шлака, как с поверхности шва, так и из разделки.

Электроды Phoenix Rot AR160 и BR160 диаметром 5,0—6,0 мм изготавливают длиной 700 мм специально для гравитационной сварки.

Для электродов с рутиловым покрытием содержание углерода, кремния и марганца регулируется в очень узких интервалах: 0,07—0,08%; 0,28—0,40% и 0,65—0,80% соответственно.

Наплавленный металл электродов с основным покрытием содержит также как и с рутиловым 0,07—0,08% углерода, но содержание в нем кремния и марганца изменяется в более широких интервалах — 0,27—0,60% и 0,85—1,35% соответственно.

Типичные (средний уровень) механические свойства наплавленного металла довольно однородны, за исключением работы удара (ударной вязкости), которая существенно выше для электродов с основным покрытием. Этим также объясняется и возможность эксплуатации конструкций, сваренных электродами с основным покрытием, в более широких температурных интервалах, например, от минус 40 до 400 °С или от минус 50 до 450 °С.

Таблица 3.17, а. Основные технические характеристики электродов с железным порошком фирмы ТИССЕН (Германия)

Марка электродов	Обозначение электродов по AWS 5.1	Вид покрытия	Коэффициент массы покрытия, %	Переход металла в шов, %	Род сварочного тока, полярность	Положение сварки
Phoenix 120 K	E7018-1	Основное	49–50	120	=/+/	
SH Grun K 70	E7018	Основное	47–48	115	=/+/	
Phoenix K 90 S	E7016	Основное	46–47	115	=/+/	
SH Multifer 130	E7014	Рутиловое	100	140	=/–/	
Phoenix Rot R160	E7024-1	Рутиловое	135	160	=/–/	
Phoenix Rot AR 160	E7024	Рутиловое	135	160	=/–/	
Phoenix R 160 S	E7024	Рутиловое	107	160	=/–/	
SH Multifer 180	E7024	Рутиловое	146	180	=/–/	
SH Multifer 200	E7027	Рутиловое	193	200	=/–/	
SH Multifer 150 K 1	E7028	Основное	105	150	=/+/	
Phoenix Rot BR 160	E7028	Основное	130	160	=/+,–/	

Таблица 3.17, б

Марка электродов	Химический состав наплавленного металла, %			Механические свойства наплавленного метала			Температура эксплуатации сварных соединений, °С
	Углерод	Кремний	Марганец	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение	KCV, Дж/см^2 при температуре 20 °С	
Phoenix 120 K	0,07	0,40	1,10	510	25–35	120–180	–50…+450
SH Grun K 70	0,07	0,35	1,35	540	24–34	120–170	–40…+400
Phoenix K 90 S	0,07	0,40	1,35	540	24–34	120–170	–40…+400
SH Multifer 130	0,07	0,40	0,65	510	24–30	50–95	450
Phoenix Rot R160	0,07	0,35	0,70	510	24–30	55–95	–10…+450
Phoenix Rot AR 160	0,08	0,28	0,80	510	25–30	70–100	–10…+450
Phoenix R 160 S	0,07	0,35	0,70	510	24–28	55–95	–10…+350
SH Multifer 180	0,07	0,33	0,70	510	24–29	55–95	–10…+350
SH Multifer 200	0,07	0,30	0,80	500	24–28	60–80	–20…+350
SH Multifer 150 K 1	0,07	0,60	1,00	520	25–35	100–150	–20…+350
Phoenix Rot BR 160	0,08	0,27	0,85	510	25–30	80–120	–10…+450

Одним из известных и крупных поставщиков электродов для сварки низкоуглеродистых, низколегированных, теплоустойчивых, высоколегированных сталей и других материалов является фирма BOHLER (Австрия). Эта фирма выпускает свыше 150 марок электродов, из них около 50 марок — для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей, среди которых — 12 марок с железным порошком (табл. 3.18, *а* и 3.18, *б*). Для сварки указанных выше сталей фирма изготавливает электроды преимущественно с рутиловым и основным покрытием. Все рутиловые электроды содержат в покрытии 40—80% железного порошка, имеют коэффициент наплавки в пределах 12—16,7 г/А·ч. Эти электроды допускают сварку на переменном и постоянном токе только прямой полярности.

Группу электродов с основным покрытием можно условно разделить на две подгруппы: первую — с коэффициентом наплавки 10,2—11,5 г/А·ч, покрытие которых содержит примерно 15—30% железного порошка, вторую — с коэффициентом наплавки 10,2—13,5 г/А·ч (масса железного порошка в покрытии примерно 10—70 %).

Электроды фирмы BOHLER с металличенским порошком имеют сравнительно низкие показатели производительности расплавления. Основное покрытие уступает по производительности рутиловому. Рутиловые электроды с железным порошком уступают по производительности электродам с аналогичным покрытием других фирм, когда решается вполне определенная задача — предельно возможное повышение производительности расплавления электрода.

Электроды с основным покрытием обеспечивают получение наплавленного металла с очень высокими механическими свойствами, при сравнительно высокой прочности металл обладает высокой пластичностью, ударной вязкостью, особенно, при отрицательных температурах.

Электроды Fox HL160 пригодны для сварки только в нижнем положении; Fox EV55 — допускают сварку во всех положениях, кроме вертикального сверху вниз; Fox HL160-W и Fox HL160Kb — допускают сварку в нижнем и ограниченно вертикальном снизу вверх; электроды Fox BVD 85 пригодны для сварки в нижнем, потолочном и вертикальном сверху вниз положении.

Электроды с основным покрытием обеспечивают получение наплавленного металла с очень высокими механическими свойствами, при сравнительно высокой прочности металл обладает высокой пластичностью, ударной вязкостью, особенно, при отрицательных температурах.

Таблица 3.18, а. Основные технические характеристики электродов с железным порошком фирмы BOHLER, (Австрия)

Марка электродов	Обозначение электродов по AWS 5.1	Вид покрытия	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Переход металла в шов, %	Род сварочного тока, полярность	Положения сварки
Fox HL 130 Ti	E7024	Рутиловое	12,0	130	=/–/	
Fox HL 150 Ti	E7024	Рутиловое	14,5	150	=/–/	
Fox HL 160	E7024-1	Рутилово-основное	15,0	160	=/–/	
Fox HL 180 Ti	E7024	Рутиловое	16,0	180	=/–/	
Fox HL 200 Ti	E7024	Рутиловое	16,7	200	=/–/	

Марка электродов	Обозначение электродов по AWS 5.1	Вид покрытия	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Переход металла в шов, %	Род сварочного тока, полярность	Положения сварки
Fox EV 47	E7016-1	Основное	10,2	110	=/+/	
Fox EV 50	E7018-1	Основное	10,2	110	=/+/	
Fox EV 50-A	E7016	Основное	10,2	110	=/+/	
Fox EV 55	E7018-1	Основное	10,2	120	=/+/	
Fox HL 160 KbW	E7028	Основное	13,0	160	=/+,–/	
Fox HL 180 Kb	E7028	Основное	13,5	180	=/+/	
Fox BVD 85	–	Основное	11,5	120	=/+/	

Таблица 3.18, б

Марка электродов	Химический состав наплавленного металла, %			Механические свойства наплавленного метала		
	Углерод	Кремний	Марганец	Временное сопротивление разрыву, Мпа, (не менее)	Относительное удлинение, %	KCV, Дж/см^2 при температуре 20 °С
Fox HL 130 Ti	0,08	0,3	0,6	490–610	22–28	80
Fox HL 150 Ti	0,07	0,4	0,8	510–610	22–28	90
Fox HL 160	0,08	0,3	0,6	510–600	22–26	100
Fox HL 180 Ti	0,07	0,5	0,8	490–610	25–27	70
Fox HL 200 Ti	0,07	0,4	0,8	510–610	22–25	70
Fox EV 47	0,06	0,5	0,7	470–550	25–30	220
Fox EV 50	0,07	0,5	1,1	510–630	25–30	220
Fox EV 50-A	0,05	0,6	1,0	510–610	25–30	180
Fox EV 55	0,08	0,35	1,4	530–650	25–30	200
Fox HL 160 KbW	0,07	0,6	1,1	510–600	26–29	120
Fox HL 180 Kb	0,06	0,4	1,1	510–600	26–26	150
Fox BVD 85	0,04	0,4	0,9; Ni-0,6	550–650	22–28	170

3.14. Аналоги электродов ESAB (Швеция)

Таблица 3.19. Аналоги электродов ESAB

Русские электроды	Электроды ESAB
АНВ-20	ОК 69.21
АНВ-27	ОК 67.52
АНГ-1	ОК Femax 39.50 Fematic
АНЖР-3У	ОК 67.83
АНО-29М	ОК 46.00
АНО-6	ОК 46.00
АНО-ТМ/Н	ОК 73.08
АНО-ТМ70	ОК 74.78
АНР-2М	ОК 21.03
ВИ-10-6	ОК 78.16
ВН 48У	ОК Femax 38.95
ВСФ 75У	ОК 74.78
ВСЦ-4М	Pipeweld 7010
ДС-12	ОК 67.45
ЗИО-7	ОК 67.60
ЗИФ-9	ОК 61.30
ИТС-4С	ОК 48.00
МНЧ-2	ОК 92.86
НИАТ-1	ОК 63.30
ОЗА-1	ОК 96.10
ОЗЖН-1	ОК 92.58
ОЗЛ-2	ОК 67.15
ОЗЛ-22	ОК 61.30
ОЗЛ-27	ОК 68.53
ОЗЛ-32	ОК 92.18
ОЗЛ-37-2	ОК 69.33
ОЗЛ-41	ОК 68.60
ОЗЛ-6	ОК 67.62
ОЗЛ-9 А	ОК 67.15
ОЗС-11	ОК 74.46
ОЗС-20Н	FILARC 76S
ОЗС-24М	ОК 73.79

Русские электроды	Электроды ESAB
ОЗС/ВНИИСТ-26	ОК 73.08
ОЗЧ-4	ОК 92.18
ПТ-30	ОК 78.10
ТМУ-21У	ОК 48.15
УОНИ-13/55К	ОК 48.00
УОНИ-13/85	ОК 78.16
ЦЛ-17	ОК 76.35
ЦЛ-25	ОК 67.60
ЦЛ-48	ОК 78.04
ЦЛ-57	ОК 76.96
ЦТ-15-1	ОК 61.85
ЦУ-4	ОК 53.70
ЭА-395/9	ОК 67.83
ЭА-898/21	ОК 61.85
АНВ-13	ОК 61.81
АНВ-29	ОК 61.30
АНЖР-1	ОК 92.45
АНО-13М	ОК 46.16
АНО-32	ОК 46.00
АНО-Т	ОК 50.40
АНО-ТМ/СХ	ОК 55.00
АНП-2	ОК 74.78
АНЦ/03-М3	ОК 94.25
ВИИМ-1	ОК 92.35
ВП-4	ОК 78.10
ВСФ 85	ОК 75.75
ВСЦ-60	Pipeweld 8010
ДСК-50У	ОК 48.00
ЗИО-8	ОК 67.62
ИМЕТ-4	ОК 92.45
Комсомолец 100	ОК 94.55
МР-3	ОК 46.00

Русские электроды	Электроды ESAB
НИАТ-3М	ОК 78.16
ОЗА-2	ОК 96.50
ОЗЛ-17У	ОК 69.33
ОЗЛ-20	ОК 64.30
ОЗЛ-25	ОК 92.26
ОЗЛ-28	ОК 68.60
ОЗЛ-35	ОК 92.26
ОЗЛ-38	ОК 67.15
ОЗЛ-44	ОК 92.26
ОЗЛ-7	ОК 61.85
ОЗР-1	ОК 21.03
ОЗС-12	ОК 46.00
ОЗС-20Р	FILARC 76S
ОЗС-25	ОК 48.04
ОЗС/ВНИИСТ-27	ОК 73.68
ОЗЧ-6	ОК 94.55
ТМЛ-1У	ОК 76.18
УОНИ-13/45	ОК 48.00
УОНИ-13/55У	ОК 48.08
УОНИ-13/НЖ(12Х13)	ОК 68.15
ЦЛ-20	ОК 76.18
ЦЛ-39	ОК 76.18
ЦЛ-51	ОК 68.17
ЦЛ-9	ОК 67.60
ЦТ-15К	ОК 61.30
ЦУ-5	ОК 53.70
ЭА-400/10Т	ОК 63.30
АНВ-17	ОК 69.21
АНВ-35	ОК 61.81
АНЖР-2	ОК 92.45
АНО-21	ОК 43.32
АНО-4	ОК 46.00
АНО-ТМ	ОК 53.70
АНО-ТМ60	ОК 74.70
АНП-6П	ОК 74.78
В-56У	ОК 92.86

Русские электроды	Электроды ESAB
ВН 48	ОК 48.00
ВСФ 65У	ОК 74.70
ВСЦ-4	Pipeweld 6010
ГС-1	ОК 67.45
ЗИО-3	ОК 61.85
ЗИФ-1	ОК 67.45
ИМЕТ-4П	ОК 92.35
Л-40М	ОК 61.85
НБ-38	ОК 61.85
НИИ-48Г	ОК 67.45
ОЗБ-2М	ОК 94.25
ОЗЛ-19	ОК 67.62
ОЗЛ-21	ОК 92.35
ОЗЛ-25Б	ОК 92.26
ОЗЛ-30	ОК 92.35
ОЗЛ-36	ОК 61.30
ОЗЛ-40	ОК 68.60
ОЗЛ-5	ОК 67.15
ОЗЛ-8	ОК 61.30
ОЗР-2	ОК 21.03
ОЗС-18	ОК 48.00
ОЗС-23	ОК 43.32
ОЗС-6	ОК 46.00
ОЗЧ-3	ОК 92.18
ОМА-2	ОК 43.32
ТМЛ-3У	ОК 76.18
УОНИ-13/55	ОК 48.00
УОНИ-13/65	ОК 55.00
ЦЛ-11	ОК 61.85
ЦЛ-21	ОК 78.04
ЦЛ-41	ОК 68.17
ЦЛ-55	ОК 76.28
ЦТ-15	ОК 61.85
ЦУ-2М	ОК 76.18
Э-138/50Н	FILARC 76S
ЭА-400/10У	ОК 63.35

4. Электроды ESAB (Швеция)

4.1. Область применения электродов ESAB

Таблица 4.1. Применение сварочных электродов ESAB в зависимости от вида стали

Тип электродов	Среднеуглеродистые стали		Низколегированные стали			Высоколегированные стали				
Электроды ОК	43.32	50.10	48.08	73.05	75.75	61.25	63.20	67.13	67.65	68.55
	46.00	50.40	–	73.08	75.78	61.30	63.30	67.15	67.66	68.60
	46.16	53.05		73.15	76.18	61.35	63.34	67.20	67.70	68.81
	48.00	53.35		73.68	76.28	61.41	63.35	67.45	67.71	68.82
	48.04	53.38		73.79	76.35	61.80	63.41	67.50	67.72	69.25
	48.05	53.68		74.46	76.96	61.81	63.80	67.51	67.75	69.33
	48.15	53.70		74.70	76.98	61.85	64.30	67.52	68.15	–
	48.18	55.00		74.78	78.18	61.86	64.63	67.55	68.17	
	48.30	–		–	–	62.53	64.65	67.60	68.25	
	48.68					–	–	67.62	68.53	
Электроды с целлюлозным покрытием Pipeweld	60.10	–	70.10	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	80.10	–	–	–	–	–	–	–
Порошковая проволока ОК Tubrod	14.00	15.00	14.01	15.11	–	14.20	15.30	–	–	–
	14.12	15.02	14.02	15.17		14.21	15.31			
	14.13	15.10	14.03	15.19		14.22	15.32			
	14.17	15.12	14.04	15.20		14.25	15.34			
	14.18	15.14	14.05	15.22		14.27	15.36			
	–	15.15	14.06	15.24		14.28	15.37			
		15.16	–	15.25		14.30	–			
		15.18		15.26		14.31				
		–		15.27		14.32				
				–		14.33				
						14.34				

Таблица 4.2. Применение электродов ESAB для ремонта и восстановления деталей

Наплавка	Поверхностное упрочнение				
	трущихся деталей	против абразивного износа	против ударного износа	режущих поверхностей	деталей штампов
ОК 83.28 ОК 83.29	ОК 83.29	ОК 84.78 ОК 84.84	ОК 84.58 ОК 83.50	ОК 84.52 ОК 85.65	ОК 85.58 ОК 92.35
ОК 68.82 ОК67.45	ОК67.45 ОК 68.82	ОК 84.78 ОК 84.84	ОК 84.58 ОК 83.50	ОК 84.52 ОК 85.65	ОК 85.58 ОК 92.35
ОК 86.08 ОК 86.28	ОК 86.08 ОК 86.28	ОК 84.78 ОК 84.84	ОК 84.58 ОК 83.50	–	–
ОК67.45 ОК 67.52	ОК67.45 ОК 68.82	ОК 84.78 ОК 84.84	ОК 84.58 ОК 83.50	ОК 84.52 ОК 85.65	ОК 85.58 ОК 92.35
ОК 92.18 ОК 92.60	ОК 92.35 ОК 92.60	ОК 83.28	–	–	–
ОК 94.25	ОК 94.25	–			
ОК 96.50	ОК 96.50				

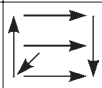
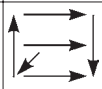
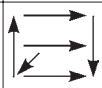
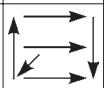
Таблица 4.3. Применение электродов ESAB для сварки разнородных материалов

–	Углеродистые, инструментальные, пружинные стали	Нержавеющие хромо-никелевые стали	Марганцовистая (14% марганца) сталь	Никель-хромовая сталь, Инконель 600	Никель-медная, Монель 400	Бронзы	Чугун
Углеродистые, инструментальные, пружинные стали	ОК 68.82	ОК 67.70 ОК 68.82	ОК 68.82 ОК 67.45	ОК 92.26	ОК 92.26	ОК 94.25	ОК 92.60
	Нержавеющие хромо-никелевые стал	ОК 67.45 ОК 67.52	ОК 67.45	ОК 92.26	ОК 92.26	ОК 94.25	ОК 92.60 ОК 67.45
		Марганцовистая (14% марганца) сталь	ОК 67.45 ОК 67.52	ОК 92.26	ОК 92.26	(ОК 94.25)	ОК 92.60
			Никель-хромовая сталь, Инконель 600	ОК 92.26	ОК 92.26	ОК 92.26	ОК 92.60
				Никель-медная, Монель 400	ОК 92.25	ОК 92.26	ОК 92.60 ОК 92.26
					Бронзы	ОК 94.26	ОК 94.25
						Чугун	ОК 92.60 ОК 92.18

4.2. Электроды для сварки углеродистых сталей

4.2.1. Электроды с целлюлозным покрытием

Таблица 4.4. Электроды с целлюлозным покрытием

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN				
Pipeweld 6010	Э46 А	E 6011	E 433 C 14	E 4332 C4		=+ –/~	50	Для односторонней сварки труб и трубопроводов во всех пространственных положениях
Pipeweld 7010	Э55	E 7010-G	E 514 C10	E 5143 C4		=+ –	–	Применяются для сварки трубных сталей, в том числе и высокопрочных. Рекомендуется как для корневых швов, так и при заполнении разделок
Pipeweld 85	Э 55	E7010-A1	E 513 C10	E 5143 C4		=+ –	–	Применяется для сварки трубных сталей с марганцем и молибденом повышенной (525–555 МПа) прочности. Широко используется при заполнении разделки и для облицовочных швов. Разработан специально для односторонней сварки высокопрочных труб и трубопроводов во всех пространственных положениях
Pipeweld 8010	Э60	E8010-G	E 513 C10	E 5132 C4		=+ –	–	Применяется при сварке трубных сталей с уровнем прочности 570–620 МПа. Используется для корневых швов, заполнения разделки и облицовочных швов

4.2.2. Характеристика электродов с целлюлозным покрытием

Pipeweld 6010

Характеристика электродов:
- Покрытие — целлюлозное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		555
	Предел текучести, МПа		480
	Относительное удлинение, %		26
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	0 °С	60
		–20 °С	50

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,12
	Кремний	0,2
	Марганец	0,5

Особые свойства:
- Обладает глубоким проплавлением при малом объеме сварочной ванны.
- Сварочная ванна быстро кристаллизуется.

Технологические особенности сварки:
- Дуга при сварке легко контролируется.
- Дает хорошие результаты при плохо подогнанных кромках.
- Шлак легко отделяется.

Pipeweld 7010

Характеристика электродов:
- Покрытие — целлюлозное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		540
	Предел текучести, МПа		460
	Относительное удлинение, %		24
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	0 °С	80
		–20 °С	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,12
	Кремний		0,1
	Марганец		0,7
	Никель		0,2
	Молибден		0,2

Особые свойства:
- Позволяет производить сварку труб и трубопроводов при увеличенном смещении и зазоре свариваемых кромок.
- Дуга с глубоким проплавлением и мягкими характеристиками.

Технологические особенности сварки:
- Дает возможность контролировать жидкую ванну.
- Быстрая кристаллизация жидкой ванны, имеющей малый объем.
- Шлак легко отделяется.

Pipeweld 85

Характеристика электродов:
- Покрытие — целлюлозное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		540
	Предел текучести, МПа		460
	Относительное удлинение, %		24
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	0 °С	80
		–20 °С	50

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,12
	Кремний	0,1
	Марганец	0,3
	Молибден	0,5

Особые свойства:
- Характеризуется глубоким проплавлением, быстро кристаллизующейся сварочной ванной, имеющей малый объем.

Технологические особенности сварки:
- Шлак легко отделяется.

Pipeweld 8010

Характеристика электродов:
- Покрытие — целлюлозное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		595
	Предел текучести, МПа		515
	Относительное удлинение, %		24
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	0 °С	75
		–20 °С	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,12
	Кремний		0,1
	Марганец		0,7
	Никель		0,2
	Молибден		0,4

Особые свойства:
- Как и электрод 7010 позволяет производить сварку труб и трубопроводов при увеличенном смещении и зазоре свариваемых кромок.
- Отличается глубоким проплавлением, низким разбрызгиванием, быстрой кристаллизацией жидкой ванны, имеющей малый объем.

Технологические особенности сварки:
- Шлак легко отделяется.

4.2.3. Электроды с большой глубиной проплавления

Таблица 4.5. Электроды с большой глубиной проплавления

Марка электрода	Тип электрода по:			Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO				
OK Rapid 23.50	Э42 А	E 6020	E 4X2R 45P	→	=+ –/~	60	Применяется для углеродистых конструкционных сталей общего назначения, сталей для сосудов давления и судовых сталей А квалитета

4.2.4. Характеристики электродов с большой глубиной проплавления

OK Rapid 23.50

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		520
	Предел текучести, МПа		450
	Относительное удлинение, %		31
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	0 °С	
		+20 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,10
	Кремний		0,4
	Марганец		0,5

Особые свойства:
- Электрод с глубоко проникающей при сварке дугой.
- Глубокое проплавление обеспечивает хорошее качество сварного соединения при сварке в нижнем положении без разделки кромок и корневых швов, при V-образной разделке при грубой подгонке свариваемых кромок.

4.2.5. Высокопроизводительные электроды с рутиловым покрытием

Таблица 4.6. Высокопроизводительные электроды с рутиловым покрытием

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN				
OK Femax 33.65	Э55 А	E 7024	E 512 RR 160 31	E 51 32 RR 11 160	→	=+ –/~	50	–
OK Femax 33.80	Э55 А	E 7024	E 512 RR180 31	E 5132 RR11 180	→	=+ –/~	50	Рекомендуется при сварке углеродистых сталей, судовых сталей A, D квалитета. Может также применяться при гравитационной сварке
OK Femax 33.80 Fematic	Э55 А	E 7024	E 512 RR180 31	E 5132 RR11 180	→	=+ –/~	50	Рекомендуется при сварке углеродистых сталей, судовых сталей A, D квалитета. Применяться при гравитационной сварке

4.2.6. Характеристики высокопроизводительных электродов с рутиловым покрытием

OK Femax 33.65

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент перехода — 160%.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		560
	Предел текучести, МПа		490
	Относительное удлинение, %		26
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	0 °С	55
		–20 °С	28
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,4
	Марганец		0,7

Особые свойства:
- Высокопроизводительный электрод с покрытием, содержащим порошок железа.
- Обеспечивает мелкокапельный перенос металла без коротких замыканий.

Технологические особенности сварки:
- Металл хорошо удерживается на вертикальной стенке, что исключает подрезы даже при большом сварочном токе.

OK Femax 33.80

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент перехода — 180%.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		555
	Предел текучести, МПа		480
	Относительное удлинение, %		26
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	0 °С	60
		–20 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,09
	Кремний		0,4
	Марганец		0,7

Особые свойства:
- Высокопроизводительный электрод с покрытием, содержащим порошок железа.

Технологические особенности сварки:
- Обеспечивает мелкокапельный перенос металла без коротких замыканий при больших сварочных токах.
- Хорош при заполнении разделок.

OK Femax 33.80 Fematic

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент перехода — 180%.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		555
	Предел текучести, МПа		480
	Относительное удлинение, %		26
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	0 °С	60
		–20 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,09
	Кремний		0,4
	Марганец		0,7

Особые свойства:

- Высокопроизводительный электрод с покрытием, содержащим порошок железа.

Технологические особенности сварки:

- Обеспечивает мелкокапельный перенос металла без коротких замыканий при больших сварочных токах.
- Хорош при заполнении разделок.

4.2.7. Высокопроизводительные электроды с основным покрытием

Таблица 4.7. Высокопроизводительные электроды с основным покрытием

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN				
OK Femax 38.48	Э55 А	E 7028	E 514 B150 36H	E 5143 B (R) 12 150		= +/~	60	Рекомендуется для заполнения широких разделок, особенно в нижнем положении
OK Femax 38.65	Э55	E 7028	E 514 B170 36H	E 5143 B (R) 12		= +/~	65	Применяется для сварки обычных и высокопрочных судовых сталей A, D, E квалитета
OK Femax 38.85	Э55	E 7028	E 514 B220 36H	E 5143 B (R) 12		= +/~	65	Рекомендуется для заполнения разделок для высокопрочных конструкционных и судовых сталей, где не разрешается применение рутиловых электродов
OK Femax 38.85 Fematic	Э55	E 7028	E 514 B220 36H	E 5143 B (CR) 12 220		= +/~	65	Высокопроизводительный электрод для гравитационной сварки. Рекомендуется для заполнения разделок для высокопрочных конструкционных и судовых сталей, где не разрешается применение рутиловых электродов
OK Femax 38.95	Э50 А	E 7028	E 515 B240 46H	E 5154 B (R) 12		= +/~	70	Применяется при сварке углеродистых сталей, обычных и высокопрочных судовых сталей A, D, E квалитета. Рекомендуется для заполнения широких разделок, особенно в нижнем положении

4.2.8. Характеристики высокопроизводительных электродов с основным покрытием

OK Femax 38.48

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.
- Коэффициент перехода — 150%.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		540
	Предел текучести, МПа		460
	Относительное удлинение, %		27
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	90
		–40 °С	50
		–50 °С	35
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,4
	Марганец		1,1

Особые свойства:
- Высокопроизводительный электрод с покрытием, содержащим порошок железа.
- Отличается низким содержанием водорода.

Технологические особенности сварки:
- Обеспечивает равномерное заполнение разделки со стабильной шириной шва.
- Характеризуется низким разбрызгиванием.

OK Femax 38.65

Характеристика электродов:
- Покрытие — циркониево-основное.
- Коэффициент перехода — 165%.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		540
	Предел текучести, МПа		430
	Относительное удлинение, %		30
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	110
		–30 °С	95
		–40 °С	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,08
	Кремний		0,4
	Марганец		1,1

Особые свойства:
- Высокопроизводительный электрод с покрытием, содержащим порошок железа.
- Обеспечивает получение высококачественного металла шва с низким содержанием водорода.

OK Femax 38.85

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Коэффициент перехода — 220%.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		560
	Предел текучести, МПа		480
	Относительное удлинение, %		29
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	100
		–30 °С	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,6
	Марганец		1,1

Особые свойства:
- Электрод с покрытием, содержащим порошок железа.

Технологические особенности сварки:
- Дает наилучшие результаты при сварке на переменном токе.

OK Femax 38.85 Fematic

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутилово-основное
- Коэффициент перехода — 220%.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		560
	Предел текучести, МПа		480
	Относительное удлинение, %		29
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	100
		–30 °С	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,6
	Марганец		1,1

Особые свойства:
• Электрод с покрытием, содержащим порошок железа.
Технологические особенности сварки:
• Дает наилучшие результаты при сварке на переменном токе.

OK Femax 38.95

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.
• Коэффициент перехода — 240%.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		500
	Предел текучести, МПа		400
	Относительное удлинение, %		30
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	110
		–40 °С	90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,4
	Марганец		1,1

Особые свойства:
• Электрод с покрытием, содержащим порошок железа.
• По производительности сравним со сваркой под флюсом — 240 г/мин наплавленного металла при сварке электродом диаметром 6 мм.
Технологические особенности сварки:
• Обеспечивает плавный переход от шва к основному металлу.

4.2.9. Электроды для гравитационной сварки

Таблица 4.8. Электроды для гравитационной сварки

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN				
OK Femax 33.80 Fematic	Э55 А	E 7024	E 512 RR180 31	E 5132 RR11 180	→	= + –/~	50	Рекомендуется при сварке углеродистых сталей, судовых сталей A, D квалитета
OK Femax 38.85 Fematic	Э55	E 7028	E 514 B220 36H	E 5143 B (CR) 12 220	→	= +/~	65	Высокопроизводительный электрод для гравитационной сварки. Рекомендуется для заполнения разделок для высокопрочных конструкционных и судовых сталей, где не разрешается применение рутиловых электродов

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN				
OK Femax 39.50 Fematic	Э55 А	E 6027	E 515 AR160 25	E 5153 AR11 160		= + –/~	70	Высокопроизводительный электрод для гравитационной сварки. Рекомендуется для сварки углеродистых сталей, судовых сталей A, D, E квалитета

4.2.10. Характеристики электродов для гравитационной сварки

OK Femax 33.80 Fematic

См. раздел 4.2.6.

OK Femax 38.85 Fematic

См. раздел 4.2.8.

OK Femax 39.50 Fematic

Характеристика электродов:
- Покрытие — кислое.

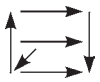
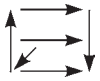
Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		510
	Предел текучести, МПа		450
	Относительное удлинение, %		27
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	70
		–40 °С	28
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,2
	Марганец		0,5

Технологические особенности сварки:
- Дает прекрасный профиль сварного шва.
- Шлак легко отделяется.

4.2.11. Электроды с рутиловым покрытием

Таблица 4.9. Электроды с рутиловым покрытием

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN				
OK 43.32	Э55	E 6013	E 512 RR	E 5131 RR6		= + –/~	50	Применяется при сварке углеродистых конструкционных сталей, сталей для сосудов давления с прочностью до 490 МПа, судовых сталей А квалитета
OK 46.00	Э46	E 6013	E 433 RR11	E 4332 R (C) 3		= + –/~	50	Рекомендуется для сварки углеродистых конструкционных и судовых сталей
OK 46.16	Э50	E 7014	E 433 RR11	E 4332 RR (C) 6		= + –/~	50	Используется при сварке гальвано-покрытых, загрязненных, покрытых ржавчиной листов. Применяется при сварке судовых сталей А и D квалитета

4.2.12. Характеристики электродов с рутиловым покрытием

OK 43.32

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		550
	Предел текучести, МПа		460
	Относительное удлинение, %		26
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	0 °С	65
		+20 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,4
	Марганец		0,5

Особые свойства:
- Универсальный электрод с прекрасным формированием шва, особенно при сварке наружных углов.

Технологические особенности сварки:
- Высокая устойчивость горения дуги на малых токах позволяет использовать легкие переносные трансформаторы с напряжением холостого хода менее 50 В.
- Позволяет получать хорошие результаты даже начинающим сварщикам.

ОК 46.00

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		470
	Предел текучести, МПа		380
	Относительное удлинение, %		28
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	0 °С	70
		–20 °С	35
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,08
	Кремний		0,3
	Марганец		0,4

Особые свойства:
- Универсальный электрод, обеспечивающий высокие свойства шва.
- Легко поджигается, в том числе и повторно.
- Идеален для прихваток, коротких и корневых швов.
- Широко применяется при сварке листов с гальваническим покрытием.

Технологические особенности сварки:
- Сварка отличается пониженным тепловложением, что позволяет использовать электроды при заварке широких зазоров, особенно на монтаже.
- Не чувствителен к ржавчине и поверхностным загрязнениям.

ОК 46.16

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

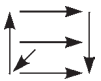
Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		505
	Предел текучести, МПа		440
	Относительное удлинение, %		28
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	75
		0 °С	70
		–20 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,08
	Кремний		0,4
	Марганец		0,5

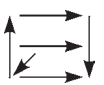
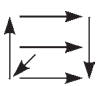
Особые свойства:
- Толстое покрытие обеспечивает пониженное, по сравнению с другими рутиловыми электродами, разбрызгивание.

Технологические особенности сварки:
- Отличается высокими технологическими свойствами.
- Низкое тепловложение позволяет использовать электроды при наложении прихваток и сварке корневых швов.

4.2.13. Электроды с основным покрытием

Таблица 4.10. Электроды с основным покрытием

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN				
OK 48.00	Э55	E 7018	E 515 B120 20H	E 5153 B10		= + –/~	90	Электрод общего назначения для сварки углеродистых и низколегированных сталей. Рекомендуется для сварки тяжелонагруженных конструкций из указанных сталей. Применяется также при сварке судовых сталей A, D, E квалитета, гальванопокрытых листов
OK 48.04	Э55 A	E 7018	E 515 B120 26H	E 5153 B10		= + –/~	70	Используется для сварки жестких конструкций, где нельзя избежать высоких сварочных напряжений. Обеспечивает сварку во всех пространственных положениях. Применяется также для сварки судовых сталей A, D, E квалитета
OK 48.08	Э60 A	E 7018-G	E 516 B120 24H	E SY46761NIBH5		= + –/~	70	Применяется для сварки конструкций в морских зонах
OK 48.15	Э55 A	E 7018	E 516 B120 26H	E 5153 B10		=+–/~	65	Электрод для сварки углеродистых и низколегированных сталей. Используется также для сварки судовых сталей A, D, E квалитета, гальванопокрытых листовых сталей
OK 48.68	Э55	E 7018-1	E 515 B120 24H	E 5155 B10		= + –/~	65	Применяется для сварки высокопрочных сталей чувствительных к водородной хрупкости. Используется также для сварки упрочняемых конструкционных низколегированных сталей, углеродистых сталей, в частности, когда не может быть использован предварительный подогрев. Применяется также для сварки высокопрочных судовых сталей A, D, E квалитета
OK 48.80	Э55	E 7018	E 515 B120 20H	E 5153 B10		= + –/~	90	Электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей
OK 50.10	Э50	E 6013	E 434AR24	E 4342 AR7		= +/~	70	Электроды общего назначения для сварки углеродистых сталей, сталей для сосудов давления с номинальной прочностью до 440 МПа и требованиями к ударной вязкости до –20 °C. Применяется также для сварки судовых сталей A, D, E квалитета с прочностью до 4000–490 МПа

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN				
OK 50.40	Э60	E 6013	E 514 RR24	E 5143 RR (B) 7		= + –/~	70	Электрод общего назначения для сварки углеродистых сталей. Применяется при сварке труб
OK 53.04	Э50 А	E 7016-1	E 514 B24	E 5144 B10		= + –/~	70	Применяется для сварки углеродистых и марганцовистых сталей
OK 53.05	Э55	E 7016	E 515 B24 (H)	E 5155 B (R) 10		= + –/~	70	
FILARC 76S	Э50	E 7018-G	E 515 B110 24 (H)	E 426 Mn1Ni B32 H5		= +/~	70	Высокопроизводительные электроды широко применяются для сварки конструкций в прибрежных морских зонах
OK 53.35	Э55	E 7048	E 515 B56 H	E 5154 B9		= +/~	70	Электрод специально разработан для сварки на вертикальной плоскости. Применяется для судовых сталей A, D, E квалитета, конструкционных и низколегированных сталей
OK 53.68	Э55	E 7016-1	E 515 B24 H	E 5155 B10		= + –/~	60	Рекомендуется для сварки конструкций, эксплуатирующихся в морских зонах, когда требуется высокая ударная вязкость при –30 – 40 °С. Применяется для сварки сталей средней и высокой прочности с гарантированным пределом текучести до 430 МПа
OK 53.70	Э50 А	E 7016-1	–	–		= +/~	60	Электрод с низким содержанием водорода для односторонней сварки труб и конструкций общего назначения
OK 55.00	Э60	E 7018-1	E 515 B120 26H	EY 4666 MnB		= +/~	65	Высококачественные электроды, применяющиеся для сварки высокопрочных низколегированных сталей. Применяется также для сварки высокопрочных судовых сталей A, D, E квалитета

4.2.14. Характеристики электродов с основным покрытием

OK 48.00

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		540
	Предел текучести, МПа		445
	Относительное удлинение, %		29
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °C	140
		–40 °C	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,5
	Марганец		1,1

Технологические особенности сварки:
- Отличается высокой вязкостью металла шва, высокой скоростью сварки на вертикальной плоскости.

OK 48.04

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		560
	Предел текучести, МПа		480
	Относительное удлинение, %		30
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °C	150
		–40 °C	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,5
	Марганец		1,2

Особые свойства:
- Высокотехнологичный электрод, дающий качественный шов с высокой ударной вязкостью.

OK 48.08

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		600
	Предел текучести, МПа		540
	Относительное удлинение, %		26
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	150
		–40 °С	120
		–60 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,35
	Марганец		1,2
	Никель		0,9

Особые свойства:
- Наличие никеля обеспечивает высокую ударную вязкость вплоть до −40 °С.
- Низкая гигроскопичность покрытия обеспечивает высокую стойкость против трещин и пор.

Технологические особенности сварки:
- Универсальный электрод с низким содержанием водорода и высокими сварочно-технологическими характеристиками.

ОК 48.15

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		575
	Предел текучести, МПа		490
	Относительное удлинение, %		30
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	130
		–30 °С	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,5
	Марганец		1,0

Особые свойства:
- Повышенная прочность металла шва позволяет применять электрод для сварки тяжело нагруженных конструкций.

Технологические особенности сварки:
- Отличается высокими сварочно-технологическими свойствами на вертикальной плоскости.

ОК 48.68

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		560
	Предел текучести, МПа		470
	Относительное удлинение, %		28
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	150
		–40 °С	130
		–50 °С	90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,5
	Марганец		1,2

Особые свойства:
- Электроды со сверхнизким содержанием влаги в покрытии и низкой гидроскопичностью.

ОК 48.80

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		540
	Предел текучести, МПа		445
	Относительное удлинение, %		29
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	140
		–40 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,5
	Марганец		1,1

Особые свойства:
- Пониженное содержание влаги в покрытии и низкая его гигроскопичность уменьшают риск образования пор и трещин во влажном климате.

ОК 50.10

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		500
	Предел текучести, МПа		430
	Относительное удлинение, %		25
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–0 °С	70
		–20 °С	60
		–40 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,2
	Марганец		0,5

ОК 50.40

Характеристика электродов:
• Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		520
	Предел текучести, МПа		450
	Относительное удлинение, %		24
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–0 °С	80
		–20 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,2
	Марганец		0,5

Особые свойства:
• Хорошо применять при выполнении корневых швов.

ОК 53.04

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		590
	Предел текучести, МПа		500
	Относительное удлинение, %		27
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	170
		–30 °С	120
		–40 °С	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,5
	Марганец		1,1

Особые свойства:
- Покрытие обладает низкой гигроскопичностью и подавляет образование пор и водородных трещин.

Технологические особенности сварки:
- Электрод с хорошими сварочно-технологическими характеристиками, низким разбрызгиванием при сварке и тонким, легко отделяющимся шлаком.
- Характеризуется высокой стабильностью дуги на малых токах.

OK 53.05

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		540
	Предел текучести, МПа		470
	Относительное удлинение, %		28
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	100
		–50 °С	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,6
	Марганец		1,1

Особые свойства:
- Электрод с низким содержанием водорода и высокими сварочно-технологическими свойствами.

Технологические особенности сварки:
- Двухслойное покрытие при сварке обеспечивает образование защитной втулки на конце электрода, стабилизирующей дугу и дающей хорошую защиту от воздуха при сварке во всех пространственных положениях.

FILARC 76S

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		520–640
	Предел текучести, МПа		>440
	Относительное удлинение, %		26
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	150
		–40 °С	100
		–60 °С	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,035–0,075
	Кремний		0,2–0,5
	Никель		0,6–0,99
	Фосфор		0,020
	Сера		0,015

Особые свойства:
• Дает высокую вязкость металла шва при температурах вплоть до −60 °С.
Технологические особенности сварки:
• При сварке толстого металла (до 50 мм) обеспечивает пониженный уровень остаточных напряжений из-за их релаксации при сварке при большом запасе пластичности шва.

OK 53.35

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		560
	Предел текучести, МПа		460
	Относительное удлинение, %		30
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	140
		–30 °С	110
		–40 °С	90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,6
	Марганец		0,9

Технологические особенности сварки:
• Сварка способом сверху вниз может осуществляться электродами сравнительно больших диаметров при большом токе. Что обеспечивает высокую скорость сварки.

OK 53.68

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		550
	Предел текучести, МПа		460
	Относительное удлинение, %		30
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	180
		–40 °С	140
		–50 °С	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,5
	Марганец		1,1

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают однородную высококачественную структуру шва с очень низким содержанием неметаллических включений и водорода.

Технологические особенности сварки:
- Для корня шва с глубоким проплавлением рекомендуется электрод диаметром 2,5—3,25 мм.

OK 53.70

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		530
	Предел текучести, МПа		440
	Относительное удлинение, %		30
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °C	150
		–40 °C	120
		–50 °C	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,4
	Марганец		1,1

Особые свойства:
- Отличается большой глубиной проплавления, дает плоский шов с легко удаляемым шлаком.

Технологические особенности сварки:
- Хорошо сбалансированная шлаковая система обеспечивает стабильное горение и позволяет легко производить сварку во всех пространственных положениях.

OK 55.00

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

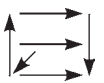
Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		590
	Предел текучести, МПа		480
	Относительное удлинение, %		28
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °C	115
		–50 °C	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,5
	Марганец		1,5

Особые свойства:
- Обеспечивает высокую стойкость против горячих трещин.
- Металл шва отливается высокой ударной вязкостью при низких температурах.

4.3. Электроды для сварки низколегированных высокопрочных сталей

Табл. 4.11. Электроды для сварки низколегированных высокопрочных сталей

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN				
OK 73.08	Э60	E 8018-G	E 515 B 120 26H	E Y466551NiCuB		= +/~	65	Рекомендуется для сварки сталей, подвергающихся атмосферным воздействиям, судовых корпусных сталей, никелированных щитов ледоколов и др. кораблей, работающих в условиях истирания покрытия, мостов, сосудов, сталей, подверженных слабым коррозийным воздействиям, высокопрочных судовых сталей A-E квалитета
OK 73.68	Э60	E 8018-C1 1	–	E Y46872NiB		= +/~	70	Модифицированные 2,5% никеля электроды для сварки низколегированных сталей, обеспечивающие высокую вязкость сварных швов при температурах вплоть до –60 °C даже при сварке в вертикальном положении
OK 73.79	Э60	E 8018-C2	–	–		= +/~	70	Электрод для сварки низколегированных сталей с содержанием никеля до 3,5% с требованиями обеспечения ударной вязкости при температурах до –100 °C, в т. ч. резервуаров для сжиженных газов, оборудования химических заводов и др.
FILARC 88S	Э60	E 8016-G	–	E 506 Mn1Ni B12 H5		= +/~	70	Высокопроизводительные электроды широко применяются для сварки конструкций в прибрежных морских зонах
OK 74.46	Э-09М	E 7018-A1	–	E Mo		=+		Электроды с 0,5% молибдена для сварки сосудов давления

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN				
OK 74.70	Э60	E 8016-D3	–	–		= + –/~	75	Электрод для сварки низколегированных высокопрочных сталей. Применяется для сварки различных конструкций, включая трубопроводы
OK 74.78	Э70	E 9018-D1	–	E Y5543 MnMoB		= +/~	70	Электроды для сварки высокопрочных углеродистых и низколегированных сталей, обеспечивающие высокую ударную вязкость сварного шва до –60 °С. Применяются для сварки рельс и элементов железных дорог при требованиях к твердости >250 Hv, конструкций, работающих при низких температурах (в т. ч. для хранения сжиженных природных газов)
OK 75.75	Э70	E 11018-G	–	E Y6965MnNiCrMoB		= +/~	70	Электрод для сварки различных конструкций из низколегированных высокопрочных сталей, включая трубопроводы
OK 76.18	Э-09Х1 М	E 8018-B2L	–	E CrMo1 B26		= + –/~	65	Электроды предназначены для сварки хромистых сталей типа ХМ с высоким сопротивлением ползучести
OK 76.28	Э-09Х2М1	E 9018-B3L	–	E CrMo2 B26		=+–/~	65	Предназначены для сварки сталей с высоким сопротивлением ползучести типа Х2М1
OK 76.35	Э-05Х5М	E 502-16	–	E CrMo5 B26		= + –/~	65	Электроды для сварки хромомолибденовых сталей типа 15Х5М с высоким сопротивлением ползучести. Применяются в нефтеперерабатывающей промышленности при сварке деталей (в т. ч. и трубных), работающих в агрессивных средах при высоких температурах и давлении

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN				
OK 76.96	Э-Х9М	E 505-15	E 9CrMoB20	E CrMo9 B20		= +	–	Электроды для сварки хромистых сталей типа Х5М, Х9М с высоким сопротивлением ползучести. Применяются в нефтеперерабатывающей промышленности при сварке деталей (в т. ч. и трубных), работающих при высоких температурах и давлении
OK 78.04	Э-НМГ2	E 9016-G	–	–		= –/~	70	Применяется, когда требуется высокая прочность и вязкость для сталей, содержащих до 1% никеля и до 0,5% молибдена
OK 78.08	Э-Н3М	E 11016-G	–	–		= –/~	70	Применяются, когда требуется комбинация высокой прочности и вязкости для высокопрочных сталей, содержащих до 3% никеля и до 0,5% молибдена
OK 78.10	Э-2НМ	E 11018-M	–	E Y5566Mn2NiMoB H120		= +/~	70	Электроды для сварки высокопрочных никельмолибденовых сталей с пределом текучести до 690 МПа
OK 78.16	Э-20ХМ	E 9018-G	–	–		= +/~	65	Электроды для сварки закаливающихся сталей типа 20ХМ, 25ХМ

4.3.1. Характеристики электродов для сварки низколегированных высокопрочных сталей

OK 73.08

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		590
	Предел текучести, МПа		500
	Относительное удлинение, %		27
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °C	160
		–20 °C	130
		–50 °C	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,4
	Марганец		1,0
	Никель		0,6
	Медь		0,4

Особые свойства:
- Модификационный никель-медный электрод.
- Дает сварной шов с высокими коррозийными свойствами в морской воде и выхлопных (дымовых) газах.

Технологические особенности сварки:
- При сварке отличается спокойной, стабильной дугой с малым разбрызгиванием.

OK 73.68

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		610
	Предел текучести, МПа		520
	Относительное удлинение, %		26
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °C	180
		–40 °C	125
		–50 °C	110
		–60 °C	105
		–80 °C	75

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,35
	Марганец	0,9
	Никель	2,4

Технологические особенности сварки:
- Отличается высокими коррозийными свойствами в морской воде и парах серных кислот.

OK 73.79

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		610
	Предел текучести, МПа		520
	Относительное удлинение, %		26
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–60 °С	160
		–73 °С	90
		–95 °С	40
		–100 °С	35
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,3
	Марганец		0,6
	Никель		3,3

FILARC 88S

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		600–680
	Предел текучести, МПа		500
	Относительное удлинение, %		24
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	100
		–40 °С	80
		–60 °С	60

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,04–0,08
	Кремний	0,2–0,5
	Марганец	1,5–1,9
	Никель	0,6–0,99
	Медь	0,3–0,5
	Фосфор	<0,018
	Сера	<0,015

Особые свойства:
• Дает высокую вязкость металла шва при температурах вплоть до —60 °С.
Технологические особенности сварки:
• Рекомендуется сварка на короткой дуге.

ОК 74.46

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		560
	Предел текучести, МПа		460
	Относительное удлинение, %		27
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	175
		0 °С	160
		–20 °С	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,3
	Марганец		0,8
	Молибден		0,5

Особые свойства:
• Состав покрытия обеспечивает пониженные токи при сварке, что дает возможность применять электрод при сварке труб.
Технологические особенности сварки:
• Сварочно-технологические характеристики позволяют использовать электрод на вертикальной плоскости.

ОК 74.70

Характеристика электродов:

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		620
	Предел текучести, МПа		540
	Относительное удлинение, %		26
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	140
		–40 °С	90
		–60 °С	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,08
	Кремний		0,4
	Марганец		1,3
	Молибден		0,4

ОК 74.78

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		670
	Предел текучести, МПа		610
	Относительное удлинение, %		24
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	170
		0 °С	100
		–20 °С	95
		–30 °С	75
		–40 °С	70
		–60 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,35
	Марганец		1,5
	Молибден		0,35

Особые свойства:
- Покрытие отличается низкой гигроскопичностью.
- Высокая устойчивость против зернограничного растрескивания.

ОК 75.75

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		820
	Предел текучести, МПа		760
	Относительное удлинение, %		20
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	85
		–60 °С	45
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,5
	Марганец		1,5
	Хром		0,35
	Никель		1,8
	Молибден		0,4

ОК 76.18

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		620
	Предел текучести, МПа		530
	Относительное удлинение, %		20
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	55
		–20 °С	40
		–40 °С	20
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,05
	Кремний		0,3
	Марганец		0,6
	Хром		1,4
	Молибден		0,5

Особые свойства:
• Стабильное горение дуги с минимальным разбрызгиванием.
• Повышенная стойкость против трещин и пористости.
Технологические особенности сварки:
• Температура самоотделения шлака 575 °С.

ОК 76.28

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		650
	Предел текучести, МПа		550
	Относительное удлинение, %		18
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	50
		–20 °С	25
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,05
	Кремний		0,3
	Марганец		0,7
	Хром		2,3
	Молибден		1,0

Особые свойства:
• Отличаются стабильным горением дуги, минимальным разбрызгиванием.
• Повышенная устойчивость против трещин и пор.
Технологические особенности сварки:
• Температура самоотделения шлака 625 °С.

ОК 76.35

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		420
	Предел текучести, МПа		–
	Относительное удлинение, %		35
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	145
		–20 °С	75
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,05
	Кремний		0,4
	Марганец		0,7
	Хром		5,0
	Молибден		0,55
	Сера		0,015
	Фосфор		0,015

Примечание. *Механические свойства приведены после термообработки — 850 °С, в течение 2 часов.*

Особые свойства:
• Отличается низким содержанием водорода.
Технологические особенности сварки:
• При сварке обычно требуется подогрев до 150—260 °С.

ОК 76.96

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		450
	Предел текучести, МПа		–
	Относительное удлинение, %		20
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,05
	Кремний		0,4
	Марганец		0,8
	Хром		9,5
	Молибден		1,05
	Сера		0,015
	Фосфор		0,015

Примечание. *Механические свойства приведены после термообработки — 850 °С, в течение 2 часов.*

Особые свойства:
• Отличается низким содержанием водорода.
• Спокойное стабильное горение дуги с минимальным разбрызгиванием.
Технологические особенности сварки:
• При сварке обычно требуется подогрев до 150—260 °С.

ОК 78.04

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		670
	Предел текучести, МПа		625
	Относительное удлинение, %		24
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	170
		–50 °С	115

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,4
	Марганец	1,6
	Хром	0,8
	Молибден	0,3
	Сера	0,010
	Фосфор	0,010

Особые свойства:
- Электроды с тонким покрытием, обеспечивающие низкое содержание водорода в металле шва.

Технологические особенности сварки:
- Дает очень чистый (по неметаллическим включениям) наплавленный металл с высокими свойствами при низких температурах.

ОК 78.08

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		760
	Предел текучести, МПа		720
	Относительное удлинение, %		22
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–20 °С	150
		–50 °С	110
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,05
	Кремний		0,4
	Марганец		1,6
	Хром		2,4
	Молибден		0,2
	Сера		0,010
	Фосфор		0,010

Особые свойства:
- Электроды с тонким покрытием, обеспечивают низкое содержание водорода в металле шва.

Технологические особенности сварки:
- Дают очень чистый по неметаллическим включениям наплавленный металл с высокими свойствами при низких температурах.

ОК 78.10

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		750
	Предел текучести, МПа		660
	Относительное удлинение, %		24
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	–50 °С	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,35
	Марганец		1,4
	Хром		1,8
	Молибден		0,4
	Сера		0,020
	Фосфор		0,020

Особые свойства:
• Содержание водорода в наплавленном металле менее 5 мл/100 г.
Технологические особенности сварки:
• Обладают хорошими сварочными характеристиками во всех пространственных положениях.

ОК 78.16

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

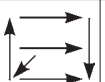
Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

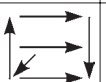
Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		900
	Предел текучести, МПа		850
	Относительное удлинение, %		20
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,18
	Кремний		0,4
	Марганец		0,8
	Хром		1,0
	Молибден		0,2

Особые свойства:
• Термообработка сварного шва такая же, как и для основного металла.
Технологические особенности сварки:
• Сварка производится с минимальным предварительным подогревом — 150—200 °С.

4.4. Электроды для сварки нержавеющих и жаростойких сталей

Таблица 4.12. Электроды для сварки нержавеющих и жаростойких сталей

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Свариваемые стали. Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения	Жаростойкость, до °С
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN						
ОК 61.10	Э-02Х20Н10Г2	E 308L-16	E 19.9 LR	E 19.9 LR23		= +/~	55	03Х18Н11, 06Х18Н11, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т и т. п. Электроды специально разработаны для сварки труб	–	875
ОК 61.25	Э-07Х20Н9	E 308H-15	–	E 19.9 B20		= +	55	12Х18Н10Т, 08Х18Н10 и т. п.	–	–
ОК 61.30	Э-02Х20Н10Г2	E 308Д-16	E 19.9 LR	E 19.9 ДК23		= +/~	55	03Х18Н11, 06Х18Н11, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т и т. п. Универсальные электроды со сверхнизким содержанием углерода для сварки нержавеющих сталей	–	875
ОК 61.33 NAG	Э-02Х20Н10Г2	E 308L-16	–	E 19.9 B20		= +/~	55	03Х18Н11, 06Х18Н11, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т и т. п. Применяются в атомной промышленности	–	–
ОК 61.34	Э-02Х20Н10Г2	E 308L-16	E 19.9 LR	E 19.9 LR23		= +/~	60	03Х18Н11, 06Х18Н11, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т и т. п. Применяется для сварки на вертикальной плоскости способом сверху вниз	Применяется также для заполнения разделок при многослойной сварке	–
ОК 61.35	Э-04Х20Н9	E 308L-15	E 19.9 LB	E 19.9 LB20		= +	–	03Х18Н11, 06Х18Н11, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т и т. п. Применяется в криогенной технике и обеспечивает высокую вязкость наплавленного металла при температурах до –196 °С	–	–

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Свариваемые стали. Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения	Жаростойкость, до °С
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN						
ОК 61.81	Э-08Х20Н9Г2Б	E 347-16	E 19.9 Nb R	E 19.9 Nb R23 110		= +/~	60	06Х18Н11, 08Х18Н12Б, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т и т. п. Применяются для изделий, работающих при высоких температурах	–	–
ОК 61.85	Э-08Х20Н9Г2Б	E 347-15	E 19.9Nb B	E 19.9 Nb B20		= +/~	55	03Х18Н11, 06Х18Н11, 08Х18Н12Б, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т и т .п. Применяются, когда требуется получение сварных соединений со стабилизированным ниобием сварным швом	–	–
ОК 63.30	Э-06Х19Н11Г2М2	E 316L-17	E 19.12.3 LR	E 19.12.3 LR23		= +/~	50	03Х17Н14М2, 10Х17Н13М3Т и т. п.	–	–
ОК 63.34	Э-06Х19Н11Г2М2	E 316L-16	E 19.12.3 LR 16	E 19.12.3 LR16		= +/~	60	03Х17Н14М2, 10Х17Н13М3Т, 12Х18Н10Т. Применяются для: сварки на вертикальной плоскости сверху вниз тонкостенных конструкций (стыковые и нахлесточные соединения); корневых швов во всех пространственных положениях и при любой толщине металла; многопроходной сварки на вертикальной плоскости сверху вниз при толщине металла 6–8 мм	–	–
ОК 63.35	Э-06Х19Н11Г2М2	E 316L-15	E 19.121.3 LB	E 19.12.3 LB20		= +	–	03Х17Н14М2, 10Х17Н13М3Т и т. п. Для сварки нержавеющих сталей	Для сварки упрочняемых на воздухе сталей (типа броневых), разнородных сварных соединений нержавеющих сталей с углеродистыми и низколегированными	–

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Свариваемые стали. Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения	Жаростойкость, до °С
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN						
OK 63.80	Э-03Х19Н12М3Б	–	E 19.12.3 Nb R	E 19.12.3 Nb R		= +/~	50	03Х17Н14М2, 08Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т и т. п. Применяются для сварки стабилизированных титаном или ниобием нержавеющих сталей	–	–
OK 64.30	Э-02Х20Н14Г2М2	E 317L-17	E 19.13.4 LR	E 18.13.4 LR23		= +/~	50	03Х16Н15М3, 03Х17Н14М2, 08Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т и т. п.	–	–
OK 64.63	Э-03Х19Н17Г2 АМ4	–	–	E 18.16.5 LR26		= +/~	60	03Х16Н15М3, 03Х17Н14М2, 03Х21Н21М4 ГБ и т. п.	–	–
OK 67.15	Э-10Х25Н20	E 310-15	E 25.20 B	E 25.20 B20		= +	–	10Х23Н18, 10Х25Н20, 20Х25Н20С2 т. п.	Используются при сварке закаливающихся на воздухе сталей типа броневых, получения разнородных сварных соединений	–
OK 67.50	Э-03Х22Н9 АМ3	E 2209-17	–	E 22.9.3 LR23		= +/~	60	08Х21Н6М2Т, ферритоаустенитные нержавеющие стали с высоким сопротивлением коррозии под напряжением (дуплексные стали) и т. п.	Широко используется для сварки трубопроводов.	–
OK 67.60	Э-03Х25Н13	E 309L-17	E 23.12 LR	E 23.12 LR23		= +/~	50	10Х23Н18, 20Х23Н13, 20Х23Н18 и т. п.	Применяются также для разнородных сварных соединений нержавеющих сталей с углеродистыми, для нанесения подслоя при восстановлении (наплавкой) деталей	–
OK 67.62	Э-10Х25Н13Г2	E 309-26	–	E 23.12 MP R26		= +/~	55	Разнородные сварные соединения нержавеющих сталей с углеродистыми	–	–
OK 67.70	Э-02Х25Н13М3	E 309MoL-17	E 23.12 R	E 22.12.3 LR23		= +/~	55	Электроды применяются для корневых проходов в плакирующем нержавеющем слое и промежуточном между плакирующим нержавеющим и углеродистым двухслойных сталей	Также рекомендуются для сварки ферритных нержавеющих сталей типа Х18М2. Нержавеющих сталей с углеродистыми	–

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Свариваемые стали. Основное назначение	Дополнительная или сопутствующая области применения	Жаростойкость, до °С
	ГОСТ 9467–75	AWS	ISO	DIN						
ОК 67.75	Э-04Х25Н13М	E 309L-15	E 23.12 LB	E 22.12 LB20		= +/~	55	Двухслойные с плакирующим нержавеющим слоем стали, разнородные сварные соединения нержавеющих с другими типами сталей	Применяются для корневых проходов в промежуточном слое двухслойных сталей	–
ОК 67.83	Э-04Х25Н20М2 АГ4	E 310MoL-16	–	–		= +/~	60	03Х21Н21М4 ГБ и т. п. Применяются для сварки сталей, используемых при производстве мочевины	–	–
ОК 68.15	Э-06Х13	E 410-15	–	E 13M BP20		= +	–	08Х13, 12Х13, 20Х13 и т. п.	–	–
ОК 68.17	Э-05Х12Н4М	E 410NiMo-16	–	E 134M PR23 110		= +/~	55	Х13Н2 и т. п. Электроды для сварки проката и литья мартенситных сталей типа Х13Н2	–	–
ОК 68.53	Э-03Х25Н10М4 АГ	–	–	E 25.10.4 LN R23		= +/~	60	Аустенито-ферритные стали типа «Супер дуплекс» (Х25Н10М4 и т. п.)	–	–
ОК 68.60	Э-10Х25Н5М2	–	–	–		= +/~	60	Аустенито-ферритные стали типа Х25Н5М2, ферритные стали типа Х25Т, Х18Т и т. п.	–	–
ОК 69.21	Э-04Х18Н15Г6М2	–	–	–		= +/~	70	03Х17Н14М2 и т. п. Применяется при изготовлении реакторов для мочевины	–	–
ОК 69.33	Э-03Х20Н25М5Д	–	–	E 20.25.5 LCu R		= +/~	65	03Х21Н21М44 ГБ и т. п.	–	–
ОК 69.63	Э-04Х20Н25М6 АГ3Д	–	–	E 20.25.6 L Cu R23		= +/~	60	06ХН28МТ, 06ХН28МДТ и т. п.	–	–

4.4.1. Характеристики электродов для сварки нержавеющих и жаростойких сталей

ОК 61.10

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		570
	Предел текучести, МПа		340
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,03
	Кремний	0,8	
	Марганец		0,8
	Хром		19,5
	Никель		10,5
	Феррит		3–8

Особые свойства:
- Обеспечивает стойкость против межкристалитной коррозии.

Технологические особенности сварки:
- Хорошо варят во всех пространственных положениях, за исключением сверху вниз.

ОК 61.25

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		600
	Предел текучести, МПа		440
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		1,2
	Марганец		0,4
	Хром		18,5
	Никель		9,5
	Феррит		3–8

Особые свойства:
- Обладают повышенной устойчивостью против горячих трещин и пор.

Технологические особенности сварки:
- Электроды обладают высокими сварочно-технологическими свойствами при сварке на вертикальной плоскости и в потолочном положении.

ОК 61.30

Характеристика электродов:
• Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		470
	Предел текучести, МПа		420
	Относительное удлинение, %		45
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,03
	Кремний		0,8
	Марганец		0,8
	Хром		19,5
	Никель		10,0
	Феррит		3–10

Особые свойства:
• Обеспечивают стойкость против межкристаллитной коррозии.
Технологические особенности сварки:
• Легко зажигаются (в том числе и повторно).
• Дают хорошее формирование шва.
• При сварке шлак самоотделяется.

ОК 61.33 NAG

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		570
	Предел текучести, МПа		410
	Относительное удлинение, %		45
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	85
		–196 °С	32
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,025
	Кремний		0,5
	Марганец		1,2
	Хром		19,5
	Никель		10,5
	Феррит		3–8

Особые свойства:
• Дают высокое качество наплавленного металла с низким содержанием углерода и кремния в шве.

• Обеспечивают стойкость против межкристаллитной коррозии.
Технологические особенности сварки:
• Хороши для сварки на вертикальной плоскости и в потолочном положении.

ОК 61.34

Характеристика электродов:
• Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		560
	Предел текучести, МПа		420
	Относительное удлинение, %		45
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,03
	Кремний		0,8
	Марганец		0,8
	Хром		19,5
	Никель		10
	Феррит		3–8

Особые свойства:
• Очень хороши для сварки корневых швов во всех пространственных положениях.
• Обеспечивает стойкость против межкристалитной коррозии.
Технологические особенности сварки:
• Шлак легко отделяется.

ОК 61.35

Характеристика электродов:
• Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		580
	Предел текучести, МПа		460
	Относительное удлинение, %		45
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	100
		–120 °С	70
		–196 °С	35
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,04
	Кремний		0,4
	Марганец		1,7
	Хром		19,5
	Никель		10,5
	Феррит		2–7

Особые свойства:
- Хороши при сварке трубопроводов.
- Обеспечивают стойкость против межкристаллитной коррозии.

Технологические особенности сварки:
- Электроды обладают высокими сварочно-технологическими свойствами при сварке на вертикальной плоскости и в потолочном положении.

ОК 61.81

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		680
	Предел текучести, МПа		520
	Относительное удлинение, %		35
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,6
	Марганец		1,5
	Хром		20,0
	Никель		10,0
	Ниобий		0,8
	Феррит		6–12

Особые свойства:
- Стабилизированные ниобием электроды.
- Обеспечивают стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии.

ОК 61.85

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		660
	Предел текучести, МПа		520
	Относительное удлинение, %		35
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,04
	Кремний		0,6
	Марганец		1,5
	Хром		20,0
	Никель		10,0
	Ниобий		0,8
	Феррит		2–10

Особые свойства:
- Обеспечивают стойкость против межкристаллитной коррозии.

ОК 63.30

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		580
	Предел текучести, МПа		435
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,03
	Кремний		0,8
	Марганец		0,8
	Хром		18,5
	Никель		12,0
	Молибден		2,8
	Феррит		3–8

Особые свойства:
- Обеспечивают стойкость металла против межкристаллитной коррозии.
- Электроды со сверхнизким содержанием углерода.
- Может применяться на вертикальной плоскости и в потолочном положении.

Технологические особенности сварки:
- Легко зажигаются.
- Дают хорошее формирование шва.
- Шлак легко отделяется.

ОК 63.34

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		600
	Предел текучести, МПа		440
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,03
	Кремний		0,7
	Марганец		0,7
	Хром		18,0
	Никель		12,0
	Молибден		2,8
	Феррит		3–8

Особые свойства:
- Обеспечивают стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии.

ОК 63.35

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		580
	Предел текучести, МПа		435
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	95
		–60 °С	75
		–120 °С	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,04
	Кремний		0,5
	Марганец		1,7
	Хром		18,5
	Никель		12,0
	Молибден		2,8
	Феррит		3–8

Особые свойства:
- Обеспечивают стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии.
- Отличаются повышенной устойчивостью против образования пор и сварочных трещин.

Технологические особенности сварки:
- Характеризуются высокими сварочно-технологическими свойствами при сварке на вертикальной плоскости и в потолочном положении.

ОК 63.80

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		620
	Предел текучести, МПа		490
	Относительное удлинение, %		35
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	65
		–70 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,03
	Кремний		0,8
	Марганец		0,8
	Хром		18,0
	Никель		12,0
	Молибден		2,8
	Ниобий		0,6
	Феррит		8–12

Особые свойства:
• Обеспечивают стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии.

ОК 64.30

Характеристика электродов:
• Покрытие — рутиловый.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		600
	Предел текучести, МПа		450
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	55
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,03
	Кремний		0,7
	Марганец		0,7
	Хром		19,0
	Никель		13,0
	Молибден		3,7
	Феррит		5–10

Особые свойства:
• Электроды с высокими сварочно-технологическими свойствами.
• Обеспечивают стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии.
Технологические особенности сварки:
• Хорошо варят во всех пространственных положениях.

ОК 64.63

Характеристика электродов:
• Покрытие — рутиловый.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		640
	Предел текучести, МПа		450
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	80
		–140 °С	45
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,04
	Кремний		0,5
	Марганец		2,7
	Хром		18,0
	Никель		17,0
	Молибден		4,7
	Азот		0,13
	Феррит		0

Особые свойства:
- Обеспечивают получение полностью аустенитного сварного шва с очень высокой коррозионной стойкостью.
- Наплавленный металл обладает высокой стойкостью против питинговой коррозии, коррозии под напряжением и межкристаллитной коррозии.

Технологические особенности сварки:
- Хорошо варят во всех пространственных положениях.

ОК 67.15

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		610
	Предел текучести, МПа		410
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,1
	Кремний		0,3
	Марганец		1,5
	Хром		26
	Никель		21
	Феррит		0

Особые свойства:
- Обеспечивают получение сварного шва с высокой прочностью при высоких температурах.
- Температура окалинооообразования наплавленного металла — 1100—1150 °С.

ОК 67.50

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		780
	Предел текучести, МПа		630
	Относительное удлинение, %		25
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,03
	Кремний		0,8
	Марганец		0,8
	Хром		22,0
	Никель		9,0
	Молибден		3,0
	Феррит		30–45

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают композицию наплавленного металла с высоким пределом текучести.
- Обеспечивают стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии.

ОК 67.60

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		590
	Предел текучести, МПа		470
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	60
		–80 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,03
	Кремний		0,8
	Марганец		0,8
	Хром		24,0
	Никель		13,0
	Феррит		12–22

Особые свойства:
- Обеспечивают стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии.

Технологические особенности сварки:
- Электроды обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами при сварке во всех пространственных положениях.

ОК 67.62

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		680
	Предел текучести, МПа		520
	Относительное удлинение, %		35
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	60
		–60 °С	45
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,07
	Кремний		0,6
	Марганец		0,8
	Хром		24,0
	Никель		12,5
	Феррит		12–22

Особые свойства:
- Электрод имеет стержень из углеродистой стали.
- Легирование осуществляется через покрытие.
- Высокая устойчивость против трещин.

Технологические особенности сварки:
- Более высокая скорость сварки в сравнении с обычными электродами на нержавеющем стержне.

ОК 67.70

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		620
	Предел текучести, МПа		500
	Относительное удлинение, %		35
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,07
	Кремний		0,8
	Марганец		0,8
	Хром		23,0
	Никель		13,0
	Молибден		2,7
	Феррит		12–22

Особые свойства:
- Металл сварного шва очень близок по составу к нержавеющему слою.

ОК 67.75

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		600
	Предел текучести, МПа		470
	Относительное удлинение, %		35
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	75
		–80 °С	55

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,04
	Кремний	0,5
	Марганец	2,0
	Хром	24,0
	Никель	13,0
	Молибден	0,3
	Феррит	12–22

Особые свойства:
- Обеспечивается стойкость сварного шва против межкристаллитной коррозии.

ОК 67.83

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, е менее	Предел прочности, МПа		610
	Предел текучести, МПа		350
	Относительное удлинение, %		45
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,04
	Кремний		0,4
	Марганец		4,2
	Хром		25,0
	Никель		21,0
	Молибден		2,3
	Азот		0,13
	Феррит		0

Особые свойства:
- Обеспечивают получение чисто аустенитного шва с очень высокими коррозийными свойствами.
- Наплавленный металл стоек в средах азотных кислот.
- Нечувствителен к горячим трещинам.
- Обеспечивают стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии.

ОК 68.15

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		520
	Предел текучести, МПа		370
	Относительное удлинение, %		25
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	75
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,5
	Марганец		0,5
	Хром		13,0

Особые свойства:
- Электроды дают ферритный металл шва.
- Обеспечивается высокая стойкость сварных соединений в сернистых газах.

ОК 68.17

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		850
	Предел текучести, МПа		710
	Относительное удлинение, %		15
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	45
		–10 °С	45
		–40 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,05
	Кремний		0,5
	Марганец		0,7
	Хром		12,0
	Никель		4,3
	Молибден		0,5

Особые свойства:
- Дают мартенситную структуру металла шва.

Технологические особенности сварки:
- При сварке толстых листов рекомендуется подогрев до 100—120 °С с последующей термообработкой для снятия остаточных напряжений примерно до 650 °С.

ОК 68.53

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		850
	Предел текучести, МПа		650
	Относительное удлинение, %		30
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	50
		–40 °С	35
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,03
	Кремний		0,5
	Марганец		0,7
	Хром		25,5
	Никель		9,5
	Молибден		4,0
	Азот		0,25
	Феррит		30–40

Особые свойства:
- Металл сварного шва отличается высокой стойкостью против питтинговой, щелевой коррозии, коррозии под напряжением и межкристаллитной коррозии.

Технологические особенности сварки:
- Электроды имеет хорошие сварочно-технологические характеристики при сварке во всех пространственных положениях.

ОК 68.60

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		680
	Предел текучести, МПа		620
	Относительное удлинение, %		6
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	30
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,01
	Кремний		0,8
	Марганец		0,8
	Хром		26,0
	Никель		5,0
	Молибден		1,5
	Феррит		60–80

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают ферритно-аустенитную структуру шва с высокой коррозионной стойкостью в серосодержащих средах.

ОК 69.21

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		550
	Предел текучести, МПа		400
	Относительное удлинение, %		37
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	40
		–160 °С	57
		–196 °С	47
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,04
	Кремний		0,5
	Марганец		6,0
	Хром		18,0
	Никель		15,0
	Молибден		2,5
	Феррит		0

Особые свойства:
- Обеспечивают получение аустенитного шва с очень высокими коррозионными свойствами в хлорных, азотных, серных кислотных средах.
- Обеспечивают стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии.

ОК 69.33

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		575
	Предел текучести, МПа		400
	Относительное удлинение, %		35
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	80
		–140 °С	45

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,03
	Кремний	0,5
	Марганец	1,0
	Хром	20,5
	Никель	25,0
	Молибден	5,0
	Медь	1,5
	Феррит	0

Особые свойства:
- Обеспечивают получение аустенитного шва с очень высокими коррозийными свойствами в серных кислотных средах.
- Обеспечивают стойкость металла шва против межкристаллитной коррозии.

ОК 69.63

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутиловое.

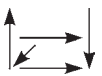
Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		680
	Предел текучести, МПа		460
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	80
		–140 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,04
	Кремний		0,4
	Марганец		2,8
	Хром		20,0
	Никель		25,0
	Молибден		6,5
	Медь		1,2
	Азот		0,15
	Феррит		0

Особые свойства:
- Обеспечивают получение аустенитного шва с очень высокими коррозионными свойствами.
- Высокая стойкость против питинговой и щелевой коррозии, а также коррозии под напряжением и межкристаллитной коррозии.

4.5. Электроды для трудносвариваемых сталей и разнородных сварных соединений

Таблица 4.13. Электроды для трудносвариваемых сталей и разнородных сварных соединений

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Свариваемые стали	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN					
ОК 67.45	Э-10Х18Н8Г6	E 307-15	E 18.8 Mn B	E 18.8 Mn B		= +	–	Нержавеющие стали, разнородные сварные соединения, марганцовистые стали типа Г13, упрочняемые (склонные к наклепу) стали, низколегированные стали с ограниченной свариваемостью, для наплавки углеродистых сталей	–
ОК 67.52	Э-10Х18Н9Г6	–	E 18.8 Mn BX	E 18.8 Mn B36 160		= +/~	70	Разнородные сварные соединения, марганцовистые стали типа Г13, упрочняемые (склонные к наклепу) стали, низколегированные стали с ограниченной свариваемостью, для наплавки углеродистых сталей	Сварка и восстановление изношенных деталей из сталей типа Г13 (деталей бульдозеров, пересечения железнодорожных путей и т. п.). Сварка марганцовистых аустенитных сталей с углеродистыми. Сварка сильно упрочняемых (наклепываемых) сталей без предварительного подогрева. Наплавка углеродистых и низколегированных сталей (рельс, контактных стыков). Приварка деталей землеройных машин (зубьев и т. п.)

Марка электрода	Тип электрода по:				Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Свариваемые стали	Основное назначение
	ГОСТ	AWS	ISO	DIN					
ОК 68.81	Э-10Х29Н10Г2	E 312-17	E 29.9 R	E 29.9 R23		= +/~	60	Рекомендуется также для сварки разнородных сталей: – нержавеющих с углеродистыми и низколегированными. – аустенитных марганцовистых с углеродистыми и низколегированными	Применяется для сварки средне- и высокоуглеродистых упрочняемых сталей (деталей, инструментов, пружин и т. п.) часто неизвестного состава
ОК 68.82	Э-10Х29Н10Г2	–	E 29.9 R	E 29.9 R23		= +/~	55	Для трудносвариваемых сталей, для наплавки штампов и инструментов, работающих при высоких температурах	Применяется для сварки средне- и высокоуглеродистых упрочняемых сталей (деталей, инструментов, пружин и т. п.) часто неизвестного состава. Рекомендуется также для сварки разнородных сталей: – нержавеющих с углеродистыми и низколегированными; – аустенитных марганцовистых с углеродистыми и низколегированными

4.5.1. Характеристики электродов для трудносвариваемых сталей и разнородных сварных соединений

ОК 67.45

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		620
	Предел текучести, МПа		430
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,1
	Кремний		0,5
	Марганец		6,0
	Хром		18,0
	Никель		8,0

Особые свойства:
- Специальный электрод, обеспечивающий высокую вязкость металла шва, что позволяет производить сварку металлов с ограниченной свариваемостью, варить жесткие конструкции.

Технологические особенности сварки:
- При сварке следует избегать большого перемешивания.
- При сварке толстых, сильно упрочняемых сталей рекомендуется предварительный подогрев до 200—300 °С. В остальных случаях подогрев не требуется.

ОК 67.52

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.
- Коэффициент перехода — 180%

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		630
	Предел текучести, МПа		420
	Относительное удлинение, %		45
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	80
		–120 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,1
	Кремний		1,0
	Марганец		6,0
	Хром		18,0
	Никель		9,0

Особые свойства:
- Специальный электрод со стержнем из углеродистой нелегированной стали и покрытием, обеспечивающим легирование и высокий коэффициент перехода.

ОК 68.81

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутилово-кислое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		790
	Предел текучести, МПа		610
	Относительное удлинение, %		25
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,1
	Кремний		0,8
	Марганец		1,5
	Хром		28,5
	Никель		10,0

Особые свойства:
- Универсальный электрод для трудносвариваемых сталей, воостановления изношенных деталей и работающих при высоких температурах инструментов.
- Высокая устойчивость против горячих трещин.
- Высокая температура окалинообразования наплавляемого металла позволяет использовать электрод для сварки и наплавки изделий, работающих при высоких температурах.

ОК 68.82

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

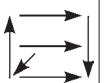
Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		770
	Предел текучести, МПа		600
	Относительное удлинение, %		25
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,1
	Кремний		0,8
	Марганец		1,2
	Хром		28,5
	Никель		10,0

Особые свойства:
- Высокая устойчивость против горячих трещин.
- Высокая температура окалинообразования позволяет использовать электрод для сварки и наплавки изделий, работающих при высоких температурах.

4.6. Электроды для сварки чугуна и сплавов на основе никеля

Таблица 4.14. Электроды для сварки чугуна и сплавов на основе никеля

Марка электрода	Тип электрода по:			Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Свариваемые материалы	Основное назначение	Твердость, НВ
	ГОСТ	AWS	DIN						
ОК 92.18	–	E Ni-Cl	E Ni-BG11		= +	50	Чугун	Предназначен для сварки чугуна с минимальным предварительным подогревом	160
ОК 92.26	Э-10Х15Н65Г6Б	E NiCrFe-3	EL-NiCr15FeMn		= +	–	Никелевые сплавы типа ХН38Т, ХН78Т; стали криогенного назначения типа ОН5, ОН9; разнородные сварные соединения ферритных или мартенситных сталей с аустенитными, низколегированных сталей с никелевыми сплавами, плакирования нелегированных сталей	–	–
ОК 92.35	Э-10Х16Н60М16 В4	E NiCrMo-5	E 23-250 CKT		= +	70	Сплавы аналогичного наплавленному металлу состава, для разнородных сварных соединений никелевых сплавов с углеродистыми сталями	Наплавки поверхностей деталей и инструментов, для наплавки повеохностей вентилей и насосов, когда к ним предъявляются требования по коррозионной стойкости	HV 240–260 – после сварки. После упрочнения – HRC 40–45

Марка электрода	Тип электрода по:			Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Свариваемые материалы	Основное назначение	Твердость, НВ
	ГОСТ	AWS	DIN						
OK 92.45	Э-10Х16Н60М16 В4	E NiCrMo-5	E 23-250 CKT		= +	65	Никель-хром-молибден-ниобиевые сплавы аналогичного наплавленному металлу состава, нержавеющих стали и стали типа ОН5, ОН9	Широко применяется при сварке конструкций в нефтеперерабатывающей промышленности и при производстве сульфата аммония. Применяется также для разнородных сварных соединений никелевых сплавов с углеродистыми сталями, нержавеющих сталей с низколегированными	–
OK 92.58	–	E NiFe-Cl	E NiFe-1 BG11		= +/~	50	Чугун	Для заполнения каверн и раковин в чугунном литье	160–200
OK 92.86	–	–	–		= +	–	Монель-металл, разнородные сварные соединения монель-металла со сталями, для коррозионностойкой наплавки	Широко применяется при сварке конструкций в нефтеперерабатывающей промышленности и при производстве сульфата аммония	–

4.6.1. Характеристики электродов для сварки чугуна и сплавов на основе никеля

ОК 92.18

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		280
	Предел текучести, МПа		270
	Относительное удлинение, %		8
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	30
Химический состав наплавленного металла, %	Никель		Основа

Особые свойства:
- Электрод на основе никелевого стержня с покрытием, дающим малое количество шлака.
- Наплавленный металл подвергается механической обработке.
- Электрод отличается более высокой устойчивостью против трещин, чем монель-металл.

Технологические особенности сварки:
- Обладает высокими сварочно-технологическими свойствами.
- Позволяет варить на токах ниже, чем при сварке электродами для нержавеющих и углеродистых сталей. Это дает возможность получить узкую зону термического влияния.
- Сварка электродами малого диаметра может производиться без предварительного подогрева или с небольшим (до 150 °С) подогревом.
- При сварке толстостенных изделий рекомендуется предварительный подогрев 150—300 °С.
- С целью снижения риска появления трещин от усадочных напряжений рекомендуется легкое проковывание.

ОК 92.26

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа при температуре	+20 °С	640
	Предел текучести, МПа при температуре	+20 °С	420
		+200 °С	380
		+400 °С	365
		+600 °С	335
		+800 °С	185
		+1000 °С	35
	Относительное удлинение, %		25
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	100

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	0,4
	Марганец	0,8
	Хром	15,0
	Ниобий	1,8
	Железо	10,0
	Никель	Основа

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают высокую устойчивость против трещин.
- Наплавленный металл отличается высокой ударной вязкостью при температурах вплоть до −196 °С, высокими прочностными свойствами при температурах до +800 °С, высокой коррозионной стойкостью.
- Наплавленный металл жаростоек в обычной атмосфере до 1150 °С, диоксидах серы до 800 °С, сероводороде — до 550 °С.

ОК 92.35

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа при температуре	+20 °С	750
		+400 °С	610
		+800 °С	515
		+850 °С	415
	Предел текучести, МПа при температуре	+20 °С	580
		+400 °С	480
		+600 °С	445
		+800 °С	360
		+850 °С	330
	Коэффициент термического расширения		20–870 °С – 0,0000148
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,1
	Кремний		0,7
	Марганец		0,7
	Хром		16,0
	Молибден		16,0
	Вольфрам		4,0
	Железо		<5
	Никель		Основа

Особые свойства:
- Электрод дает вязкий, хорошо наклепываемый металл с высокой стойкостью в большинстве кислот.
- Наплавленный металл не разупрочняется после длительного нагрева.
- Отличается высокой прочностью при температурах до 800 °С.

ОК 92.45

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		800
	Предел текучести, МПа		480
	Относительное удлинение, %		40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	70
		–196 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,03
	Кремний		0,5
	Марганец		0,5
	Хром		21,0
	Молибден		9,5
	Ниобий		3,3
	Железо		3,0
	Никель		>60

Особые свойства:
- Электрод обеспечивает вязкий наплавленный металл с высокой устойчивостью против трещин.
- Наплавленный металл обладает высокой коррозионной стойкостью в морской воде, восстановительных и окислительных средах.

ОК 92.58

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа	350
	Предел текучести, МПа	300
	Относительное удлинение, %	10
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	1,0
	Железо	43,0
	Никель	Основа

Особые свойства:
- Электрод обладает высокими технологическими свойствами, дает малое количество шлака.
- Наплавленный металл отличается высокой вязкостью и хорошей обрабатываемостью.
- Цвет близок к цвету чугуна.

Технологические особенности сварки:
- При сварке электродами малого диаметра на малых токах в предварительном подогреве нет необходимости.
- При сварке толстых сечений и ковких чугунов рекомендуется предварительный подогрев примерно до 300 °С.
- В процессе сварки рекомендуется легкое проковывание швов с последующим медленным охлаждением.

ОК 92.86

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		540
	Предел текучести, МПа		350
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	80
		–196 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,05
	Марганец		4,5
	Ниобий		2,0
	Титан		0,3
	Никель		60,0
	Медь		Основа

Особые свойства:
- Электроды обладают высокими технологическими свойствами.
- Наплавленный металл отличается высокой коррозионной стойкостью в морской воде, окислительных и восстановительных средах.

4.7. Электроды для сварки меди и ее сплавов

Табл. 4.15. Электроды для сварки меди и ее сплавов

Марка электрода	Тип электрода по:		Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение	Твердость, НВ
	AWS	DIN				
ОК 94.25	E7024	EL-NiCu30Mn		= +	Электрод оловянисто-бронзового типа для сварки оловянистых бронз, красной латуни. Используется также для сварки меди или бронзы со сталью, чугуна. Применяется также для наплавки на сталь	95
ОК 94.55	–	EL-CuSn7		= +	Кремний-медный (кремний-бронзовый) электрод для сварки обычных бронз, красных латуней, колокольного металла, фосфористых бронз, меди и разнородных соединений бронзы с чугуном и сталью. Используется для восстановления вентилей, помп, пропеллеров и различных посадочных мест, для нанесения коррозионностойких и износостойких покрытий на стали	120

4.7.1. Характеристика электродов для сварки меди и ее сплавов

ОК 94.25

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		330–390
	Предел текучести, МПа		
	Относительное удлинение, %		25–35
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		<0,03
	Олово		7,0
	Фосфор		0,15
	Медь		Основа

Особые свойства:
- Предварительный подогрев и последующая мехобработка не обязательны.

Технологические особенности сварки:
- При сварке меди и бронз предварительный подогрев до 300 °С позволяет получить лучшее сплавление.
- При сварке крупногабаритных объектов предварительный подогрев не обязателен.
- Рекомендуются кромки с широкой разделкой.
- Угол между электродом и направлением сварки должен быть 90°, дуга — короткой.
- Нужно стараться избегать температурного диапазона 400—600 °С из-за риска образования трещин.

ОК 94.55

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		400
	Предел текучести, МПа		
	Относительное удлинение, %		35–40
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Олово		3,0
	Марганец		1,5
	Медь		93,0
	Железо		2,0

Особые свойства:
- Обеспечивает более высокую коррозионную стойкость, чем медь.
- Теплопроводность и электропроводность сварного соединения ниже, чем при сварке ОК 94.25

Технологические особенности сварки:
- При сварке тонкого металла в предварительном подогреве нет необходимости, толстых сечений меди и бронз — предварительный подогрев до 300 °С.
- Рекомендуется сварка короткой дугой с расположением электрода перпендикулярно свариваемым кромкам.
- Сварные валики должны нанизываться друг на друга.
- Поверхность каждого прохода должна тщательно зачищаться от зашлаковок.

4.8. Электроды для сварки алюминия и его сплавов

Табл. 4.16. Электроды для сварки алюминия и его сплавов

Марка электрода	Тип электрода по:		Положение сварки	Род сварочного тока	Основное назначение
	AWS A5.3-80	DIN 1732			
ОК 96.10	E 1100	EL-A199.5		= +	Для сварки технически чистого алюминия
ОК 96.20	–	EL-AlMn1		= +	Для сварки проката свариваемых алюминиевых сплавов таких как алюминий-магниевые и алюминий-марганцевые, неупрочняемых прокатом алюминиевых сплавов, использующихся для изготовления емкостей в молочной и пивоваренной промышленности, различных конструкций в судостроении
ОК 96.50	–	EL-AlSi12		= +	Для сварки литейных алюминиевых сплавов (в том числе и силумина) и проката свариваемых алюминиевых сплавов. Используется при сварке силуминовых деталей в двигателях внутреннего сгорания, различных конструкций в строительстве

4.8.1. Характеристики электродов для сварки алюминия и его сплавов

ОК 96.10

Характеристика электродов:
- Покрытие — щелочно-солевое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа	60–80
	Относительное удлинение, %	25–30
Химический состав наплавленного металла, %	Кремний	0,2
	Марганец	1,0
	Железо	0,5
	Алюминий	Основа

Технологические особенности сварки:
- При выборе скорости сварки необходимо принимать во внимание, что скорость плавления алюминиевого электрода в 3 раза выше, чем стального.
- В ряде случаев необходим предварительный подогрев до 150—300 °С.

ОК 96.20

Характеристика электродов:

- Покрытие — щелочно-солевое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа		100
	Относительное удлинение, %		30
	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре	+20 °С	20
Химический состав наплавленного металла, %	Кремний		0,2
	Марганец		1,0
	Железо		0,5
	Алюминий		Основа

Особые свойства:

- Электроды имеют алюминий-марганцевый стержень и формирующее специальный кратер покрытие.
- Для обеспечения максимальной коррозионной стойкости необходимо тщательное удаление шлака.

Технологические особенности сварки:

- В ряде случаев необходим предварительный подогрев до 150—300 °С.
- Покрытие гигроскопично. Хранить электроды можно только в сухом месте или в специальной упаковке.
- Сварка влажными электродами ведет к образованию пор.
- Хранить электроды можно только в сухом месте или в специальной упаковке.

ОК 96.50

Характеристика электродов:

- Покрытие — щелочно-солевое.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел прочности, МПа	160
	Относительное удлинение, %	13
Химический состав наплавленного металла, %	Кремний	12,0
	Железо	0,5
	Алюминий	Основа

Особые свойства:

- Электроды имеют алюминий-кремниевый стержень и формирующее специальный кратер покрытие.

Технологические особенности сварки:

- Из-за высокой теплопроводности алюминиевых сплавов рекомендуется предварительный подогрев до 250—300 °С, по крайней мере вначале сварки.
- Требования по удалению шлака и условиям хранения аналогичны ОК 96.20.

4.9. Электроды для резки и строжки

Табл. 4.17. Электроды для резки и строжки

Марка электрода	Положение сварки	Род сварочного тока	Напряжение холостого хода, В	Основное назначение
OK 21.03		= –/~	70	Для строжки, разделки трещин и подготовки к сварке стыков. Применяется для всех типов сталей, чугунов и сплавов, за исключением чистой меди

4.9.1. Характеристики электродов для резки и строжки

OK 21.03

Особые свойства:

- Специально разработанное покрытие дает струю газа, выдувающую расплавленный металл.
- Качество получаемой поверхности позволяет производить сварку без предварительной мехобработки.

Технологические особенности сварки:

- При строжке электрод располагается перпендикулярно свариваемым кромкам под углом 15—20° к направлению строжки.
- Скорость строжки — 1—1,5 м/мин в зависимости от ее глубины.
- При строжке нержавеющих сталей поверхностный слой науглераживается (необходимо механически удалять этот слой).

5. Электроды производства Mailam India limited

5.1. Электроды для низколегированной высокопластичной стали

Таблица 5.1. Электроды для низколегированной высокопластичной стали

Марка электрода	Тип электрода по:		Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в		Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	AWS A5.1	AWS A5.5			упаковке, шт.	коробке, шт.		
MAILARC-16	E 7016	–	2,50	350	120	600	~, =/+/, 70	Электродами можно производить наплавку промежуточного слоя, перед наплавкой твердосплавного покрытия. Идеальные электроды для сварки низкоуглеродистых сталей и сварки чугуна, когда шов не нужно обрабатывать резанием
			3,15	450	80	400		
			4,00	450	60	300		
			5,00	450	40	200		
			6,30	450	25	125		
MAILARC-16S	E 7016	–	2,50	350	120	600	~, =/+/, 70	Применяются для сварки стального литья, сталей с очень высоким содержанием углерода, низколегированной стали и сталей неизвестного состава во всех пространственных положениях
			3,15	450	80	400		
			4,00	450	60	300		
			5,00	450	40	200		
			6,30	450	25	125		
MAILARC-18PLUS	E 7018-1	–	2,50	350	100	500	~, =/+/, 90	Применяются для сварки умеренно жестких структур, ресиверов, углеродистых сталей и т. п. при воздействии отрицательных температур
			3,15	450	75	375		
			4,00	450	50	250		
			5,00	450	30	150		
			6,30	450	20	100		
MAILARC-88G	–	E 8018G	2,50	350	100	500	~, =/+/, 90	Электроды предназначены для сварки высокопластичной мелкоструктурной стали
			3,15	450	75	375		
			4,00	450	50	250		
			5,00	450	30	150		
			6,30	450	20	100		
MAILARC-98G	–	E 9018G	2,50	350	100	500	~, =/+/, 90	Применяются для сварки конструкций работающих в тяжелом режиме, при наличии динамической нагрузки напорных трубопроводов, оборудования по перемещению земли и т. п.
			3,15	450	75	375		
			4,00	450	50	250		
			5,00	450	30	150		
			6,30	450	15	75		

Марка электрода	Тип электрода по:		Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в		Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	AWS A5.1	AWS A5.5			упаковке, шт.	коробке, шт.		
MAILARC-108M	–	E 10018M	2,50	350	100	500	~, =/+/, 90	Электроды подходят для сварки высоко пластичных сталей во всех пространственных положениях
			3,15	450	75	375		
			4,00	450	50	250		
			5,00	450	30	150		
			6,30	450	15	75		
MAILARC-118M	–	E 11018M	2,50	350	100	500	~, =/+/, 90	для сварки высоко пластичной стали, закаливающейся и умеренно закаливающейся стали во всех пространственных положениях
			3,15	450	75	375		
			4,00	450	50	250		
			5,00	450	30	150		
			6,30	450	15	75		
MAILARC-Mo	–	E 7018-A1	2,50	350	120	600	~, =/+/, 70	Применяются для сварки во всех пространственных положениях бойлеров, труб и нефтепроводов при температурах эксплуатации до 540 °C
			3,15	450	80	400		
			4,00	450	50	250		
			5,00	450	40	200		
			6,30	450	20	100		
MAILARC-1CR	–	E 8018-B2	2,50	350	120	600	~, =/+/, 70	Применяются для сварки бойлеров, труб из хромосодержащих сталей на нефтеперегонных заводах и нефтепроводов
			3,15	450	80	400		
			4,00	450	50	250		
			5,00	450	40	200		
			6,30	450	20	100		
MAILARC-2CR	–	E 9018-B3	2,50	350	120	600	~, =/+/, 70	Применяются для сварки бойлеров, труб нефтеперегонных заводов и нефтепроводов, имеющих состав стали аналогичный металлу сварного шва
			3,15	450	80	400		
			4,00	450	50	250		
			5,00	450	40	200		
			6,30	450	20	100		
MAILARC-88W	–	E 8018-W2	3,15	450	80	400	~, =/+/, 90	Применяется для сварки высокопластичных сталей и сталей, стойких к атмосферной коррозии
			4,00	450	50	250		
			5,00	450	40	200		
MAILARC-88WR	–	E 8013-W2	2,50	350	175	875	~, =/+/, 70	Применяется для сварки высокопластичных сталей и сталей, стойких к атмосферной коррозии во всех пространственных положениях
			3,15	450	120	600		
			4,00	450	80	400		
			5,00	450	50	250		
			6,30	450	35	175		

5.1.1. Характеристики электродов для низколегированной высокопластичной стали

MAILARC-16

Электроды со средней толщиной обмазки, низким уровнем водорода для сварки низкоуглеродистой, с повышенным содержанием углерода и низколегированной стали во всех пространственных положениях.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	550
	Предел текучести, Н/мм^2	490
	Относительное удлинение, %	26
	KV, Дж, при температуре –30 °С	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,45
	Марганец	1,2

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	100–140
4,00	140–190
5,00	190–240
6,30	250–340

Особые свойства:
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.
- Шлак очень легко отделим.

MAILARC-16S

Электроды со средней толщиной обмазки, низким уровнем водорода.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	520
	Предел текучести, Н/мм^2	450
	Относительное удлинение, %	28
	KV, Дж, при температуре –30 °С	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,50
	Марганец	1,0

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	100–140
4,00	140–180
5,00	180–230
6,30	240–320

Особые свойства:
- Метал сварного шва стоек к трещинообразованию.

MAILARC-18PLUS

Электроды с железным порошком в покрытии, низким уровнем водорода

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	550
	Предел текучести, Н/мм^2	500
	Относительное удлинение, %	28
	KV, Дж, при температуре –46 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,35
	Марганец	1,4

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	90–140
4,00	140–180
5,00	180–250
6,30	270–320

Особые свойства:
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

MAILARC-88G

Электроды со средней толщиной покрытия с добавлением железного порошка, низким уровнем водорода.

Металл сварного шва соответствует стали 1,5Mn 0,6Ni.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	500
	Предел текучести, Н/мм^2	600
	Относительное удлинение, %	28
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,45
	Марганец	1,5
	Никель	0,60

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	90–140
4,00	140–180
5,00	180–250
6,30	270–320

Особые свойства:
- Средняя глубина проплавления.
- Низкий уровень брызг.
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

MAILARC-98G

Электроды с железным порошком в покрытии, низким уровнем водорода.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	600
	Предел текучести, Н/мм^2	650
	Относительное удлинение, %	24
	KV, Дж, при температуре –30 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,45
	Марганец	1,45
	Никель	0,65

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	90–140
4,00	140–180
5,00	180–250
6,30	260–320

Особые свойства:
- Электроды обеспечивают спокойную дугу.
- Очень низкий уровень брызг.
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

MAILARC-108M

Электроды с низким уровнем водорода

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	630
	Предел текучести, Н/мм^2	740
	Относительное удлинение, %	20
	KV, Дж, при температуре –51 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,45
	Марганец	1,20
	Никель	1,80
	Хром	0,23
	Молибден	0,30

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	90–140
4,00	140–180
5,00	180–250
6,30	260–320

Особые свойства:
- Низкий уровень водорода обеспечивает стойкость к трещинообразованию.
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

MAILARC-118M

Электроды с толстым покрытием.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	730
	Предел текучести, Н/мм^2	810
	Относительное удлинение, %	22
	KV, Дж, при температуре –51 °C	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,40
	Марганец	1,40
	Никель	2,10
	Хром	0,30
	Молибден	0,30

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	90–140
4,00	140–180
5,00	180–250
6,30	260–320

Особые свойства:
- Сварной шов имеет высокую ударную вязкость при отрицательных температурах, вплоть до −51 °C.
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

MAILARC-Mo

Электроды с толстой обмазкой, низким уровнем водорода, с железным порошком в покрытии для сварки во всех пространственных положениях.

Электрод содержит 0,5% молибдена и идеально подходит для сварки сталей 0,5Mo 1Cr.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	460
	Предел текучести, Н/мм^2	560
	Относительное удлинение, %	26
	KV, Дж, при температуре 20 °C	140
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,30
	Марганец	0,65
	Молибден	0,50

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	100–130
4,00	140–190
5,00	190–250
6,30	250–300

Особые свойства:
- Хорошо противостоит высоким температурам.
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

MAILARC-1CR

Электроды с толстой обмазкой, низким уровнем водорода, с железным порошком в покрытии для сварки во всех пространственных положениях.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	520
	Предел текучести, Н/мм^2	600
	Относительное удлинение, %	22
	KV, Дж, при температуре 20 °С	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,35
	Марганец	0,65
	Хром	1,20
	Молибден	0,50

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	100–130
4,00	140–180
5,00	190–250
6,30	250–310

Особые свойства:
- Хорошо противостоит высоким температурам до 550 °С.
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

MAILARC-2CR

Электроды с толстой обмазкой, низким уровнем водорода, с железным порошком в покрытии для сварки во всех пространственных положениях.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	560
	Предел текучести, Н/мм^2	600
	Относительное удлинение, %	22
	KV, Дж, при температуре 20 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,35
	Марганец	0,65
	Хром	2,25
	Молибден	1,00

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	100–130
4,00	140–190
5,00	190–240
6,30	250–300

Особые свойства:
- Материал сварного шва имеет хорошую жаростойкость и коррозионнностойкость до температуры 575 °С.
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

MAILARC-88W

Электроды со средней толщиной покрытия, низким уровнем водорода.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	510
	Предел текучести, Н/мм^2	600
	Относительное удлинение, %	22
	KV, Дж, при температуре –18 °С	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,40
	Марганец	1,0
	Никель	0,60
	Хром	0,55
	Медь	0,50

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,15	90–140
4,00	140–180
5,00	180–250

Особые свойства:
- Металл сварного шва стоек к атмосферной коррозии.
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

MAILARC-88WR

Электроды с толстым рутиловым покрытием. Стержень электрода из низколегированной стали.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	510
	Предел текучести, Н/мм^2	600
	Относительное удлинение, %	22
	KV, Дж, при температуре –18 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,40
	Марганец	1,0
	Никель	0,60
	Хром	0,55
	Медь	0,50

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	40–70
3,15	60–90
4,00	100–130
5,00	140–180
6,30	190–240

Особые свойства:
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

5.2. Низкоуглеродистые электроды

Табл. 5.2. Низкоуглеродистые электроды

Марка электрода	Тип электрода по: AWS A5.1	Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в		Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
				упаковке, шт.	коробке, шт.		
MAILOFINE	–	2,5	350	175	875	~, =/–/	–
		3,15	450	105	525		
		4,00	450	65	325		
		5,00	450	40	200		
MAILARC-12	E 6012	2,5	350	200	1000	~, =/–/	Применяются для сварки в кораблестроении, емкостей, каркасов строений и т. п.
		3,15	450	125	625		
		4,00	450	80	400		
		5,00	450	55	275		
MAILARC-13PLUS	E 6013	2,50	350	200	1000	~, =/–/	Применяются для сварки емкостей, рельсов, бойлеров, в кораблестроение и других отраслях
		3,15	350	125	625		
		3,15	450	125	625		
		4,0	450	80	400		
		5,0	450	55	275		
		6,30	450	35	175		
MAILARC-13R	E 6013	2,00	300	250	1250	~, =/–/	Применяются для сварки труб, трубопроводов, бойлеров и т. п. Наилучшим образом подходят для сварки листового металла
		2,50	350	150	750		
		3,15	350	100	500		
		3,15	450	100	500		
		4,0	450	70	350		
		5,0	450	40	200		
		6,30	450	25	125		
MAILARC-13RR	E 6013	2,50	350	120	600	~, =/–/	Применяются для сварки в автомобильной промышленности, сварки емкостей, рельсов, ресиверов и т. п.
		3,15	450	80	400		
		4,0	450	50	250		
		5,0	450	35	175		
		6,30	450	20	100		
MAILARC-14	E 7014	3,15	450	105	525	~, =/–/	Низкоуглеродистые электроды для получения высокопроизводительной сварки
		4.00	450	65	325		
		5,00	450	40	200		
MAILARC-24	E 7024	3,15	450	50	250	~, =/–/	Пригодны для сварки нижнего горизонтального шва и облицовочного шва
		4,00	450	35	175		
		5,00	450	25	125		
MAILARC-18	E 7018	2,00	300	150	750	~, =/+/, 70	Подходят для сварки ударовязких и пластичных сталей. Применяются для сварки бойлеров и конструкций, подвергающихся динамической нагрузке
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	75	375		
		3,15	450	75	375		
		4,0	450	50	250		
		5,0	450	30	150		
		6,30	450	20	100		

5.2.1. Характеристики низкоуглеродистых электродов

MAILOFINE

Электроды с толстым покрытием из низкоуглеродистой стали. Сварной шов с очень низким уровнем компонентов обладает высокой стойкостью к коррозии, как оцинкованное покрытие.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	400
	Предел текучести, Н/мм^2	500
	Относительное удлинение, %	24
	KV, Дж, при температуре 20 °C	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,02
	Марганец	0,20

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	90–130
4,00	140–180
5,00	180–220

Особые свойства:
- Металл сварного шва очень пластичен. Имеет очень мало включений.
- Дуга спокойная.
- Шлак легко отделим.

MAILARC-12

Универсальные электроды с рутиловым покрытием средней толщины для сварки, во всех пространственных положениях включая, вертикальный шов сверху вниз.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	400
	Предел текучести, Н/мм^2	480
	Относительное удлинение, %	27
	KV, Дж, при температуре 20 °C	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,15
	Кремний	0,02
	Марганец	0,40

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	90–120
4,00	140–180
5,00	170–220

Особые свойства:
- Легко удаляемый шлак.

MAILARC-13PLUS

Электроды со средней толщиной покрытия для сварки, во всех пространственных положениях включая, вертикальный шов сверху вниз.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	400
	Предел текучести, Н/мм^2	490
	Относительное удлинение, %	26
	KV, Дж, при температуре 0 °С	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	0,15
	Марганец	0,40

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	90–140
3,15	90–130
4,0	140–190
5,0	180–240
6,30	230–310

Особые свойства:
- Средняя глубина проплавления.
- Низкий уровень брызгообразования.
- Легкоудаляемый шлак.

MAILARC-13R

Электроды с покрытием рутилового типа средней толщины для сварки во всех пространственных положениях.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	390
	Предел текучести, Н/мм^2	480
	Относительное удлинение, %	28
	KV, Дж, при температуре 0 °C	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,17
	Марганец	0,45

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,00	40–60
2,50	60–90
3,15	100–140
3,15	100–140
4,0	140–190
5,0	180–250
6,30	250–330

Особые свойства:
- Глубокое проплавление.
- Низкий уровень брызгообразования.
- Легкоудаляемый шлак.
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.

MAILARC-13RR

Электроды с толстым рутиловым покрытием.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	390
	Предел текучести, Н/мм^2	480
	Относительное удлинение, %	29
	KV, Дж, при температуре 0 °C	90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	
	Марганец	

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	100–140
4,0	140–190
5,0	180–250
6,30	250–330

Особые свойства:
- Сварной шов не имеет пор и внутренних дефектов.
- Низкий уровень брызгообразования.
- Очень стабильная дуга.
- Может использоваться на короткой дуге, вплоть до касания, при этом дает отличный сварной шов.
- Самоотделяющийся шлак.

MAILARC-14

Низкоуглеродистые электроды для сварки во всех пространственных положениях.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	450
	Предел текучести, Н/мм^2	540
	Относительное удлинение, %	26
	KV, Дж, при температуре 0 °C	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,18
	Марганец	0,60

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,15	100–40
4,0	150–200
5,0	200–250

Особые свойства:
- Эффективность сварки приблизительно 110%.

MAILARC-24

Электроды с очень толстой обмазкой и наличием металлического порошка в покрытии.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	470
	Предел текучести, Н/мм^2	540
	Относительное удлинение, %	26
	KV, Дж, при температуре 0 °C	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,18
	Марганец	0,80

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,15	150–170
4,0	200–250
5,0	250–290

Особые свойства:
- Эффективность сварки 140%.

MAILARC-18

Электроды с толстым покрытием с добавлением железного порошка, низким содержанием водорода.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	470
	Предел текучести, Н/мм^2	550
	Относительное удлинение, %	28
	KV, Дж, при температуре –30 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,42
	Марганец	1,25

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,00	40–70
2,50	60–100
3,15	100–140
4,0	150–200
5,0	200–240
6,30	270–360

Особые свойства:
- Эффективность сварки 115%.
- Средняя глубина проплавления.
- Стабильная дуга.
- Низкий уровень брызгообразования.

5.3. Электроды для сварки трубопроводов

Табл. 5.3. Электроды для сварки трубопроводов

Марка электрода	Тип электрода по:		Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в		Род сварочного тока	Основное назначение
	AWS A5.1	AWS A5.5			упаковке, шт.	коробке, шт.		
MAILARC-10	E 6010	–	2,50	350	200	1000	=/+/	Применяются для сварки корневого шва обычных технологических трубопроводов
			3,15	350	125	625		
			4,0	350	80	400		
			5,0	350	55	275		
MAILARC-10G	–	E 7010G	2,50	350	200	1000	=/+/	Применяются для сварки высокопрочных трубных сталей, емкостей, буровых платформ и т. п.
			3,15	350	125	625		
			4,0	350	80	400		
			5,0	350	55	275		
MAILARC-10G1	–	E 8010G	2,50	350	200	1000	=/+/	Применяются для сварки высокопрочных трубных сталей
			3,15	350	125	625		
			4,0	350	80	400		
			5,0	350	55	275		
MAILARC-10Mo	–	E 7010 - A1	2,50	350	200	1000	=/+/	Применяются для сварки нефтепроводов
			3,15	350	125	625		
			4,0	350	80	400		
			5,0	350	55	275		

5.3.1. Характеристики электродов для сварки трубопроводов

MAILARC-10

Электроды с целлюлозным типом покрытия для сварки, во всех пространственных положениях включая, вертикальный шов сверху вниз.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	400
	Предел текучести, Н/мм^2	480
	Относительное удлинение, %	25
	KV, Дж, при температуре –29 °C	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	0,22
	Марганец	0,40

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	40–70
3,15	70–120
4,0	120–160
5,0	140–210

Особые свойства:
- Глубокий провар.
- Легко удаляемый шлак.

MAILARC-10G

Электроды с целлюлозным типом покрытия для сварки, во всех пространственных положениях включая, вертикальный шов сверху вниз.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	470
	Предел текучести, Н/мм^2	530
	Относительное удлинение, %	26
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	
	Марганец	
	Никель	

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	40–70
3,15	70–130
4,0	120–180
5,0	140–220

Особые свойства:
- Глубокий провар.

MAILARC-10G1

Электроды с целлюлозным типом покрытия средней толщины для сварки во всех пространственных положениях.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	510
	Предел текучести, Н/мм^2	590
	Относительное удлинение, %	24

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,12
	Кремний	0,15
	Марганец	0,60
	Никель	0,25
	Молибден	0,40

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	40–70
3,15	70–130
4,0	120–180
5,0	140–220

Особые свойства:
- Шлак быстро застывающий и легко удаляемый.

MAILARC-10Mo

Электроды с целлюлозным типом покрытия средней толщины для сварки, во всех пространственных положениях включая, вертикальный шов сверху вниз.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2	430
	Предел текучести, Н/мм^2	510
	Относительное удлинение, %	27
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,11
	Кремний	0,36
	Марганец	0,45
	Молибден	0,48

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	75–140
4,0	120–180
5,0	140–230

Особые свойства:
- Метал сварного шва пластичный.
- Глубокое проплавление.
- Тонкий слой шлака.

5.4. Электроды для коррозионностойкой и жаростойкой стали

Табл. 5.4. Электроды для коррозионностойкой и жаростойкой стали

Марка электрода	Тип электрода по: AWS A5.4	Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в		Род сварочного тока	Основное назначение
				упаковке, шт.	коробке, шт.		
MAILEX-A	E 308-16	2,00	300	150	750	~, =/+/	Применяются для сварки нержавеющих сталей содержащих 19% хрома и 10% никеля и эксплуатирующихся при температуре до 800 °С
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-Anb	E 347-16	2,00	300	150	750	~, =/+/	Применяются для сварки жаростойких сталей эксплуатирующихся при температуре до 800 °С
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-AL	E 308L-16	2,00	300	150	750	~, =/+/	Применяются для сварки сталей AISI 304L, 308L и т. п., с низким содержанием углерода
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-Mo	E 316-16	2,00	300	150	750	~, =/+/	–
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-MoNb	E-318-16	2,00	300	150	750	~, =/+/	Применяются для сварки сталей AISI 316, 317 и 318, когда требуется максимальная коррозионностойкость
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-MoL	E 316L-16	2,00	300	150	750	~, =/+/	Применяются для сварки сталей AISI 304L, 308L и т. п., с низким содержанием углерода
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-25/12	E 309-16	2,00	300	150	750	~, =/+/	Применяются для сварки сталей AISI 309 и разнородных сталей
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		

Марка электрода	Тип электрода по: AWS A5.4	Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в		Род сварочного тока	Основное назначение
				упаковке, шт.	коробке, шт.		
MAILEX-25/12L	E 309L-16	2,00	300	150	750	~, =/+/	Применяются для сварки нержавеющих сталей с углеродистыми сталями и биметалла с нержавеющими сталями
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-25/12Mo	E 310-1	2,00	300	150	750	~, =/+/	Применяются для сварки сталей AISI 309 и как буферный слой при сварке разнородных сталей
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-25/20	E 310-16	2,00	300	150	750	~, =/+/	Применяются для сварки сталей AISI 310. Кроме этого хорошо подходят для сварки хромомолибденовых сталей, биметаллов и т. п.
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-AL-15	E 308L-15	2,00	300	150	750	=/+/	Применяются для сварки нержавеющей стали AISI типов 301, 302, 304 и 308 с низким содержанием углерода
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-ANb-15	E 347-15	2,00	300	150	750	=/+/	Применяются для сварки нержавеющих сталей AISI 304, 304L, 321, 347 и их подобным
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-25/12-15	E 309-15	2,00	300	150	750	=/+/	Применяются для сварки качественных нержавеющих сталей с низколегированными сталями
		2,50	350	100	500		
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-18/8/6SS	–	2,50	350	100	500	~, =/+/	Применяются для сварки аустенитных марганцевых сталей с низкоуглеродистыми сталями, и как промежуточный слой при наплавке твердосплавными электродами
		3,15	350	60	300		
		4,00	350	45	225		
		5,00	350	30	150		
MAILEX-13CR	E 410-15	2,50	350	85	425	=/+/	Применяются для сварки деталей турбин, посадочных мест клапанов и т. п. Наилучшим образом подходят для сварки хромовых сталей
		3,15	350	50	250		
		4,00	350	35	175		
		5,00	350	25	125		

5.4.1. Характеристики электродов для коррозионностойкой и жаростойкой стали

MAILEX-A

Электроды из нержавеющей стали с рутиловым покрытием.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	590
	Относительное удлинение, %	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,45
	Марганец	1,5
	Хром	19,0
	Никель	10,0

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Сварной шов стоек к коррозии до температуры 800 °С.

MAILEX-Anb

Электроды из нержавеющей стали с рутиловым типом покрытия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	620
	Относительное удлинение, %	36
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,60
	Марганец	1,5
	Хром	19,2
	Никель	10,0
	Ниобий	0,60

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства: добавка ниобия повышает стойкость к трещинообразованию.

MAILEX-AL

Электроды из нержавеющей стали с рутиловым покрытием и низким содержанием углерода.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	590
	Относительное удлинение, %	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,45
	Марганец	1,5
	Хром	19,5
	Никель	10,0

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Высокая стойкость к межкристаллитной коррозии.
- Стойкость к окислению и окалинообразованию при повышенных температурах.

MAILEX-Mo

Электроды из нержавеющей стали с рутиловым типом покрытия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	590
	Относительное удлинение, %	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,50
	Марганец	1,5
	Хром	19,0
	Никель	12,5
	Молибден	2,40

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Высокая стойкость к трещинообразованию.
- Стойкость к окислению и окалинообразованию при повышенных температурах и даже при высоких, вплоть до 850 °С.

MAILEX-MoNb

Электроды из нержавеющей стали с покрытием рутилового типа, с добавкой ниобия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	630
	Относительное удлинение, %	37
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,450
	Марганец	1,5
	Хром	18,80
	Никель	12,7
	Молибден	2,50
	Ниобий	0,60

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Металл сварного шва обладает хорошей коррозионностойкостью и улучшенной жаростойкостью.
- Металл сварного шва обладает высокой межкристаллитной коррозионностойкостью.

MAILEX-MoL

Низкоуглеродистые электроды с рутиловым типом покрытия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	600
	Относительное удлинение, %	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,50
	Марганец	1,5
	Хром	19,0
	Никель	13,0
	Молибден	2,50

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Высокая стойкость к межкристаллитной коррозии.
- Стойкость к трещинообразованию.
- Коррозионностойкость при повышенных температурах.

MAILEX-25/12

Электроды из нержавеющей стали с рутиловым типом покрытия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	570
	Относительное удлинение, %	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,50
	Марганец	1,6
	Хром	23,50
	Никель	13,00

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Стойкость к окислению и окалинообразованию при высоких температурах, до 1100 °С.

MAILEX-25/12L

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	590
	Относительное удлинение, %	38

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,50
	Марганец	1,6
	Хром	23,50
	Никель	13,0

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Высокая стойкость к окислению и окалинообразованию при высоких температурах.

MAILEX-25/12Mo

Электроды из нержавеющей стали с рутиловым типом покрытия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	620
	Относительное удлинение, %	35
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,50
	Марганец	2,0
	Хром	23,50
	Никель	13,00
	Молибден	2,50

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Высокая стойкость к окислению при температуре до 1100 °С.

MAILEX-25/20

Электроды из нержавеющей стали с рутиловым типом покрытия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	590
	Относительное удлинение, %	35
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,10
	Кремний	0,50
	Марганец	2,00
	Хром	25,50
	Никель	20,50

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:

- Высокая стойкость к окислению при повышенных температурах до 1200 °С.

MAILEX-AL-15

Электроды из нержавеющей стали с основным типом покрытия и низким содержанием углерода.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/ мм^2	590
	Относительное удлинение, %	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,50
	Марганец	1,60
	Хром	19,50
	Никель	10,00

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Высокая стойкость к межкристаллитной коррозии.
- Высокая стойкость к трещинообразованию.
- Высокая стойкость к окислению и окалинообразованию при повышенных температурах.

MAILEX-ANb-15

Электроды из нержавеющей стали с основным типом покрытия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	620
	Относительное удлинение, %	36
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,60
	Марганец	1,60
	Хром	19,30
	Никель	10,20
	Ниобий	0,60

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Высокая стойкость к трещинообразованию.
- Коррозионностойкость при температуре до 800 °С.
- Добавка ниобия предотвращает межкристаллитную коррозию.

MAILEX-25/12-15

Электроды с основным типом покрытия со средней толщиной обмазки.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	570
	Относительное удлинение, %	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,60
	Марганец	1,60
	Хром	23,50
	Никель	13,00

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	30–50
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

Особые свойства:
- Коррозионностойкость при высоких температурах, до 1100 °С.

MAILEX-18/8/6SS

Электроды из нержавеющей стали с толстым покрытием.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	600
	Относительное удлинение, %	38
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,60
	Марганец	6,00
	Хром	19,00
	Никель	9,00

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	50–70
3,15	80–110
4,0	110–130
5,0	150–200

Особые свойства:
- Высокая жаростойкость и коррозионностойкость.

MAILEX-13CR

- Электроды с основным типом покрытия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Предел текучести, Н/мм^2	550
	Относительное удлинение, %	20
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,55
	Марганец	0,75
	Хром	13,00
	Никель	13,00

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	50–70
3,15	70–100
4,0	100–140
5,0	140–180

5.5. Электроды для сварки чугуна

Табл. 5.5. Электроды для сварки чугуна

Марка электрода	Тип электрода по: AWS A5.15	Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в		Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
				упаковке, шт.	коробке, шт.		
MAILOCAST	E St	2,50	350	120	600	~, =/+, 90	Применяются для сварки чугуна, когда не требуется обработка резанием и для сварки чугуна с низкоуглеродистой сталью
		3,15	450	80	300		
		4,0	450	60	300		
		5,0	450	40	200		
MAILOMONEL	E NiCu-B	2,50	350	1 кг	12 кг	~, =/+/	Применяются для ремонтных работ с чугунным литьем, заварки трещин и т. п.
		3,15	350				
		4,0	450				
		5,0	450				
MAILONICKEL	E Ni-CI	2,50	350	1 кг	12 кг	~, =/+/	Применяются для ремонта чугунного литья, наплавки изношенного чугунного литья, заварки трещин и т. п.
		3,15	350				
		4,0	350				
		5,0	350				
MAILOCAST-FN	E NiFe-CI	2,50	350	1 кг	12 кг	~, =/+/	Применяются для заварки трещин возникших в месте соединения чугуна с низкоуглеродистой сталью
		3,15	350				
		4,0	350				
		5,0	350				

5.5.1. Характеристики электродов для сварки чугуна

MAILOCAST

Электроды с основным типом покрытия.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	60–90
3,15	100–130
4,0	140–180
5,0	190–240

MAILOMONEL

Электроды из монель-металла с покрытием средней толщины.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Твердость наплавленного металла HB	160–190
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,75
	Никель	63,0
	Железо	4,0
	Медь	Остальное

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	40–60
3,15	80–100
4,0	110–140
5,0	140–170

Особые свойства:

- Сварка производится без предварительного подогрева.

MAILONICKEL

Никелевые электроды с покрытием средней толщины.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Твердость наплавленного металла HB	160–190
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,75
	Железо	4,0
	Никель	Остальное

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	40–60
3,15	70–90
4,0	100–120
5,0	140–170

Особые свойства:

- Сварной шов пригоден для обработки резанием.
- Сварка производится без предварительного подогрева.

MAILOCAST-FN

Железо никелевый электрод с покрытием средней толщины.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Твердость наплавленного металла HB	170–190
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,80
	Никель	55,0
	Железо	Остальное

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,50	50–70
3,15	70–110
4,0	110–130
5,0	140–180

Особые свойства:
- Сварка производится без предварительного подогрева.

5.6. Электроды для наплавки твердых покрытий

Таблица 5.6. Электроды для наплавки твердых покрытий

Марка электрода	Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в		Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
			упаковке, шт.	коробке, шт.		
MAILHARD-RI	3,15	450	100	500	~, =/–/	Применяются для наплавки валов зубчатых передач, молотковых механизмов, осей и т. п.
	4,00	450	70	350		
	5,00	450	40	200		
MAILHARD-RII	3,15	450	100	500	~, =/–/	Применяются для наплавки звездочек цепных передач, шкивов, валов, осей, железнодорожных стрелок
	4,00	450	70	350		
	5,00	450	40	200		
MAILHARD-RIII	3,15	450	100	500	~, =/–/	Применяются для наплавки звездочек цепных передач, шкивов, валов, осей, железнодорожных стрелок
	4,00	450	70	350		
	5,00	450	40	200		
MAILHARD-BIIILH	3,15	450	75	375	~, =/+/, 70	Применяются для наплавки звездочек, ковшей роторного экскаватора, шнековых буров и т. п.
	4,00	450	50	250		
	5,00	450	30	150		
MAILHARD-BV	3,15	450	80	400	~, =/+/	Применяются для цементации поверхности штампов, буровых шнеков, лопастей бетономешалок, ковшей роторного экскаватора, и т. п.
	4,00	450	60	300		
	5,00	450	40	200		

Марка электрода	Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в		Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
			упаковке, шт.	коробке, шт.		
MAILMANGAN-12	3,15	450	75	375	~, =/+/, 70	Применяются для наплавки камнедробилок, стальных рельс, шаровых мельниц, оборудования перемещающих продукцию дробилок, зубьев ковшей роторного экскаватора, и т. п.
	4,00	450	50	250		
	5,00	450	30	150		
MAILMANGAN-14/4	3,15	450	75	375	~, =/+/, 70	Применяются для наплавки железнодорожных рельс из марганцевых сталей, поверхности камнедробилок, колесных бандажей, и т. п.
	4,00	450	50	250		
	5,00	450	30	150		
MAILHARD-35CR	2,50	350	2 кг	10 кг	~, =/+/	Применяются для наплавки оборудования по производству керамики, для наплавки сопел пескоструйных установок на трубопрокатных станах, направляющих трубопрокатных станов, выбросных лотков коксовых печей, лемехов плугов, и т. п.
	3,15	350				
	4,00	350				
	5,00	350				

5.6.1. Характеристики электродов для наплавки твердых покрытий

MAILHARD-RI

Электроды с рутиловым типом покрытия.
Механические свойства металла шва:
• Твердость наплавленного металла НВ, при наплавке трех слоев — 250.
Особые свойства:
• Наплавленный слой позволяет производить обработку резанием.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,15	100–120
4,0	140–180
5,0	180–220

MAILHARD-RII

Электроды с рутиловым типом покрытия.
Механические свойства металла шва:
• Твердость наплавленного металла НВ, при наплавке трех слоев — 350.
Особые свойства:
• Имеют высокую ударную прочность.
• Наплавленный слой обладает хорошими скользящими свойствами.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,15	100–120
4,0	140–180
5,0	180–220

MAILHARD-RIII

Электроды с рутиловым типом покрытия.
Механические свойства металла шва:
• Твердость наплавленного металла HB, при наплавке трех слоев — 600.
Особые свойства:
• Наплавленный слой не позволяет производить обработку резанием.
• Начальный промежуточный слой на аустенитно-марганцевых сталях рекомендуется выполнять электродами Mailex-18/8/6SS.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,15	100–120
4,0	140–180
5,0	180–220

MAILHARD-BIIILH

Электроды с толстым покрытием основного типа с добавлением порошкового железа.
Механические свойства металла шва:
• Твердость наплавленного металла HB, при наплавке трех слоев — 550.
Особые свойства:
• Стабильная дуга.
• Средняя глубина проплавления.
• Низкий уровень брызг.
• Наплавленный слой прочный, не позволяет производить обработку резанием.
• Хорошо противостоит абразивному износу.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,15	100–120
4,0	140–180
5,0	180–220

MAILHARD-BV

Электроды имеющие среднюю толщину покрытия основного типа.
Механические свойства металла шва:
• Твердость наплавленного металла HB, при наплавке трех слоев — 600.
Особые свойства:
• Стабильная дуга.
• Низкий уровень брызгообразования.
• Способны стабильно работать при низких уровнях тока.
• Электроды наплавляют металл из легированного чугуна высокой твердости.
• Наплавленный слой хорошо противостоит абразивному износу при умеренных ударных нагрузках.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,15	90–110
4,0	120–150
5,0	140–190

MAILMANGAN-12

Электроды из низкоуглеродистой стали с толстым покрытием основного типа.
Механические свойства металла шва:
- Твердость наплавленного металла НВ — 200, под воздействием ударных нагрузок возрастает до 500.

Особые свойства:
- Дают наплавленный металл с содержанием 12% марганца.
- Стабильная дуга.
- Низкий уровень брызгообразования.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,15	100–120
4,0	140–180
5,0	180–220

MAILMANGAN-14/4

Электроды из аустенитно-марганцевых сталей с толстым покрытием основного типа.
Механические свойства металла шва:
- Твердость наплавленного металла НВ — 200, под воздействием ударных нагрузок возрастает до 500.

Особые свойства:
- Наплавленный слой содержит 14% марганца и 4% никеля.
- Для наплавки на низкоуглеродистые и низколегированные стали рекомендуется применять промежуточный слой наплавляемый электродами Mailex 18/8/6SS.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,15	100–130
4,0	140–180
5,0	180–220

MAILHARD-35CR

Электроды с основным типом покрытия.
Механические свойства металла шва:
- Твердость наплавленного металла НВ — 600, при наплавке двух слоев.

Особые свойства:
- Наплавленный металл содержит 3,5% углерода и 35% хрома.
- Материал очень стоек к абразивному износу.
- Поверхность наплавленного металла стойка к окислению при температуре до 1000 °С и имеет твердость 600.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,00	60–90
3,15	100–130
4,0	130–170
5,0	170–210

5.7. Электроды для резки и строжки

Таблица 5.7. Электроды для резки и строжки

Марка электрода	Характеристика	Применение	Диаметр, мм	Длина, мм	Род сварочного тока	Сварочный ток, А	Количество электродов в упаковке, шт.	Количество электродов в упаковке, шт.
MAILOCUT	Электроды со средней толщиной покрытия для резки и прошивки отверстий для всех металлов во всех пространственных положениях. Покрытие электрода позволяет производить резку большими токами	Применяются для резки и прошивки отверстий в углеродистых сталях, чугуне, меди, алюминии, медных и других сплавов. Также применяется для выжигания заклепок и резки материалов, когда нежелательно применение кислороднопропановой резки	3,15	450	~, =/– /	150–230	100	500
			4,0	450		200–270	70	350
			5,0	450		250–350	40	200
MAILAM CHAMFER	Электроды с супертолстым покрытием для снятия фаски и строжки борозд. Производит гладкие борозды во всех пространственных положениях. Покрытие электрода позволяет производить резку большими токами	Применяются для снятия фасок и строжки борозд на материале из углеродистой стали, чугуна и т. п. Также применяются для удаления дефектного сварного шва без применения кислороднопропанового резака	3,15	350	~, =/+ /	150–200	50	250
			4,0	350		200–270	35	175
			5,0	350		270–359	25	125

5.8. Электроды для сварки с низкими тепловложениями

5.8.1. Электроды для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Электроды МЕ-10

Назначение:
- МЕ-10 низкоуглеродистые электроды. Применяются для сварки автомашин, прицепов, Стальных окон и дверей, оборудования, емкостей, труб и трубопроводов, листового металла и мелкого проката из конструкционной стали.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 460—520 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 20—23%.

Особые свойства:
- Хороший ровный шов с поверхностным проплавлением.
- Тонкий листовой металл, для устранения возможного прожога, сваривается в нижнем положение.
- Шлак легко отделим.
- Место сварки необходимо зачистить.
- При сварке использовать короткую или дугу средней длинны.
- Электроды диаметром до 3,15 мм можно использовать для сварки вертикального шва сверху вниз.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,00	~, =	35–60
2,50		60–90
3,15		80–130
4,0		110–160
5,0		160–200

Электроды МЕ-11

Назначение:
- Электроды для высококачественной сварки.
- Применяются для сварки низко и средне углеродистых сталей.
- Пригодны для сварки сосудов давления, углеродистых сталей, ограниченно для узлов ферм.
- Могут быть использованы в качестве промежуточного слоя при наплавке.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 500—550 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 25—30%.

Особые свойства:
- Хорошая холодостойкость и трещиностойкость.
- Прокалка перед сваркой при 300 °С в течение 1 часа.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/+/	90–140
4,0		135–180
5,0		180–240

Электроды ME-12

Назначение:
- Электроды высокой прочности для средне и низкоуглеродистой стали.
- Применяются при сварке ресиверов, напорных труб и трубопроводов. Хорошо подходят для сварки крупногабаритных частей оборудования, стальных отливок и т. п.
- Также применяются для сварки ковкого и ударновязкого чугуна с высокой стойкость при отрицательных температурах.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 500—550 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 24—30%.

Особые свойства:
- Высокая стойкость к трещинообразованию.
- Сварку производить на укороченной дуге.
- Свариваемая деталь должна быть предварительно подогрета.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =	80–130
4,0		120–180
5,0		180–240

Электроды ME-13

Назначение:
- Электроды с рутиловым покрытием для сварки во всех пространственных положениях.
- Применяются при изготовлении стальных дверей, окон, автомобильных шасси, емкостей и т. п.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 470—520 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 20—22%.

Особые свойства:
- Электроды для сварки угловых швов.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	50–90
3,15		90–130
4,0		120–160
5,0		180–220

Электроды ME-14

Назначение:
- Электроды из аустенитной нержавеющей стали для особо чистой сварки.
- Применяются для сварки разнородных сталей, AISI 304/308,En58A на химических заводах.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 550—650 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 35—40%.

Особые свойства:
- Сварной шов с очень низким содержанием углерода.
- Сварной метал пригоден к шлифовке.
- Применяется для сварки оборудования эксплуатирующегося при температуре до 300 °С.
- Метал сварного шва стоек к коррозии и накипеобразованию.
- Место сварки зачистить.
- Сварку производить на предельно короткой дуге.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	40–60
3,15		50–90
4,0		80–130

Электроды ME-15

Назначение:
- Электроды для аустенитных нержавеющих сталей.
- Применяются для сварки нержавеющих сталей (к примеру, 304L, 302, 304 или подобных) и сварки ферритных хромовых сталей (с содержанием до 18% хрома).
- Подходят для коррозионностойких и холодостойких хромоникелевых сталей.
- Применяются в ядерной и химической промышленности, при производстве удобрений, при изготовлении медицинского оборудования.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 520—640 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 35—45%.

Особые свойства:
- Метал сварного шва имеет аустенитную форму с управляемым качеством феррита.
- Обладает высокой стойкостью к межкристаллитной коррозии из-за низкого содержания углерода.
- Метал сварного шва стоек к коррозии и имеет высокие механические характеристики.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	45–70
3,15		60–100
4,0		80–135

Электроды ME-16

Назначение:
- Электроды из аустенитных высококоррозионностойких нержавеющих сталей.
- Применяются для сварки нержавеющих хромо-никеле-молибденовых сталей и сварки в процессе эксплуатации деталей оборудования на предприятиях химической промышленности, бумагоделательных заводах, предприятиях по производству удобрений с возможностью применения крепкой кислоты.
- Применяются для сварки и наплавки коррозионностойких аустенитных хромо-никеле-молибденовых сталей не стойких к атмосферной коррозии при содержание в воздухе соединений серы.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 550—650 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 30—40%.

Особые свойства:
- Метал сварного шва очень стоек к кислоте, химической коррозии.
- Отсутствует межкристаллитная коррозия.
- Электроды высокого качества (содержание углерода 0,03%).
- Применяются для сварки угловых швов.
- Низкий уровень брызгообразования.
- Шлак самоотделяющийся.
- Предназначены для сварки во всех пространственных положениях, кроме вертикального сверху вниз, включая электроды диаметром 3,15 мм.
- Место сварки зачистить.
- Сварку производить на предельно короткой дуге.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	40–60
3,15		50–90
4,0		80–130

Электроды ME-17

Назначение:
- Электроды из аустенитной нержавеющей стали со специальными свойствами.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 520—640 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 35—45%.

Особые свойства:
- Поверхность сварного шва плосковыгнутая с рябью и отсутствием пористости.
- Материал шва содержит 4—8% феррита.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	40–70
3,15		60–100
4,0		80–140

Электроды МЕ-18

Назначение:
- Электроды для сварки жаростойких аустенитных сталей.
- Для сварки жаростойких хромо никелевых сталей.
- Применяются для сварки печей и их деталей, горелок, теплообменников и т. п. Также применяются для сварки высокоуглеродистых сталей.
- Применяются для сварки оборудования работающего при высоких температурах.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 550—650 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 30—35%.

Особые свойства:
- Обеспечивают высокую стойкость к окалинообразованию при температурах до 1200 °С, сохраняя в то же время высокую прочность и пластичность.
- Место сварки зачистить.
- Сварку производить на предельно короткой дуге.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	50–70
3,15		70–100
4,0		90–120

5.8.2. Электроды для сварки высокопрочных сталей

Электроды МЕ-20

Назначение:
- Применяются для сварки и наплавки стали с содержанием 13% хрома, арматуры, турбин, трубопроводной арматуры, насосов и т. п.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 450—470 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 20—25%.

Особые свойства:
- Коррозионно- и окалиностойкость с очень низким содержанием углерода (менее 0,04%).
- Легкое зажигание дуги.
- Ровная, гладкая поверхность.
- Отсутствие межкристаллитной коррозии.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	=/+/	80110
3,15		110–140
4,0		150–190

Электроды МЕ-21

Назначение:
- Для сварки аустенитных марганцевых сталей, стальной арматуры, марганцевых сталей с низкоуглеродистыми сталями.
- Пригодны в качестве промежуточного слоя при наплавке железнодорожных рельс, заварки трещин и дефектов в литье из аустенитно-марганцевых сталей.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 580—640 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 30—40%.

Особые свойства:
- Сварной шов сохраняет пластичность до температуры 900 °С и выступает в качестве амортизирующего слоя.
- Стойкость к атмосферной коррозии, морской воде, слабым кислотам и т. п.
- Сварку сталей с большим содержанием марганца выполнять малыми токами.
- После каждого прохода очищать шлак.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	90–130
3,15		120–170
4,0		170–200

Электроды МЕ-22

Назначение:
- Электроды для сварки аустенитно-ферритных сталей высокой прочности, стойких к трещинообразованию.
- Для сварки высоколегированных хромо-никелевых сталей, трудносвариваемых и разнородных сталей, прочной броневой стали.
- Применяются для сварки сосудов давления, оборудования бульдозеров, роликов, витых пружин. Могут применяться в качестве промежуточного слоя при наплавке и сварке изношенных деталей.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 750—850 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 20—24%.

Особые свойства:
- Жаростойкость, коррозионностойкость, ударостойкость.
- Метал сварного шва позволяет управлять структурой зерна с высокой стойкостью к трещинообразованию.
- Отличная свариваемость и обрабатываемость.
- Стабильная дуга.
- Низкий уровень брызгообразования.
- Отсутствие подреза.
- Необходима прокалка электродов перед использованием.
- При сварке высокоуглеродистой стали необходим предварительный подогрев.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	35–70
3,15		70–110
4,0		90–130
5,0		130–180

Электроды МЕ-23

Назначение:
- Для сварки ферритных, аустенитных и нержавеющих сталей с углеродистыми сталями, чугуном, низколегированными сталями.
- Применяются при капитальном ремонте валов, в качестве облицовочных, лопастей турбин, колес насосов, сталепрокатных вальцов.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 550—680 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 30—35%.

Особые свойства:
- Метал сварного шва стоек к нагреву, абразивному износу и коррозии.
- Стабильная и ровная дуга.
- Шов компактный с равной поверхностью.
- Необходима прокалка электродов перед использованием.
- Сварку производить на предельно короткой дуге.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	90–100
3,15		110–130
4,0		150–180

Электроды МЕ-24

Назначение:
- Для жаростойких, коррозионностойких и всех типов низкоуглеродистых и легированных сталей.
- Идеальный для жаро- и окалиностойких сталей, нержавеющих и марганцевых сталей, высоколегированных и специальных сталей.
- Для сварки разнородных сталей, наплавки изношенных поверхностей, когда необходима износостойкость и прочность.
- Применяются при изготовлении и ремонте трубопроводной арматуры, приводов, насосов из легированной стали, жаростойких и коррозионностойких деталей.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 600 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 30—35%.

Особые свойства:
- Для сварки во всех пространственных положениях.

- Обладают высокой жаростойкостью и коррозионностойкостью, ударовязкостью, износостойкостью и стойкостью к трещинообразованию.
- Место сварки необходимо зачистить.
- Угол между кромками глубоких разделок 60—90°, в зависимости от толщины. Каждый проход сварного шва вызывает напряжения в материале.
- Электроды дают минимальное ослабление базового металла.
- Прерывистая сварка может предохранить от локального перегрева, позволит правильно заполнить разделку и избежать образования трещин по краям шва.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	40–75
3,15		70–110
4,0		100–140

5.8.3. Электроды для сварки чугуна

Электроды МЕ-31

Назначение:
- Предназначены для сварки деталей из чугуна без предварительного подогрева и для сварки чугуна с низкоуглеродистой сталью.
- Применяются при сварке и ремонте сложных деталей из чугуна, корпусов водяных насосов, уплотнений и крышек электродвигателей, корпусов механизмов, коробок передач и блоков цилиндров. Для восстановления шкивов, отливок, вальцов на сахарных заводах и т. п.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 300—330 Н/мм^2.
- Твердость по Бринеллю, 100—130.

Особые свойства:
- Электроды дают ровную стабильную дугу даже при низких значениях сварочного тока и как следствие расплавление базовых металлов минимальное.
- Сварной шов обрабатывается резанием.
- Место сварки необходимо зачищать.
- Необходима проверка поверхности на наличие трещин и дефектов.
- Сварку производить короткой дугой на минимальном токе.
- При сварке применять технологию цепочки.
- После каждого прохода удалять шлак и для снятия напряжений производить простукивание шва.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	40–70
3,15		60–110
4,0		80–120

Электроды ME-32

Назначение:
- Электроды для сварки ковкого и серого чугуна.
- Для сварки блоков двигателей (водяных рубашек), чугунных шестерен и шкивов. Для ремонта сломанных деталей на месте поломки.
- Рекомендуются для сварки, наплавки и восстановления изношенных деталей.
- Наиболее употребимы для сварки с глубокими и мелкими разделками.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 300—340 Н/мм^2.
- Твердость по Бринеллю, 110—130.

Особые свойства:
- Электроды дают минимальное ослабление базового металла.
- Сварной шов обрабатывается резанием.
- Ровная и стабильная дуга.
- Однородный и узкий сварной шов.
- Тонкий и легкоудаляемый шлак.
- Отсутствие подреза.
- В зависимости от толщины стенки применяется односторонняя разделка или двухсторонняя.
- Разделка должна быть достаточной ширины.
- Сварка производится короткой дугой.
- Сварной шов не должен быть длиннее 10 диаметров электрода, чтобы избежать перегрева.
- После каждого прохода тщательно удалять шлак.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/–/	40–70
3,15		60–110
4,0		80–120

Электроды ME-33

Назначение:
- Железо-никелевые электроды для сварки всех сортов чугуна с возможностью обработки резанием.
- Электроды, обладающие отличной свариваемостью для ковкого и серого чугуна, для деталей из серого чугуна, где требуется высокая прочность и пластичность и сварной шов должен обрабатываться резанием.
- Применяются для сварки автомобильных блоков, коробок передач, головок цилиндров и т. п.
- Электроды дают минимальное ослабление базового металла.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 330—400 Н/мм^2.
- Твердость по Бринеллю, 150—190.

Особые свойства:
- Стойкость к трещинообразованию.
- Зачистить место сварки от окалины, жира и грязи.

- При сварке применять дугу средней длины при минимальном токе.
- После каждого прохода сварной шов простукивать для снятия напряжения.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/– /	50–90
3,15		70–110
4,0		100–180

Электроды МЕ-34

Назначение:
- Трещиностойкие электроды из железо-никелевого сплава для сварки чугуна.
- Для сварки чугунных деталей с подогревом и без подогрева из серого чугуна, графитизированного чугуна, сильно изношенных из ковкого чугуна. Сварки чугуна со сталью. Электроды пригодны для наплавки вышеуказанных материалов.
- Применяются для сварки чугунных автомобильных блоков, корпусов подшипников, чугунного литья и т. п.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 350—450 Н/мм^2.
- Твердость по Бринеллю, 150—190.

Особые свойства:
- Сварной шов обрабатывается резанием.
- Трещиностойкость.
- В зависимости от толщины стенки применяется односторонняя разделка или двухсторонняя.
- Сварка производится на предельно короткой дуге.
- Ширина прохода должна быть не менее двух диаметров стержня электрода.
- Каждый участок шва очистить от шлака и простукать. Затем вновь зажечь дугу на металле сварного шва и перенести дугу на базовый метал.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/– /	40–90
3,15		60–110
4,0		80–120
5,0		100–180

Электроды МЕ-35

Назначение:
- Электроды для сварки разнородных чугунов.
- Для сварки и наплавки чугуна, сварки чугуна со сталью.
- При необходимости обработки резанием, сварку верхних слоев производить электродами МЕ-34, МЕ-33 или МЕ-31

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 600 Н/мм^2.

• Не поддаются обработке резанием.

Особые свойства:

• Чисто никелевые электроды.
• Повышенная стойкость к трещинообразованию.
• Место сварки необходимо зачистить.
• В концах трещины засверлить отверстия и разделать трещину электродами ME-99.
• При сварке применять дугу средней длины. Электрод немного наклонять в сторону сварки.
• Длина швов 2—7 см.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	40–70
3,15		60–120
4,0		90–150

5.8.4. Электроды для сварки никеля и никелевых сплавов

Электроды ME-40

Назначение:

• Электроды для разностороннего применения. Для сварки во всех пространственных положениях инконеля, никеля, монельметалла, железохромоникелевых сплавов, нержавеющих и жаростойких сталей.
• Пригодны для сварки разнородных сталей: углеродистых сталей, нержавеющих сталей, никеля и никелевых сплавов.
• Применяются для сварки оборудования и деталей сделанных из никеля, при изготовлении коррозионностойких емкостей, теплообменников, деталей печей, бойлеров, фурнитуры и т. п.

Механические свойства металла шва:

• Временное сопротивление разрыву, 550—600 Н/мм^2.
• Относительное удлинение, 30—35%.

Особые свойства:

• Спокойная устойчивая дуга.
• Металл сохраняет вязкость и при низких температурах
• Высокая стойкость к окалинообразованию при высоких температурах.
• Коррозионностойкость как при нормальных, так и при повышенных температурах.
• Свариваемые детали должны быть без пор и трещин.
• Сварку производить на короткой дуге с минимально возможным током.
• Сварку производить методом цепочки.
• Колебания электрода, по ширине шва, должны быть более 2—3 диаметров стержня электрода.
• Необходима прокалка электродов при 250—300 °С в течение 2 часов.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	~, =/+/	40–60
3,15		60–80
4,0		100–140

Электроды ME-41

Назначение:
- Для сварки никеля и сталей покрытых никелем. Для покрытия сталей никелем. Сварки медных сплавов со сталью.
- Применяются в химической промышленности.

Механические свойства металла шва;
- Временное сопротивление разрыву, 400—450 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 20—30%.

Особые свойства:
- Сварной шов не содержит пор и трещин.
- Метал стоек к окислению и коррозии.
- Зачистить место сварки.
- Сварку производить на короткой дуге.
- Сварку производить методом цепочки.
- Необходима прокалка электродов при 300 °С в течение 2 часов.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	=/+/	50–75
3,15		90–110
4,0		110–140

Электроды ME-42

Назначение:
- Для сварки сталей покрытых монель-металлом, монель-металлов со сталью, наплавки коррозионностойких монель-металлов на сталь.
- Применяются для ремонта дефектного литья из монель-металла. Используются на предприятиях химической, пищевой и фармацевтической промышленности.

Особые свойства:
- Стабильная легкоманипулируемая дуга.
- Шлак легкоотделяемый.
- Метал шва не содержит пор. Поверхность гладкая.
- Жаростоек и стоек к морской воде.
- Сварку производить на короткой дуге.
- Сварной валик делать не очень широким.
- Поверхность должна быть очищена от жира и окалины.
- Требуется предварительный нагрев до 100—150 °С в зависимости от толщины.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	=/+/	75–100
4,0		100–140

Электроды ME-43

Назначение:
- Молибденосодержащие электроды для сварки холодостойких и жаростойких сталей.

- Для сварки во всех пространственных положениях никелевых, железохромоникелевых сплавов металлов и жаростойких сплавов.
- Для сварки оборудования и деталей из никеля, при изготовлении коррозионностойких емкостей, теплообменников, компонентов печи и т. п.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 560—600 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 30—35%.

Особые свойства:
- Ровная стабильная дуга на малых токах.
- Высокая окалиностойкость при высоких температурах.
- Коррозионностойкость как при нормальных, так и при повышенных температурах.
- Необходима зачистка поверхности от ржавчины, жира, краски и т. п.
- Использовать только обратную полярность тока.
- Сварку производить на очень короткой дуге.
- Сварку производить методом цепочки.
- При сварке толстых деталей применяется разделка кромок под углом 70—80°. Корневой зазор между деталями должен быть 2 мм.
- Необходима прокалка электродов при 300 °С в течение 2 часов.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	=/+/	40–60
3,15		60–80
4,0		100–140

5.8.5. Электроды для наплавки износостойких и агрессивно стойких поверхностей

Электроды МЕ-50

Назначение:
- Электроды для износостойкой и ударновязкой легированной наплавки.
- Для наплавки изношенных деталей, ободов колес, рельсов из легированной углеродистой стали, поверхности вальцов.
- Для оборудования подверженному сильному износу: матрицы, штампы и т. п. Также дают хорошее качество при заварке трещин на зубчатых колесах, лопастей бетономешалок, валов насосов, шнековых транспортеров и т. п.
- Могут применяться для выполнения промежуточных слоев, когда ударные нагрузки сочетаются с абразивным износом.

Механические свойства металла шва:
- Твердость, 29—35 HRc.

Особые свойства:
- Наплавленный слой износостоек и выдерживает ударные нагрузки.
- Многослойная наплавка может выполняться без промежуточных слоев.
- Сварку производить на короткой дуге.
- Сварку производить методом цепочки.
- После наплавки 2—4 слоев может быть произведена обработка резанием.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/+/	80–110
4,0		100–150
5,0		140–180

Электроды ME-51

Назначение:
- Для наплавки низкоуглеродистых и низколегированных сталей подверженных высокому абразивному износу.
- Применяются для наплавки концов сопел работающих с абразивным износом, корпусов редукторов, шнековых транспортеров, шнековых буров, лопастей бетономешалок, цементации вальцов, лемехов плугов и т. п.

Механические свойства металла шва:
- Твердость, 58—62 HRc.
- Не поддается обработке резанием.

Особые свойства:
- Высокая стойкость к абразивному износу.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/+/	90–110
4,0		110–140
5,0		140–180

Электроды ME-52

Назначение:
- Электроды для наплавки прочного износостойкого покрытия.
- Для наплавки деталей подверженных усиленному абразивному износу и дробилок с небольшими нагрузками.
- Применяются для промежуточного слоя при наплавке зубьев и краев ковшей роторного экскаватора, лопастей вентиляторов, шнековых транспортеров, буровых коронок, грейдеров, ремонт режущего инструмента.

Механические свойства металла шва:
- Твердость, 57—61 HRc.
- Невозможна обработка резанием.

Особые свойства:
- Высокая абразивная износостойкость.
- Гладкая поверхность, отсутствие пор.
- Для промежуточного слоя применять ME-21.
- При наплавке применять охлаждение.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/+/	80–130
4,0		100–180
5,0		140–230

Электроды ME-53

Назначение:
- Электроды для наплавки жаростойких покрытий.
- Применяются при производстве инструментальных средств и подобных, но не инструментальных средств из углеродистых и низколегированных сталей, штампов, цветных металлов, гусениц, салазок суппорта, ножей гильотиновых ножниц режущих горячий метал, покрытия роликов и т. п.

Механические свойства металла шва:
- Твердость наплавленного металла, 56—60 HRc.
- Твердость после закалки, 49—51 HRc.
- Твердость после отжига, 21—24 HRc.

Термическая обработка:
- Прокаливание 4 часа при 750—780 °С.
- Закаливание — нагрев при 1070—1120 °С, охлаждение в масле.
- Отпуск 2 часа при 500—600 °С.

Особые свойства:
- Высокотемпературная обработка стали.
- Прочное, износостойкое покрытие.
- Отсутствие трещин и пористости.
- Сварной шов гладкий и однородный.
- Требуется предварительный нагрев до температуры 400—550 °С и поддержание данной температуры во время сварки.
- Максимально допустимая длина шва 5 мм.
- После окончания сварки требуется медленное охлаждение в печи или под асбестовым полотном.
- Сварной шов может быть обработан только шлифовкой (обработан абразивным кругом).

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/+/	90–110
4,0		140–160

Электроды ME-54

Назначение:
- Предназначены для наплавки на быстрорежущую сталь.
- Для упрочнения горячережущего инструмента.
- Применяются для составных высокоскоростных стальных роликов, упрочнения режущих краев, для упрочнения режущего инструмента, протяжек и т. п.

Механические свойства металла шва:
- Твердость наплавленного металла, 59—62 HRc.
- Твердость после отпуска, 23—30 HRc.

Термическая обработка:
- Отжиг 4 часа при 820 °С.
- Закаливание — нагрев при 1150—1200 °С, охлаждение в масле.
- Отпуск 2 часа при 530—550 °С.

Особые свойства:
- Характеристики металла сохраняются до температуры 550 °С.
- Метал сварного шва вязкий, твердый и стойкий к окислению.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/–/	90–110
4,0		110–130

Электроды ME-55

Назначение:
- Наплавка на поверхность деталей из марганцевых сталей, как на пример, дробилок, дробильных молотков, зубья ковшей экскаватора, рельсовых стрелок и пересечений и деталей, подлежащих усиленному износу и тяжелым нагрузкам.
- Применяются при наплавке на легированные стали как промежуточный слой.

Механические свойства металла шва:
- Твердость наплавленного металла, 18—24 HRc.
- Упрочнение при работе, 45—50HRc.

Особые свойства:
- Деформационное напряжение значительно увеличивает твердость и, следовательно, увеличивает продолжительность работы при абразивном износе и ударной нагрузке одновременно.
- Необходима прокалка при 200—250 °С в течение 1 часа.
- Рекомендуется наплавку вести прерывисто.
- Для уменьшения напряжения горячий шов необходимо простукать.
- Охлаждать медленно.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/+/	70–120
4,0		120–170
5,0		170–200

Электроды ME-56

Характеристика:
- Электроды для сварки и наплавки коррозионностойких и стойких к окислению сталей.
- Электроды с толстой обмазкой с отличными сварочными характеристиками.
- Производительность наплавки — 150%

Назначение:
- Изготовление и ремонт штампов для горячей штамповки и сварки и наплавки деталей, подверженных абразивному износу, окислению и коррозии.
- Применяются для кузнечных пуансонов, горячеотрезных роликов, корпусов насосов, трубопроводной арматуры.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 550—650 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 30—40%.
- Твердость наплавленного металла, 20—24 HRc.
- Твердость после закалки, 42—48 HRc.

Особые свойства:
- Метал сварного шва стоек к окислению и коррозии.
- Отсутствие трещин и пористости.
- Стойкость к статическим или циклическим нагрузкам при высокой температуре.
- Сварку производить с минимально возможным тепловложением, поддерживая температуру между проходами приблизительно 100 °С.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,00	~, =/+/	90–130
3,15		120–160
4,0		150–190
5,0		190–230

Электроды ME-57

Характеристика:
- Электроды для покрытия высокостойким к абразивному износу слоем.
- Производительность наплавки:180 %

Назначение:
- Для наплавки деталей подлежащих усиленному абразивному износу.
- Применяются для наплавки шнековых буров, конвейеров, деталей горна.

Механические свойства металла шва:
- Твердость наплавленного металла, 57—62 HRc.

Особые свойства:
- Электроды для высокостойкого абразивного износа сопровождающегося ударными нагрузками.
- Высокая прочность и производительность.
- Используются когда необходимо сочетание твердости и прочности, и вязкости с абразивной износостойкостью.
- Применять среднюю ширину поперечного перемещения электрода. Угол наклона электрода должен составлять 75° в сторону направления сварки.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/+/	120–150
4,0		140–190
5,0		150–200

Электроды ME-58

Назначение:
- Электроды для наплавки при усиленном абразивном износе при повышенных температурах.
- Применяются для каменноугольных дробилок, обработки оборудования для агломерата, башмаки коксовыбрасывателя, цементация печей, лопастей вентиляторов работающих при повышенных температурах и т. п.

Механические свойства металла шва:
- Твердость наплавленного металла, 64—68 HRc.
- Обработка резанием — малоэффективна.

Особые свойства:
- Абразивная износостойкость при повышенных температурах с очень высокой упругостью металла при 230°. Сохраняет высокую твердость до температуры 650 °С.
- Максимальная толщина наплавки не более двух слоев.
- При больших толщинах наплавки для промежуточного слоя применять электроды ME-22. Для марганцевых сталей более пригодны ME-21.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/+/	120–160
4,0		150–200
5,0		230–240

Электроды ME-59

Назначение:
- Электроды из сплава, содержащего карбиды вольфрама.
- Для наплавки деталей подлежащих тяжелому абразивному износу.
- Применяются для землеразрабатывающего оборудования, оборудования по разработке горных пород и т. п.
- Идеальные для каменного угля, кокса, и перерабатывающих установок, бурового инструмента, отвалов, грунтосмесителей, оборудования по добыче кремнезема в шахтах и т. п.

Механические свойства металла шва:
- Твердость наплавленного металла, 60—62 HRc.

Особые свойства:
- Прочный, износостойкий наплавляемый сплав, в котором жесткие зерна карбида вольфрама входят в состав базового материала. Равномерное распределение карбидов вольфрама в процессе сварки обеспечивает гладкую, с отсутствием пор, поверхность.
- Удалить поврежденный или с признаками усталости метал.
- Нагреть детали до температуры 200—300 °С, чтобы избежать трещинообразования.
- Применять дугу средней длины.
- При больших объемах наплавки необходимо избегать перегрева.
- После окончания сварки замедлить охлаждение.
- Для шлифовки рекомендуется кремниево-карбидный круг.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
5,0	~, =/+/	130–150

Электроды ME-60

Назначение:
- Электроды для абразивной и агрессивной однородной среды при повышенных температурах.
- Для наплавки конуса домны и бункера, горячих ножниц и т. п.
- Материал противостоит тяжелому абразивному износу при повышенных температурах.

Механические свойства металла шва:
- Твердость при нормальной температуре, 48—50 HRc.
- Твердость при 500 °С, 30—35 HRc.

Особые свойства:
- Стабильная дуга.
- Электроды наплавляют специальный прочный сплав, который сохраняет твердость при высоких температурах из-за вторичного отвержения.
- Отсутствие трещин.
- Требуется предварительный нагрев заготовок до температуры 250—300 °С.
- Применять средне-длинную дугу.
- Охлаждать медленно, закрыв асбестовым полотном.
- Обработка возможна только инструментом из карбидов вольфрама или шлифовкой.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/+/	90–110
4,0		110–180
5,0		160–220

5.8.8. Электроды для сварки меди и бронзы

Электроды МЕ-80

Характеристика:
- Электроды из оловянистой бронзы.

Назначение:
- Для сварки и наплавки на медные, латунные и бронзовые детали. Сварки латуни и бронзы с чугуном и сталью. Заполнение полостей в отливках из латунного литья.
- Применяются для насосов, валов и наплавки поверхности.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 240—280 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 20%.
- Твердость по Бринеллю, 70—85.

Особые свойства:
- Метал сварного шва не имеет пор и трещин.
- Шов гладкий и однородный.
- Сварной метал на бронзовых изделиях не отличим по цвету от базового материала.
- При сварке изделий большой толщины необходима V-образная разделка шва под углом 80—90°.
- При сварке изделий толщиной более 8 мм необходим предварительный подогрев до 300 °С.
- Бронзовое литье необходимо охлаждать медленно.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
4,0	~, =/+/	80–110
5,0		110–140

Электроды ME-81

Характеристика:
- Оловянно-бронзовые электроды.

Назначение:
- Для сварки и наплавки на медные, латунные и бронзовые детали. Сварки латуни и бронзы с чугуном и сталью. Заполнение полостей в отливках из латунного литья.
- Применяются для насосов, валов и наплавки поверхности.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 240—280 Н/мм^2.
- Относительное удлинение, 20%.
- Твердость по Бринеллю, 70—85.

Особые свойства:
- Метал сварного шва не имеет пор и трещин.
- Шов гладкий и однородный.
- Сварной метал на бронзовых изделиях не отличим по цвету от базового материала.
- При сварке изделий большой толщины необходима V-образная разделка шва под углом 80—90°.
- При сварке изделий толщиной более 8 мм необходим предварительный подогрев до 300 °С.
- Бронзовое литье необходимо охлаждать медленно.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	=/+/	80–110
4,00		110–140

Электроды ME-82

Назначение:
- Сварка восстановленной и плотно осажденной электролитической меди.
- Применяются при изготовлении оборудования в химической промышленности и сварки изделий с высокой удельной электропроводностью.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 180—200 Н/мм^2.
- Твердость по Бринеллю, 30—50.

Особые свойства:
- Электроды со слабоокрашенным покрытием со спокойной и стабильной легкоуправляемой дугой.
- Метал сварного шва коррозионностоек и имеет высокую удельную электропроводность.
- Тщательно зачистить зону сварки.
- Сварку производить короткой дугой.
- Легкое покачивание помогает сварке.
- Толстые и крупные детали предварительно подогреть до 400 °С.
- Сварку начинать на большом токе. После прогрева материала уменьшить ток до рекомендуемой величины.
- По возможности применять электроды большего диаметра.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	=/+/	40–60
3,15		100–120
4,00		120–140

Электроды ME-83

Характеристика:
- Алюминиево-бронзовые электроды.

Назначение:
- Для варки и наплавки алюминиевых бронз.
- Применяются в судостроении, аппаратостроении, химической и целлюлозно-бумажной промышленности, ремонтно-восстановительная сварка изделий из алюминиевых бронз (многослойная или однослойная), сварки медных сплавов со сталью и наплавки на сталь.

Механические свойства металла шва:
- Временное сопротивление разрыву, 420—480 Н/мм^2.
- Твердость по Бринеллю, 130—150.

Особые свойства:
- Электроды из алюминиевой бронзы содержащие 9—11% алюминия.
- Высокая морская коррозионностойкость.
- Стабильная дуга и хорошая сварочная характеристика.
- Сварной шов гладкий.
- Сварку производить на короткой дуге.
- Метал сварного шва имеет высокую прочность и хорошую пластичность.
- Для небольших деталей предварительный подогрев не требуется. Для больших деталей требуется предварительный подогрев до 200 °С.
- Применять большую скорость сварки, чтобы избежать перегрева.
- При сварке изделий толщиной более 8 мм применять V-образную разделку под углом 90°.
- Перед использованием электроды требуют прокалки. Влажные электроды дают пористость.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
2,50	=/+/	40–60
3,15		100–120
4,00		120–140

5.8.7. Электроды для резки и строжки

Электроды ME-95

Назначение:
- Для резки и прожигания отверстий в нержавеющей стали, чугуне, алюминии, меди, углеродистой стали, никелевых сплавах, бронзе и т. п.
- Применяются для очистки литья, удаления наплывов, литейной прибыли, выжигания заклепок и для демонтажных работ.

- Предназначены для резки во всех пространственных положениях всех типов металлов с использованием стандартного оборудования.

Особые свойства:

- Устойчивая дуга в процессе резки и прожигания отверстий с узким и чистым резом.
- Электроды не перегреваются во время работы и выдерживают большой ток.
- Метал удаляется экзотермической силой. Никакое вспомогательное оборудование или сжатый воздух не требуются.
- Зажечь дугу, перемещать дугу вперед и назад, как бы пиля, одновременно заглубляясь в метал. Для прожигания отверстий необходимо держать электрод под углом 90° к поверхности металла и проталкивать его через метал.
- Предпочтительно использовать постоянный ток.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/– /	150–300
4,0		170–350
5,0		200–400

Электроды ME-95R

Назначение:

- Резка и прожигание отверстий в стали, чугуне, медных материалах, алюминии.
- Применяются для прожигания заклепок, для демонтажных работ и удаления излишков металла в литье.

Особые свойства:

- Электроды со специальным покрытием, которое стабилизирует дугу во время резки и прошивки отверстий во всех пространственных положениях.
- Рез узкий и чистый.
- Незначительное количество шлака в процессе работы.
- Зажечь дугу, перемещать дугу вперед и назад, как бы пиля, одновременно заглубляясь в металл. Для прожигания отверстий необходимо держать электрод под углом 90° к поверхности металла и проталкивать его через метал.
- Предпочтительно использовать постоянный ток.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/– /	150–250
4,0		200–3000
5,0		250–400

Электроды ME-99

Назначение:

- Применяются для снятия фаски или строжки всех промышленных металлов подобных низкоуглеродистой стали, чугуну, броневой стали, нержавеющей стали и т. п.
- Подготовки разделок под сварку.

- Для разделки трещин автомобильных блоков без демонтажа.
- Для удаления дефектного сварного шва и заклепок.
- Для обдирки наплавленной поверхности перед повторной наплавкой.

Особые свойства:

- После строжки базовый метал приобретает очень низкий уровень углерода. Электроды создают сильное дутье с экзотермическим усилием. Метал быстро сдувается, обеспечивая хорошую видимость шва.
- Структура металла не нарушается.
- Направить электрод под углом не более чем 35° к поверхности металла в направлении строжки. Зажечь дугу, продвигать электрод вперед заглубляя и выбрасывая дугой расплавленный метал. Для получения более глубокой борозды операцию повторить.

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Род сварочного тока	Ток, А
3,15	~, =/+/	250–350
4,0		300–400
5,0		350–500

6. Электроды Anyksciu varis (Польша)

Примечание: *электроды AV-21, AV-22, AV-31 и AV-61 выпускаются также в Литве.*

6.1. Электроды для сварки низколегированных сталей

Таблица 6.1. Электроды для сварки низколегированных сталей

Марка электрода	Тип электрода по:				Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в упаковке, шт.	Вес упаковки, кг	Положение сварки	Род сварочного тока; Напряжение холостого хода трансформатора, В
	ГОСТ 9467–75	AWS A5.1	ISO 2560	LST EN 499						
AV-21	Э 50	E 6013	E 51 2 RR 22	E 42 0 RR 12	2,0	300	85	1		~, =/–/
					2,5	350	140	3		
					3,0	350	100	3		
					3,25	350	85	3		
					3,25	450	110	5		
					4,0	450	70	5		
					5,0	450	45	5		
AV-31	Э 46	E 6013	E 43 2 R 13	E 38 0 RC 11	2,0	300	95	1		~, =/+/
					2,5	350	160	3		
					3,0	350	110	3		
					3,25	350	90	3		
					3,25	450	120	5		
					4,0	450	80	5		
					5,0	450	50	5		
AV-61	Э 50 А	E 7018	E 51 5 B 110 20(H)	E 42 6 B 42 H10	2,0	300	75	1		=/+/
					2,5	350	125	3		
					3,0	350	85	3		
					3,25	350	85	3		
					3,25	450	110	5		
					4,0	450	70	5		
					5,0	450	45	5		
AV-22	Э 46	E 6013	E 43 2 RR 22	E 38 0 RR 12	2,0	300	85	1		~, =
					2,5	350	140	3		
					3,0	350	100	3		
					3,25	350	85	3		
					3,25	450	110	5		
					4,0	450	70	5		
					5,0	450	45	5		

6.1.1. Характеристики электродов для сварки низколегированных сталей

AV-21

Аналоги электродов AV-21:
- Oerlikon — Fincord (Германия, Швейцария);
- Boler — Fox ETI (Германия, Австрия);
- Elga — P 46 (Швеция);
- ESAB — OK 43.32 (Венгрия, Швеция).

Характеристика электродов:
- Покрытие — толстое рутиловое покрытие.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	526
	Предел текучести, Н/см^2	472
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	90
	Ударная вязкость при 0 °С, Дж/см^2	75
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,4
	Марганец	0,6
	Сера	0,008
	Фосфор	0,018

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	50–70
2,5	65–90
3,0	90–125
3,25	100–140
4,0	140–180
5,0	190–240

Особые свойства:
- Электроды частично пригодны для сварки листовой стали и изделий из мягкой стали.
- Легкое зажигание и повторное зажигание дуги.
- Легко удаляемый шлак.
- Отсутствует подрез.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 100 ±10 °С в течение 1,0 ч.

AV-31

Аналоги электродов AV-31:
- Oerlikon — Overcord;
- Soudometal — Primafix;
- Elga — P 44;
- ESAB — OK 46.00.

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутилово-целлюлозное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	470–600
	Предел текучести, Н/см^2	380
	Относительное удлинение, %	22
	Ударная вязкость, Дж/см^2	80
	Ударная вязкость при 0 °С, Дж/см^2	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	≤0,11
	Кремний	0,10–0,35
	Марганец	0,40–0,65
	Сера	≤0,035
	Фосфор	≤0,035

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	50–90
2,5	50–90
3,0	50–90
3,25	50–90
4,0	50–90
5,0	50–90

Особые свойства:
- Легкое зажигание и повторное зажигание дуги.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 100 ± 10 °С в течение 25—30 мин.

AV-61

Аналоги электродов AV-21:
- Oerlikon — Supercito;
- Boler — Fox EV50;
- Elga — P 48;
- ESAB — OK 48.00.

Характеристика электродов:
- Покрытие — основное с железным порошком.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	500–640
	Предел текучести, Н/см^2	<420
	Относительное удлинение, %	26
	Ударная вязкость, Дж/см^2	250
	Ударная вязкость при 60 °С, Дж/см^2	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,5
	Марганец	1,1
	Сера	0,010
	Фосфор	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	40–60
2,5	65–90
3,0	80–120
3,25	100–140
4,0	140–190
5,0	190–250

Особые свойства:
- Легкое зажигание и повторное зажигание дуги.
- Легко удаляемый шлак.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 300—350 °С в течение 2 ч.

AV-22

Характеристика электродов:
- Покрытие — толстое рутиловое покрытие.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, Н/см^2	470–600
	Предел текучести, Н/см^2	≥380
	Относительное удлинение, %	≥22
	Ударная вязкость, Дж/см^2	≥80
	Ударная вязкость при 0 °С, Дж/см^2	≥60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	(0,12
	Кремний	0,20–0,40
	Марганец	0,30–0,60
	Сера	(0,030
	Фосфор	(0,035

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,0	50–70
2,5	60–100
3,0	90–130
3,25	100–140
4,0	130–180
5,0	180–240

Особые свойства:
- Электроды частично пригодны для сварки листовой стали и изделий из мягкой стали.
- Легкое зажигание и повторное зажигание дуги.
- Отсутствует подрез.

Технологические особенности сварки:
- Прокалка перед сваркой: 100 ±10 °С в течение 1 ч.

6.2. Электроды для нержавеющих сталей

Таблица 6.2. Электроды для нержавеющих сталей

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в упаковке, шт.	Вес упаковки, кг	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	AWS A5.4	ISO 3581	LST EN 1600							
AV1 308L	E 308L-16	E 19 9 LR 26	E 19 9 L R 3 2	1,6	250	238	1,5		~, =/+/, 70	Применяется для всех типов коррозионно-стойких сталей при температуре эксплуатации от –120 °С до +350 °С. Пригодны для сварки резервуаров, теплообменников, трубопроводов
				2,0	300	336	4			
				2,5	300	215	4			
				3,2	350	143	5			
				4,0	350	94	5			
AV1 316L	E 316L-16	E 19.12.3 LR 26	E 19 12 3L R 32	1,6	250	238	1,5		~, =/+/, 70	Для сварки и наплавки аустенитных хромо-никеле-молибденовых нержавеющих сталей. Применяются при температуре эксплуатации от –120 °С до +400 °С в химической, нефтеперерабатывающей, в пищевой промышленности и в кораблестроение для сварки труб, резервуаров, теплообменников и т. п.
				2,0	300	333	4			
				2,5	300	211	4			
				3,2	350	139	5			
				4,0	350	93	5			

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в упаковке, шт.	Вес упаковки, кг	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	AWS A5.4	ISO 3581	LST EN 1600							
AV2 316L	E 316L-17	E 19.12.3 LR 26	E 19 12 3L R 32	2,5	300	197	5		~, =/+, 70	Для сварки и наплавки аустенитных хромо-никеле-молибденовых нержавеющих сталей. Применяются при температуре эксплуатации от –120 °С до +400 °С в химической, нефтеперерабатывающей, в пищевой промышленности и в кораблестроение для сварки труб, резервуаров, теплообменников и т. п.
				3,2	350	143	5			
				4,0	350	94	5			

6.2.1. Характеристики электродов для нержавеющих сталей

AV1 308L

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Материал стержня электрода — нержавеющая закаливающаяся сталь.

Марки свариваемых сталей

Марка стали по:			
UNS	Сплав	DIN	Material NR
S30400	304	X5CrNi18 10	1.4301
S30403	304L	X2CrNi18 11	1.4306
S32100	321	X10CrNiTi16 9	1.4541
S34700	347	X6CrNiNb18 10	1.4550

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, мПа	540
	Предел текучести, мПа	360
	Относительное удлинение, %	35
	KV, Дж, при температуре +20 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,03
	Кремний	0,8
	Марганец	0,70
	Хром	19
	Никель	9,5

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
1,6	30
2,0	45
2,5	70
3,2	100
4,0	135

Особые свойства:
- Покрытие электродов слабо абсорбирует влагу.
- Низкое содержание углерода в коррозионно-стойких сталях.
- Содержание ферритной фазы в наплавленном металле примерно 8%.
- Легкое повторное зажигание дуги.

Технологические особенности сварки:
- Спокойное плавление.
- Отсутствие брызг.
- Очень легкое удаление шлака.
- Исключительный внешний вид сварочного буртика
- Прокалка перед сваркой: 250 °С в течение 1 ч.

AV1 316L

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Материал стержня электрода — нержавеющая сталь общего применения.

Марки свариваемых сталей:

Марка стали по:			
UNS	Сплав	DIN	Material NR
S31600	316	X5CrNiMo17 12 2	1.4401
S31603	316L	X2CrNiMo17 12 2	1.4404
J92900	–	G-X5CrNiMo 19 11 2	1.4408
S31635	316Ti	X6CrNiMoTi17 12 2	1.4571
S31635	316Ti	X10CrNiMoTi18 11 2	1.4573
–	–	GX5CCrNiMoNb 19 11 2	1.4581
S31640	318	X10NiCrMoNb 18 12	1.4583

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, мПа	560
	Предел текучести, мПа	400
	Относительное удлинение, %	35
	KV, Дж, при температуре +20 °С	70
	KV, Дж, при температуре –120 °С	35
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,03
	Кремний	0,8
	Марганец	0,70
	Хром	18,5
	Молибден	2,7
	Никель	9,5

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
1,6	30
2,0	45
2,5	70
3,2	100
4,0	135

Особые свойства:
- Покрытие электродов слабо абсорбирует влагу.
- Низкое содержание углерода в молибдено-содержащих коррозионно-стойких сталях.
- Содержание ферритной фазы в наплавленном металле примерно 8%.
- Легкое повторное зажигание дуги.

Технологические особенности сварки:
- Спокойное плавление.
- Отсутствие брызг.
- Очень легкое удаление шлака.
- Исключительный внешний вид сварочного буртика
- Прокалка перед сваркой: 250 °С в течение 1 ч.

AV2 316L

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Материал стержня электрода — нержавеющая сталь общего применения.

Марки свариваемых сталей

Марка стали по:			
UNS	Сплав	DIN	Material NR
S31600	316	X5CrNiMo17 12 2	1.4401
S31603	316L	X2CrNiMo17 12 2	1.4404
J92900	–	G-X5CrNiMo 19 11 2	1.4408
S31635	316Ti	X6CrNiMoTi17 12 2	1.4571
S31635	316Ti	X10CrNiMoTi18 11 2	1.4573
–	–	GX5CCrNiMoNb 19 11 2	1.4581
S31640	318	X10NiCrMoNb 18 12	1.4583

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, мПа	560
	Предел текучести, мПа	400
	Относительное удлинение, %	35
	KV, Дж, при температуре +20 °С	70
	KV, Дж, при температуре –120 °С	35

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	<0,03
	Кремний	0,8
	Марганец	0,70
	Хром	18,5
	Молибден	2,7
	Никель	12

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	75
3,2	110
4,0	140

Особые свойства:
- Покрытие электродов слабо абсорбирует влагу.
- Низкое содержание углерода в молибдено-содержащих коррозионно-стойких сталях.
- Содержание ферритной фазы в наплавленном металле примерно 8%.
- Легкое повторное зажигание дуги.

Технологические особенности сварки:
- Спокойное плавление.
- Отсутствие брызг.
- Очень легкое удаление шлака.
- Исключительный внешний вид сварочного буртика.
- Прокалка перед сваркой: 250 °С в течение 1 ч.

6.3. Электроды для нержавеющих жаростойких сталей

Таблица 6.3. Электроды для нержавеющих жаростойких сталей

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в упаковке, шт.	Вес упаковки, кг	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	AWS A5.4	ISO 3581	LST EN 1600							
AV1 310	E 310-16	E 25.20 R 26	E 25 20 R 32	2,5	300	222	4		~, =/+/, 70	Основное применение для сварки: паровых бойлеров, химических установок, в газовой промышленности, в тепловом оборудовании
				3,2	350	147	5			
				4,0	350	98	5			

6.3.1. Характеристики электродов для нержавеющих жаростойких сталей

AV1 310

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.
- Материал стержня электрода — нержавеющая сталь общего применения.

Марки свариваемых сталей

Марка стали по:			
UNS	Сплав	DIN	Material NR
S31000	310	X15CrNiSi25 20	1.4841
S31008	310S	X12CrNi25 21	1.4845
S31400	314	CrNiSi25 21	1.4841
S30900	309	X15CrNiSi20 12	1.4828
–	–	G-X15CrNi25 20	1.4840
J93503	–	G-X40CrNiSi25 12	1.4837
J94204	HK40	G-X40CrNiSi25 20	1.4848

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, мПа	550
	Предел текучести, мПа	400
	Относительное удлинение, %	30
	KV, Дж, при температуре +20 °C	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	0,9
	Марганец	2,0
	Хром	25,5
	Никель	20,5

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	70
3,2	100
4,0	135

Особые свойства:
- Сварные швы стойкие к коррозии и окислению до температуры 1200 °C.
- Повышенная стойкость против образования трещин.

Технологические особенности сварки:
- Отсутствие брызг.
- Приятный внешний вид сварочного шва.
- Прокалка перед сваркой: 250 °C в течение 2 ч.
- Избегать длительного нагрева электродов до температуры 600—850 °C.

6.4. Электроды для сварки чугуна

Таблица 6.4. Электроды для сварки чугуна

Марка электрода	Тип электрода по:			Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в упаковке, шт.	Вес упаковки, кг	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
	AWS A5.15	ISO 1071	DIN 8573							
AV1 Ket Ni	E Ni-Cl	E Ni	ENiBG 11	2,5	350	50	1		~, =/+, 40	Рекомендуется для сварки серого чугуна и заварки трещин
				3,2	350	31	1			
				4,0	350	20	1			
AV1 Ket NiFe	E Ni-C1	E NiFe	ENiFe-1 BG 11	2,5	350	52	1		~, =/+, 40	Рекомендуется для сварки разнородных сталей и конструкций из чугуна. Применяются для устранения дефектов в литье, при ремонте автомобильных блоков, строительной техники, редукторов; частичного ремонта насосов
				3,2	350	31	1			
				4,0	350	20	1			
AV1 Ket NiFeCu	NiFe-Cl	E NiFe	ENiFe-1 BG 13	2,5	350	50	1		~, =/+, 40	Частично рекомендуется для сварки стали с чугуном, для приварки чугунных фланцев к стальной трубе
				3,2	350	31	1			
				4,0	350	20	1			

6.4.1. Характеристики электродов для сварки чугуна

AV1 Ket Ni

Характеристика электродов:
- Покрытие — графитово-основное.
- Материал стержня электрода — чистый никель.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление, Н/мм^2	300
	Твердость наплавленного металла HB	180
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	1,2
	Кремний	<2,0
	Марганец	<1,0
	Железо	<2,0
	Никель	>95

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	70
3,2	100
4,0	145

Особые свойства:
- Шов однородный и легко обрабатываемый.
- Хорошее сцепление и плавный переход металла сварного шва в основной металл.

Технологические особенности сварки:
- Применяется с минимально возможным подогревом и поддерживается температура (максимальная 70 °С) для того чтобы уменьшить риск образования трещин в металле (сварка на минимальном токе, небольшом поперечном смещении электрода и узком валике). Сварной шов простукивают молотком после каждого прохода.
- Сварка по очищенной от смазки поверхности (тщательно очищать место соединения).

AV1 Ket NiFe

Характеристика электродов:
- Покрытие — графитово-основное.
- Материал стержня электрода — железо-никелевый сплав (60% никеля, 40% железа).

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление, Н/мм^2	400
	Твердость наплавленного металла НВ	200
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	1,2
	Кремний	<2,0
	Марганец	<1,0
	Железо	остальное
	Никель	56

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	70
3,2	100
4,0	145

Особые свойства:
- Шов однородный и легко обрабатываемый.
- Хорошее сцепление и плавный переход металла сварного шва в основной металл.

Технологические особенности сварки:

- Применяется с минимально возможным подогревом и поддерживается температура (максимальная 70 °С) для того чтобы уменьшить риск образования трещин в металле.
- Сварку производить короткими валиками длинной примерно 3 см. Сварной шов простукивают молотком после каждого прохода.
- Сварка по очищенной от смазки поверхности (тщательно очищать место соединения).

AV1 Ket NiFeCu

Характеристика электродов:

- Покрытие — графитово-основное с добавлением медного порошка.
- Материал стержня электрода — железо-никелевый сплав (55% никеля, 45% железа).

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление, Н/мм^2	400
	Твердость наплавленного металла НВ	200
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	1,1
	Кремний	1,2
	Марганец	0,8
	Железо	Остальное
	Медь	4
	Никель	53

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	70
3,2	100
4,0	150

Особые свойства:

- Шов однородный и легко обрабатываемый.
- Хорошее сцепление и плавный переход металла сварного шва в основной металл.

Технологические особенности сварки:

- Применяется с минимально возможным подогревом и поддерживается температура (максимальная 70 °С) для того чтобы уменьшить риск образования трещин в металле.
- Сварку производить короткими валиками длинной примерно 3 см. Сварной шов простукивают молотком после каждого прохода.
- Сварка по очищенной от смазки поверхности (тщательно очищать место соединения).

6.5. Электроды для сварки алюминия

Таблица 6.5. Электроды для сварки алюминия

Марка электрода	Тип электрода по: UNS	AWS A5.13	Werkstoff Nr	DIN 1732	Диаметр, мм	Длина, мм	Количество электродов в упаковке, шт.	Вес упаковки, кг	Положение сварки	Род сварочного тока; напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
AV1 Alium 5	A94043	E 4043	3.2245	EL-AlSi 5	3,2	350	146	2		=/+/	Алюминиевый электрод с 5% кремния для сварка и ремонта изделий из алюминия или алюминиевых сплавов (Al Si, Al Cu Si Mn, Al Si Mg, Al Zn Mg и т. п.). Применяется для сварки автомобильных блоков, головок цилиндра, баков, контейнеров
					4,0	350	102	2			
AV1 Alium 12	A94047	E 4047	3.2585	EL-AlSi 12	2,5	350	228	2		=/+/	Алюминиевый электрод с 12% кремния для сварка и ремонта изделий из алюминия или алюминиевых сплавов с содержанием кремния больше 7% (Al Si, Al Cu Si Mn, Al Si Mg, Al Zn Mg и т. п.). Применяется для сварки автомобильных блоков, головок цилиндра, баков, контейнеров
					3,2	350	146	2			
					4,0	350	102	2			

6.5.1. Характеристики электродов для сварки алюминия

AV1 Alium 5

Характеристика электродов:
- Материал стержня электрода — алюминий с добавкой 5% кремния.

Марки свариваемых сплавов алюминия

Марка материала по:	
DIN	Material NR
G-AlSi6Cu4	3.2141
AlMgSi1	3.2315
G-AlSi5Mg	3.2341
G-AlSi7Mg	3.2371
AlMgSi0,5	3.2306
AlMgSi0,7	3.3210
AlMg1SiCu	3.3211

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, мПа	110–160
	Предел текучести, мПа	70–100
	Относительное удлинение, %	15
	Твердость наплавленного металла HB	50
Химический состав наплавленного металла, %	Кремний	5,0
	Марганец	<0,5
	Железо	<0,5
	Алюминий	Остальное

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,2	90
4,0	120

Особые свойства:
- Алюминиевые электрод очень гидроскопичны, банки с электродами держать закрытыми в сухом месте.

Технологические особенности сварки:
- Требуется очистка свариваемых кромок от оксидов и загрязнений до металлического блеска.
- Сварку деталей из металла толщиной до 6 мм производят без подогрева, из металла больших толщин — с предварительным местным или общим подогревом до температуры 150—250 °С.
- Для уменьшения пористости шва сварку ведут короткой дугой.
- Электрод держат под углом 90° к свариваемой поверхности.
- Прокалка перед сваркой: 100 °С в течение 3 ч.

AV1 Alium 12

Характеристика электродов:
- Материал стержня электрода — алюминий с добавкой 12% кремния.

Марки свариваемых сплавов алюминия:

Марка материала по:	
DIN	Material NR
G-AlSi9Mg	3.2373
G-AlSi10Mg	3.2381
G-AlSi10MgCu	3.2383
G-AlSi12	3.2581
G-AlSi12Cu	3.2583

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, мПа	180
	Предел текучести, мПа	80
	Относительное удлинение, %	>5
	Твердость наплавленного металла HB	50
Химический состав наплавленного металла, %	Кремний	12,0
	Марганец	<0,5
	Железо	<0,5
	Алюминий	Остальное

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	60
3,2	90
4,0	120

Особые свойства:
- Алюминиевые электроды очень гидроскопичны, банки с электродами держать закрытыми в сухом месте.

Технологические особенности сварки:
- Требуется очистка свариваемых кромок от оксидов и загрязнений до металлического блеска.
- Сварку деталей из металла толщиной до 6 мм производят без подогрева, из металла больших толщин — с предварительным местным или общим подогревом до температуры 150—250 °С.
- Для уменьшения пористости шва сварку ведут короткой дугой.
- Электрод держат под углом 90° к свариваемой поверхности.
- Прокалка перед сваркой: 100 °С в течение 3 ч.

6.6. Электроды для наплавки

Таблица 6.6. Электроды для наплавки

Марка электрода	Тип электрода по: DIN 8555	Диаметр, мм	Длинна, мм	Количество электродов в упаковке, шт.	Вес упаковки, кг	Положение сварки	Род сварочного тока; Напряжение холостого хода трансформатора, В	Основное назначение
AV1 AP 60	E2-UM-60	3,2	450	141	6,5		~, =/–/, 45	Предназначен для наплавки машины и их деталей, а также инструментальных средств сделанных из низкого-легированных сталей которые покрывает сталью, хорошо выдерживающей абразивный износ, удар и сжатие. Воздушная закалка повышает устойчивость к ударным нагрузкам. Применяются как твердосплавное покрытие пресформ, скреперов, ковшей и зубьев ковшей землеройных машин, шнековых транспортеров, траков гусениц, режущего инструмента, дробилок
		4,0	450	93	6,5			
		5,0	450	64	6,5			

6.6.1. Характеристики электродов для наплавки

AV1 AP 60

Характеристика электродов:
- Покрытие — рутилово-основное.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Твердость наплавленного металла HB, 2–3 слоя	600
	Твердость HRC, 2–3 слоя	55–60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	1,0
	Кремний	0,5
	Марганец	1,3
	Хром	4,5
	Железо	Остальное

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
3,2	115
4,0	160
5,0	230

Особые свойства:
- Спокойное плавление.
- Отсутствие брызг.
- Самоотделение шлака.
- Хороший внешний вид сварочного шва.
- Шов без дефектов, трещин,поддается машинной шлифовке.

Технологические особенности сварки:
- Для качественной наплавки большой толщины на легированные стали, подобные инструментальной стали, нижние слои наплавляют электродами других марок, в зависимости от марки основного металла.
- Наплавку производят с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры 340—250 °С с последующей, непосредственно после наплавки, термической обработкой.
- Медленно охлаждать в неподвижном воздухе после окончания наплавки.
- Прокалка перед сваркой: 150 °С в течение 1 ч.

7. Электроды производства Oerlikon (Швейцария)

7.1. Прокалка электродов перед использованием

Электроды должны храниться при минимальной температуре 18 °С и относительной влажности 60% в сухом отапливаемом помещении. Рекомендации по прокалке перед использованием приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1. Прокалка электродов производства Oerlikon

Наименование электродов	Рекомендуемые режимы прокалки
Fincord Fincord M Supercord Overcord S Ferrocord 160 Tencord Ti	При нормальных условиях хранения эти электроды не требуют прокалки, тем не менее они могут отсыреть и потребовать прокалку перед использованием при 100 °С в течение 1 часа или при 150 °С – 30 мин
Spezial	Электрод должен прокаливаться при 300–350 °С в течение 2 часов, чтобы достичь водородного показателя менее 10 мл/100 г.
Ultracito Supercito 7016S Supercito 7018S	Эти электроды должны прокаливаться перед сваркой при 300–350 °С в течение 2 часов, чтобы достичь водородного показателя менее 5 мл/100 г. Прокалка при 250 ° С в течение 1 часа достигает водородного показателя менее 10 мл/100 г. Максимальное время прокалки при температуре свыше 250 °С – 10 часов. Максимальное время прокалки при 150 °С – 1 неделя
Tencord Kb Tenacito R Tenacito 38R Tenacito 65R Tenacito 70 Tenacito 70B Tenacito 70C Tenacito 75 Tenacito 80 Tenacito 100 Tenacito 10018-D2 Molycord 05 Cromocord 1 Cromocord 2 Cromocord 2STC Cromocord 5 Cromocord 9 Cromocord 9M Cromocord 91	Эти электроды должны прокаливаться при 300–350 °С в течение 2 часов, чтобы достигнуть водородного показателя менее 5 мл/100 г. Максимальное время прокалки при 300–350 °С – 10 часов. Максимальное время прокалки при 150 °С – 1 неделя
Серии: Suprinox Silvercord	При увлажнении производится прокалка при 300 °С в течение 2 часов
Серия Silvercito	При увлажнении производится прокалка при 350 °С в течение 1 часа

Наименование электродов	Рекомендуемые режимы прокалки
Inox DW Superchrome	При увлажнении производится прокалка при 250 °С в течение 1 часа
Supercast Superfonte NiFe	При увлажнении производится прокалка при 180 °С в течение 1 часа.Не упакованные в герметичную упаковку, находящиеся на открытом воздухе, электроды сохраняют свои свойства в течение 2 часов
Bronzecord	Требуют прокалки при 120 °С в течение 1 часа
Toolcord Hardfacing 14Mn Hardfacing 350 Hardfacing 600 Hardfacing 1000	При увлажнении производится прокалка при 300–350 °С в течение 1 часа

7.2. Электроды с целлюлозным и рутиловым покрытием для низкоуглеродистых сталей

Таблица 7.2. Электроды с целлюлозным и рутиловым покрытием для низкоуглеродистых сталей

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 499	AWS A5.1				
Zelcord 60	E 35 2 C 25	E6010	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	Корневой шов, =/–/ Заполняющий и облицовочный шов, =/+/		Тип покрытия разработан для сварки кольцевых швов на трубопроводах, позволяет производить сварку вертикального шва сверху вниз, электроды пригодны для сварки корневого, заполняющего и облицовочного шва. Применимы для сварки листовой стали, труб и трубопроводов, деталей и поковок
Zelcord 70	E 38 2 C 25	E7010-A1	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	Корневой шов, =/–/ Заполняющий и облицовочный шов, =/+/		Аналогичен Zelcord 60, но с повышенной производительностью и прочностью на разрыв. Применимы для сварки листовой стали, труб и трубопроводов, деталей и поковок
Fincord	E 42 0 RR 14	E6013	1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/±/, 50		Электроды с толстым рутиловым покрытием для высокопроизводительной сварки нижнего сварного шва. Электроды удобные в обращении, позволяют производить облицовочный шов. Применимы для сварки труб и трубопроводов из низкоуглеродистой стали и листового металла

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 499	AWS A5.1				
Fincord M	E 38 0 R 12	E6013	2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/±, 50		Электрод со средней толщиной покрытия отлично работающий во всех положениях сварного шва. Популярен у сварщиков из-за универсальных характеристик. Для сварки труб и фланцев, систем трубопроводов и каркасов конструкций из низкоуглеродистой стали
Supercord	E 38 0 RC 11	E6013	2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/±, 50		Много позиционный электрод со средней толщиной покрытия идеален для корневого шва при сварке труб и стыке без зазора. Пригоден для сварки вертикального шва сверху вниз. Для сварки низкоуглеродистой конструкционной стали, особенно где требуются многопозиционные качества электродов, включая сварку вертикального шва сверху вниз
Overcord S	E 38 2 R 12	E6013	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/±, 50		Многопозиционный электрод с рутиловым покрытием для сварки углеродисто-марганцевых сталей, когда требуется сохранение ударной вязкости при –20 °С. Для сварки низкоуглеродистой листовой стали, труб и стальных ресиверов. Особенно пригодны для сварки листовой, конструкционной и судостроительной стали, где требуется высокая прочность сварного шва и хорошие механические свойства
Ferrocord 160	E 42 0 RR 73	E7024	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/±, 50		Электроды с железным порошком в покрытии с номинальной эффективностью 180% предназначены для высокопроизводительной сварки нижнего и стыкового шва. Для сварки конструкционной стали, резервуаров и сосудов. Для высокопроизводительной сварки по сравнению с рутиловым покрытием

7.2.1. Характеристики электродов с целлюлозным и рутиловым покрытием для низкоуглеродистых сталей

Zelcord 60

Электроды с целлюлозным типом покрытия, разработаны для сварки кольцевых швов трубопроводов, позволяют производить вертикальный шов сверху вниз, пригодны для корневого, заполняющего и облицовочного шва.

Электроды имеют легкое зажигание и повторное зажигание дуги. Сварной шов имеет равномерные границы и самоотделяющийся шлак. Для сварки корневого шва — постоянный ток отрицательной полярности, при сварке заполняющих и облицовочных швов — постоянный ток положительной полярности. Прокалка электродов перед использованием необязательна.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	480
	Предел текучести, МПа	410
	Относительное удлинение, %	28
	CV, Дж, при температуре +20 °C	100
	CV, Дж, при температуре –20 °C	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	0,2
	Марганец	0,6

Zelcord 70

Электроды с целлюлозным типом покрытия, разработаны для сварки кольцевых швов трубопроводов, позволяют производить вертикальный шов сверху вниз, пригодны для корневого, заполняющего и облицовочного шва.

Электроды имеют легкое зажигание и повторное зажигание дуги. Сварной шов имеет равномерные границы и самоотделяющийся шлак. Для сварки корневого шва — постоянный ток отрицательной полярности, при сварке заполняющих и облицовочных швов — постоянный ток положительной полярности. Прокалка электродов перед использованием необязательна.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	550
	Предел текучести, МПа	460
	Относительное удлинение, %	24
	CV, Дж, при температуре +20 °C	900
	CV, Дж, при температуре –20 °C	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	0,2
	Марганец	0,4
	Молибден	0,4

Fincord

Электроды с толстым рутиловым покрытием для сварки низкоуглеродистой стали. Электроды эффективны для быстрой сварки нижнего шва, как стыковых, так и угловых швов. Исключительно легки в использовании, дают аккуратный ровный сварной и облицовочный шов.

Электроды имеют легкое зажигание и повторное зажигание дуги. Пригодны для сварки прихватками. Угловой сварной шов имеет слегка вогнутую поверхность. Дают малое количество брызг. Шлак самоотделяющийся.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Предел текучести, МПа	470
	Относительное удлинение, %	25
	CV, Дж, при температуре 0 °C	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,48
	Марганец	0,45
	Сера	0,015
	Фосфор	0,02

Fincord M

Многофункциональный электрод с рутиловым покрытием для широкого круга сварочных работ низкоуглеродистых сталей. Популярен у сварщиков из-за универсальных характеристик. Идеален для угловых и стыковых швов во всех позициях даже при сварке в условиях ограниченного доступа.

Электроды Fincord M со средней толщиной покрытия зажигаются от легкого прикосновения к поверхности металла. Электроды выгодны при сварке потолочного и горизонтального шва на вертикальной поверхности. Горение электрода происходит с равномерной передачей металла и низким уровнем брызг. Шлак самоотделяется. Сварной шов гладкий с мелковолнистым образованием, обычно не требующим шлифовки.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Предел текучести, МПа	480
	Относительное удлинение, %	24
	CV, Дж, при температуре 0 °C	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,46
	Марганец	0,45
	Сера	0,015
	Фосфор	0,018

Supercord

Много позиционный электрод со средней толщиной рутилового покрытия для сварки целого ряда изделий из низкоуглеродистой стали. Идеален для корневого шва при сварке труб и стыке без зазора. Многопозиционный электрод с отличной характеристикой сварки, как вертикально снизу вверх, так и вертикально сверху вниз.

Электроды Supercord имеют отличные рабочие характеристики для общего применения в условиях мастерской и строительных площадок. Дают малое количество брызг. Шлак самоотделяющийся. Сварной шов гладкий с мелковолнистым образованием, обычно не требующим шлифовки.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	540
	Предел текучести, МПа	460
	Относительное удлинение, %	26
	CV, Дж, при температуре 0 °C	90
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,09
	Кремний	0,3
	Марганец	0,56
	Сера	0,011
	Фосфор	0,017

Overcord S

Многопозиционный электрод с рутиловым покрытием для сварки низкоуглеродистых и углеродисто-марганцевых сталей. Это используется для сварки больших конструкций и технологических трубопроводов в судостроение и промышленных конструкциях где точная сборка под сварку достигается с трудом.

Электроды Overcord S с высококачественным рутиловым покрытием применяются, где высоки значения ударной вязкости при −20 °C. Электроды обеспечивают провар во всех позициях и допускают отклонения сварочного тока, что часто имеет большое значение при сварке в условиях строительных площадок.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	520
	Предел текучести, МПа	460
	Относительное удлинение, %	24
	CV, Дж, при температуре –20 °C	67
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,18
	Марганец	0,45
	Сера	0,015
	Фосфор	0,016

Ferrocord 160

Электроды с рутиловым покрытием с добавлением металлического порошка для высокопроизводительной сварки низкоуглеродистых и пластичных сталей. Электроды имеют толстое покрытие содержащее большое количество железного порошка. Номинальная эффективность 160%. Электрод имеет большой коэффициент плавки и соответственно высокую производительность.

Электроды Ferrocord 160 показывают отличную производительную сварку с небольшим количеством брызг и безотказное зажигание и повторное зажигание дуги. Электрод пригодный для использования в плоской позиции для стыкового шва и гравитационной сварки на горизонтально-вертикальной позиции для углового шва. Электроды диаметром 3,2 мм можно использовать для сварки стыкового шва в горизонтальной позиции. Ferrocord 160 может применяться в контакте с заготовкой (касаясь поверхностей) при узкой разделке кромок, получая стыковой шов с отличным проваром. Электроды имеют нетокопроводящую поверхность покрытия позволяя производить сварку, которая должна выполняться в ограниченных областях без риска возникновения дуги на боковой поверхности электрода.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	580
	Предел текучести, МПа	485
	Относительное удлинение, %	24
	CV, Дж, при температуре 0 °C	55
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,56
	Марганец	0,82
	Сера	0,009
	Фосфор	0,016

7.3. Никелевые электроды для нержавеющей стали

Silvercord — электроды для нержавеющей стали с рутиловым покрытием, удобны и просты в использовании, создают малое количество брызг, сварной шов покрыт самоотделяющимся шлаком. Отличное качество сварки достигается и на простом сварочном оборудовании.

Suprinox — электроды для нержавеющей стали с улучшенным рутиловым покрытием и соответственно с улучшенной стабильностью дуги. Текучесть сварочной ванны обеспечивает ровный и гладкий сварочный шов со слегка вогнутым профилем с небольшим скруглением и без подреза. Шлак самоотделяется.

Silvercord и Suprinox применяются для сварки нержавеющих сталей, в том числе листовой, труб, баков в химической, нефтехимической, фармацевтической и пищевой промышленности, на целлюлозно-бумажных предприятиях.

Supranel — электроды с основным покрытием. Применяются для сварки никелевых однородных и разнородных сплавов.

Таблица 7.3. Электроды серии Silvercord

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 1600	AWS A5.4				
Silvercord 308L	E 19 9 LR 12	E308L-16	1,6; 2,0; 2,5; 3,2	~, =/+/, 70		Предназначены для сварки нержавеющих сталей (сплав 304 и 304L) коррозионно-стойких в агрессивной среде
			4,0; 5,0	~, =/+/, 70		
Silvercord 309L	E 23 12 LR 12	E309L-16	2,0; 2,5; 3,2	~, =/+/, 70		Применяются для сварки разнородных сталей. Рекомендуются для сварки нержавеющих сталей с мягкими и не очень пластичными сталями. Также рекомендуются для сварки качественных нержавеющих сталей (сплав 308L) в качестве промежуточного слоя. Сварной шов содержит 12% феррита и устойчив от растрескивания
			4,0; 5,0	~, =/+/, 70		
Silvercord 309LMo	E 23 12 2 LR 12	E309LMo-16	2,5; 3,2	~, =/+/, 70		Применяются для сварки разнородных сталей. Также рекомендуются для сварки качественных нержавеющих сталей (сплав 316L) в качестве промежуточного слоя. Сварной шов содержит 15% феррита и устойчив от растрескивания
			4,0; 5,0	~, =/+/, 70		
Silvercord 310	E 25 20 R 12	E310-16	2,0; 2,5; 3,2	~, =/+/, 70		Применяются для сварки качественных нержавеющих сталей (сплав 310) с повышенной жаростойкостью
			4,0; 5,0	~, =/+/, 70		
Silvercord 316L	E 19 12 3 LR 12	E316L-16	1,6; 2,0; 2,5; 3,2	~, =/+/, 70		Применяются для сварки нержавеющих сталей (сплав 316 и 316L). Устойчивы против межкристаллитной коррозии
			4,0; 5,0	~, =/+/, 70		
Silvercord 347	E 19 9 Nb R 12	E347-16	1,6; 2,0; 2,5; 3,2	~, =/+/, 70		Применяются для сварки нержавеющих сталей (сплав 321 и 347). Присутствие ниобий в сварном металле обеспечивает устойчивость против межкристаллитной коррозии
			4,0; 5,0	~, =/+/, 70		

Таблица 7.4. Электроды серии Suprinox

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 1600	AWS A5.4				
Suprinox 308L	E 19 9 LR 12	E308-17	2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 50		Применяются для сварки нержавеющих сталей (сплав 304 и 304L) стойких против коррозии в агрессивной среде
Suprinox 309L	E 23 12 LR 12	E309L-17	2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 50		Применяются для сварки разнородных сталей. Также рекомендуются для сварки качественных нержавеющих сталей (сплав 308L) в качестве промежуточного слоя. Сварной шов содержит 12% феррита и устойчив от растрескивания
Suprinox 316L	E 19 12 3 LR 12	E316L-17	2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 50		Применяются для сварки разнородных сталей. Также рекомендуются для сварки качественных нержавеющих сталей (сплав 316L) в качестве промежуточного слоя. Сварной шов содержит 15% феррита и устойчив от растрескивания
Suprinox 347	E 19 9 NB R 12	E347-17	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 50		Применяются для сварки нержавеющих сталей (сплав 321 и 347). Присутствие ниобий в сварном металле обеспечивает устойчивость против межкристаллитной коррозии

Таблица 7.5. Электроды серии Supranel

Наименование	Классификация по: AWS A5.11	Диаметр, мм	Род сварочного тока	Положение сварки	Применение
Supranel 82	E NiCrFe-3	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	=/+/		Применяется для сварки Ni-CrFeNb сплавов в теплообменных и криогенных установках
Supranel 625	E NiCrMo-3	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	=/+/		Электрод из Ni-CrMoNb сплава для сварки коррозионно-стойких никелевых сплавов, жаростойких нержавеющих сталей и углеродисто-марганцевых сталей

7.3.1. Характеристики никелевых электродов для нержавеющей стали

Silvercord 308L

Электроды с рутиловым покрытием для сварки аустенитных нержавеющих сталей. Электроды Silvercord 308L предназначены для сварки низкоуглеродистых 18Cr 8Ni коррозионно-стойких нержавеющих сталей эксплуатирующихся в химически активной среде при температурах до 300 °С.

Электроды создают ровный гладкий шов. Имеют низкий уровень брызг и самоотделяющийся шлак. Сварочный шов имеет немного вогнутую форму с хорошим внешним видом, которое требует минимальной шлифовки. Электрод идеальный для как углового, так и для стыкового сварного шва. Электроды меньших диаметров могут использоваться для вертикального шва, сварка снизу вверх, и потолочного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	560
	Предел текучести, МПа	390
	Относительное удлинение, %	46
	CV, Дж, при температуре +20 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,7
	Марганец	0,9
	Сера	0,010
	Фосфор	0,012
	Хром	19,7
	Никель	9,8

Silvercord 309L

Электроды с рутиловым покрытием из нержавеющей стали (сплав 309). Предназначены для сварки низкоуглеродистой 23Cr 12Ni нержавеющей стали. Широко применяется для наложения промежуточных слоев при сварке стальных изделий когда конечные слои должны быть наложены электродами 308L или другими электродами из нержавеющей стали. Металл сварного шва содержит приблизительно 12% феррита и устойчив против горячих трещин.

Электроды Silvercord 309L создают ровный гладкий шов. Имеют низкий уровнем брызг и самоотделяющийся шлак. Сварочный шов имеет немного вогнутую форму с хорошим внешним видом, требующим минимальной шлифовки. Электрод идеальный для как углового так и для стыкового сварного шва. Электроды меньшего диаметра могут использоваться для вертикального шва, сварка снизу вверх, и потолочного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	600
	Предел текучести, МПа	5300
	Относительное удлинение, %	33
	CV, Дж, при температуре +20 °С	50

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,65
	Марганец	1,1
	Сера	0,007
	Фосфор	0,012
	Хром	24,2
	Никель	13,3

Silvercord 309L Mo

Электрод с рутиловым покрытием. Материал электрода из низкоуглеродистой 23Cr 12Ni 2,5MO стали. Предназначены для сварки мягких и умеренно пластичных нержавеющих сталей. Широко применяется для наложения промежуточных слоев при сварке стальных изделий когда конечные слои должны быть наложены электродами 316L или другими электродами из нержавеющей стали. Металл сварного шва содержит приблизительно 20% феррита и имеет повышенную устойчивость против горячих трещин.

Электроды Silvercord 309L создают ровный гладкий шов. Имеют низкий уровень брызг и самоотделяющийся шлак. Сварочный шов имеет немного вогнутую форму с хорошим внешним видом, требующим минимальной шлифовки. Электрод идеален для углового и стыкового сварного шва. Электроды меньшего диаметра могут использоваться для вертикального шва, сварка снизу вверх, и потолочного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	660
	Предел текучести, МПа	550
	Относительное удлинение, %	32
	CV, Дж, при температуре +20 °C	45
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,12
	Кремний	0,51
	Марганец	1,72
	Сера	0,006
	Фосфор	0,021
	Хром	26,2
	Никель	20,7

Silvercord 310

Электроды с рутиловым покрытием из нержавеющей стали (сплав 310). Предназначен для сварки сталей 25Ni 20Cr, сварной шов стоек к высокотемпературному окислению при рабочих температурах до 1200 °C.

Электроды Silvercord 310 создают ровный гладкий шов. Имеют низкий уровень брызг и самоотделяющийся шлак. Сварочный шов имеет немного вогнутую форму с хорошим внешним видом, требующим минимальной шлифовки. Электрод идеален для углового и для стыкового сварного шва. Электроды меньшего

диаметра могут использоваться для вертикального шва, сварка снизу вверх, и потолочного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	600
	Предел текучести, МПа	490
	Относительное удлинение, %	32
	CV, Дж, при температуре +20 °C	84
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,7
	Марганец	0,9
	Сера	0,010
	Фосфор	0,012
	Хром	19,7
	Никель	9,8

Silvercord 316L

Электрод с рутиловым покрытием из аустенитной нержавеющей стали (сплав 316L). Предназначены для сварки низкоуглеродной 19Cr 12Ni 2,8Mo нержавеющей стали. Металл сварного шва, стоек к межкристаллитной коррозии не окисляется сульфонатами. Пригодны для применения с температурой окружающей среды не выше 400 °C.

Электроды Silvercord 316L создают ровный гладкий шов. Имеют низкий уровень брызг и самоотделяющийся шлак. Сварной шов имеет немного вогнутую форму с хорошим внешним видом, требующим минимальной шлифовки. Электрод идеален для углового и для стыкового сварного шва. Электроды меньшего диаметра могут использоваться для вертикального шва, сварка снизу вверх, и потолочного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	530
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	45
	CV, Дж, при температуре +20 °C	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,75
	Марганец	0,8
	Сера	0,013
	Фосфор	0,021
	Хром	18,5
	Никель	12,5
	Молибден	2,6

Silvercord 347

Электрод с рутиловым покрытием из аустенитной нержавеющей стали (сплав 347, AISI 321). Электроды применяются для 18Cr 8Ni сталей. Металл сварочного шва стабилизирован ниобием Добавление ниобия в сварочном металле повышает стойкость к межкристалитной коррозии. Сварной шов коррозионностойкий при температурах эксплуатации до 400 °С.

Электроды Silvercord 347 создают ровный гладкий шов. Имеют низкий уровень брызг и самоотделяющийся шлак. Сварочный шов имеет немного вогнутую форму с хорошим внешним видом, требующим минимальной шлифовки. Электрод идеален для углового и для стыкового сварного шва. Электроды меньшего диаметра могут использоваться для вертикального шва, сварка снизу вверх, и потолочного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	590
	Предел текучести, МПа	430
	Относительное удлинение, %	45
	CV, Дж, при температуре +20 °С	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,7
	Марганец	0,9
	Сера	0,010
	Фосфор	0,012
	Хром	19,7
	Никель	9,8

Suprinox 308L

Электроды с улучшенным рутиловым покрытием из низкоуглеродистой 19Cr 9Ni стали для сварки нержавеющих сталей (сплав 304 и 304L и аналогичных сталей). Низкое содержание углерода обеспечивает хорошую коррозионностойкость в химически активных средах при температуре до 300 °С.

Электроды Suprinox 308L имеют отличные сварочные характеристики для нижнего и углового шва. Электроды диаметром 2,5 и 3,2 мм могут применяться для позиционной сварки. Имеют стабильную дугу, сварной шов с слегка вогнутым профилем в горизонтальном угловом сварном шве, низкий уровень брызг и самоотделяющийся шлак требующий минимального времени для очистки сварного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	610
	Предел текучести, МПа	505
	Относительное удлинение, %	38
	CV, Дж, при температуре +20 °С	63

Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,02
	Кремний	0,65
	Марганец	0,69
	Сера	0,013
	Фосфор	0,014
	Хром	20,5
	Никель	9,9

Suprinox 309L

Электроды с улучшенным рутиловым покрытием из низкоуглеродной стали 23Cr 12Ni для сварки нержавеющих сталей аналогичного состава и для сварки разнородных сталей. Широко применяются при наложении промежуточных слоев при использовании электродов 308L или других электродов из нержавеющей стали. Металл сварного шва содержит приблизительно 12% феррита, что гарантирует высокую жаростойкость.

Электроды Suprinox 309L имеют отличные сварочные характеристики для нижнего и углового шва. Электроды диаметром 2,5 и 3,2 мм могут применяться для позиционной сварки. Электроды имеют стабильную дугу, сварной шов с слегка вогнутым профилем в горизонтальном угловом сварном шве, низкий уровень брызг и самоотделяющийся шлак требующий минимального времени для очистки сварного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	590
	Предел текучести, МПа	510
	Относительное удлинение, %	35
	CV, Дж, при температуре +20 °C	55
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,02
	Кремний	0,68
	Марганец	0,89
	Сера	0,012
	Фосфор	0,015
	Хром	23,5
	Никель	12,8

Suprinox 316L

Электроды с улучшенным рутиловым покрытием из низкоуглеродистой 19Cr 12Ni 2,8Mo стали для сварки нержавеющих сталей (сплав 316 и 316L и аналогичного состава). Метал сварного шва устойчив к межкристаллитной коррозии. Применяется при температуре окружающей среды до 400 °C.

Электроды Suprinox 316L имеют отличные сварочные характеристики для нижнего и углового шва. Электроды диаметром 2,5 и 3,2 мм могут применяться для позиционной сварки. Имеют стабильную дугу, сварной шов с слегка вогнутым

профилем в горизонтальном угловом шве, низкий уровень брызг и самоотделяющийся шлак требующий минимального времени для очистки сварного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	575
	Предел текучести, МПа	485
	Относительное удлинение, %	33
	CV, Дж, при температуре +20 °C	56
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,02
	Кремний	0,58
	Марганец	0,71
	Сера	0,013
	Фосфор	0,012
	Хром	18,8
	Никель	13,1
	Молибден	2,7

Suprinox 347

Электроды с улучшенным рутиловым покрытием из низкоуглеродистой 19Cr 9Ni стали. Ниобий стабилизирует металл сварного шва при сварке нержавеющих сталей (сплав 321 и 347 и аналогичных сортов). Металл сварного шва устойчив к агрессивным средам при температуре окружающей среды до 400 °C. Добавка ниобия повышает устойчивость к интеркристаллитной коррозии.

Электроды Suprinox 347 имеют отличные сварочные характеристики для нижнего и углового шва. Электроды диаметром 2,5 и 3,2 мм могут применяться для позиционной сварки. Имеют стабильную дугу, сварной шов с слегка вогнутым профилем в горизонтальном угловом сварном шве, низкий уровень брызг и самоотделяющийся шлак требующий минимального времени для очистки сварного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	6400
	Предел текучести, МПа	515
	Относительное удлинение, %	37
	CV, Дж, при температуре +20 °C	50
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,02
	Кремний	0,55
	Марганец	0,73
	Сера	0,012
	Фосфор	0,015
	Хром	20,8
	Никель	9,7
	Ниобий	0,25

Supranel 625

Supranel 625 — электроды с основным покрытием для сварки жаростойких никелевых сплавов и сварки разнородных сталей. Электроды имеют Ni-Cr-MO-Nb наплавляемый металл, с высокой стойкостью к межкристаллитной коррозии, стойкий к фосфорной кислоте, органическим кислотам, к морской воде и загрязненной окружающей среде. Коррозионностойкость сохраняется до 980 °С. Сварной шов хорошо выдерживает ударные нагрузки при температуре до 196 °С.

Электроды позволяют производить сварку в любом пространственном положении, кроме вертикального сверху вниз. Сварка с очень хорошей стабильной характеристикой дуги. Сварной шов имеет хороший внешний вид. Остатки шлака легко удалимы. Сварной шов устойчив к образованию горячих трещин.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	800
	Предел текучести, МПа	500
	Относительное удлинение, %	40
	CV, Дж, при температуре –196 °С	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,03
	Кремний	0,3
	Марганец	0,8
	Сера	0,005
	Фосфор	0,01
	Хром	22,0
	Никель	63,0
	Молибден	9,0
	Ниобий	3,5
	Медь	0,02
	Титан	0,08
	Алюминий	0,09
	Кобальт	0,015

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	50–70
3,2	75–100
4,0	100–130
5,0	140–185

Supranel 82

Электрод с основным покрытием из Ni-CrFeNb сплава для сварки аналогичных никелевых сплавов, жаростойких CrNi и CrNiMo нержавеющих сталей, жаростойких никелевых сталей. Металл сварного шва имеет жаростойкие свойства до 196 °С.

Электроды позволяют производить сварку в любом пространственном положении, кроме вертикального сверху вниз. Сварка идет с очень хорошей стабильной характеристикой дуги. Сварной шов имеет хороший внешний вид. Остатки шлака легко удалимы. Сварной шов устойчив к образованию горячих трещин.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	650
	Предел текучести, МПа	390
	Относительное удлинение, %	40
	CV, Дж, при температуре –196 °C	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,04
	Кремний	0,5
	Марганец	8,5
	Сера	0,012
	Фосфор	0,010
	Хром	14,0
	Никель	67,0
	Ниобий + титан	1,7
	Железо	7,5

Рекомендуемые значения сварочного тока (А):

Диаметр, мм	Ток, А
2,5	45–60
3,2	70–95
4,0	90–120
5,0	130–150

7.4. Электроды для ремонта

Этот ассортимент электродов разработан и предложен для использования при ремонте на промышленных предприятиях. Кроме этого они могут использоваться на строительных площадках.

7.4.1. Электроды для сварки чугуна

Таблица 7.6. Электроды для сварки чугуна

Наименование	Классификация по: AWS A5.15	Диаметр, мм	Род сварочного тока	Положение сварки	Применение
Supercast	E Ni-Cl	2,5; 3,2; 4,0	–		Электроды из никелевого сплава для сварка серого и высококачественного чугуна без подогрева, сварной шов обрабатывается резанием. Шлак легкоудаляем
Superfonte NiFe	E NiFe-Cl	2,5; 3,2; 4,0	–		Электроды из железоникелевого сплава для сварки серого и высококачественного чугуна, когда предъявляются повышенные требования к горячему трещинообразованию при использовании подогрева от 200 до 300 °C

7.4.2. Характеристики электродов для сварки чугуна

Supercast

Никелевый электрод применяется для сварки чугуна и исправления дефектов литья, брака механической обработки и наплавка изношенных деталей.

Supercast разработан для сварки чугуна без предварительного подогрева с низкими температурами одиночных проходов. Электроды имеют отличную работоспособность со стабильной дугой. Сварной шов имеет мелкорифленую поверхность и легкоудаляемый шлак.

Технологические особенности сварки:

- Очистить поверхность от загрязнений. Используйте дуговую строжку/резку электродом для устранения дефектов и разделки трещин. Сварка производится без предварительного подогрева.
- Сварку производят короткими валиками длиной 30—50 мм с поваликовым охлаждением на воздухе до температуры не выше 100 °С и проковкой, непосредственно после отрыва дуги и удаления шлака, наложенного валика легкими ударами молотка.

Проковка шва помогает уменьшить напряжения в металле сварного шва и избежать трещин. После завершения работы деталь должна быть медленно и равномерно охлаждена.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	265
	Твердость наплавленного металла НВ	185
Химический состав наплавленного металла, %	Никель	97
	Марганец	0,18
	Железо	1,0

Superfonte NiFe

Железоникелевые электроды применяются для сварки чугуна и исправления дефектов литья, брака механической обработки и наплавка изношенных деталей. Рекомендуются для сварки чугуна со сталью.

Superfonte NiFe разработан для сварки чугуна без предварительного подогрева или с подогревом до 300 °С с контролируемым интервалом температур. Электроды имеют отличную работоспособность со стабильной дугой. Сварной шов имеет мелкорифленую поверхность и легкоудаляемый шлак. Материал сварного шва поддается обработке резанием.

Технологические особенности сварки:

- Очистить поверхность от загрязнений включая краску, ржавчину, нефтепродукты и зачистить поверхность перед сваркой. Используйте дуговую строжку/резку электродом для устранения дефектов и разделки трещин. Сварка производится без предварительного подогрева. При сварке с предварительным подогревом детали нагревают медленно до температуры 250—300 °С, чтобы прогрев бал равномерный и на всю толщину. В процессе сварки температура не должна выходить за указанные пределы.
- Сварку производят короткими валиками длиной 30—50 мм с поваликовым охлаждением на воздухе до температуры не выше 300 °С и проковкой, непо-

средственно после отрыва дуги и удаления шлака, наложенного валика легкими ударами молотка.

Проковка шва помогает уменьшить напряжения в металле сварного шва и избежать трещин. После завершения работы деталь должна быть медленно и равномерно охлаждена в термошкафе, покрытой минеральным полотном или сухим песком.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	495
	Твердость наплавленного металла HB	175
Химический состав наплавленного металла, %	Никель	50
	Железо	50

7.4.3. Электроды для сварки разнородных сталей

Таблица 7.7. Электроды для сварки разнородных сталей

Наименование	Классификация по: EN 1600	Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
Inox DW	E 29 9 R 12	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/+/, 70		Электроды с рутиловым покрытием для разнородных и трудносвариваемых сталей. Имеют разностороннее применение, включая ремонт землеройной техники, сельскохозяйственного оборудования, и т. п. Электроды хорошо варят во всех пространственных положениях

7.4.4. Характеристики электродов для сварки разнородных сталей

Inox DW

Электрод с рутиловым покрытием для текущего ремонта и востановления трудносвариваемых и закаливающихся сталей. Сварной шов представляет аустенитную сталь 29Cr 9Ni с содержанием 30% феррита.

Универсальность электродов Inox DW делает их пригодными для сварки разнородных сталей. У них хорошая зажигаемость и повторная зажигаемость дуги, ровная спокойная дуга, очень малое количество брызг.

Имеют разностороннее применение, включая ремонт землеройной техники, сельскохозяйственного оборудования, и т. п.

Технологические особенности сварки:

- Перед сваркой очистить поверхность от загрязнений. Некоторые детали могут потребовать предварительного подогрева в зависимости от базового состава металла, сопровождаемого медленным охлаждение.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	840
	Предел текучести, МПа	770
	Относительное удлинение, %	17
	CV, Дж, при температуре 20 °C	30
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	0,95
	Марганец	1,4
	Сера	0,010
	Фосфор	0,025
	Хром	29,3
	Никель	9,5

7.5. Электроды для наплавки износостойких покрытий

Таблица 7.8. Электроды для наплавки износостойких покрытий

Наименование	Классификация по:	Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Нагрузка	Применение
Bronzecord	–	2,5; 3,2; 4,0	~, =/+/, 70		Трения	Электрод из оловянистых бронз (фосфористых бронз) для наплавки на сталь и чугун. Наплавленный слой имеет хорошую износостойкость при работе на трение
Hardfacing 350	–	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/+/, 70		Трение по абразивной поверхности	Электроды в состав которых входит до 4% хрома и имеющих твердость наплавленного металла до 350 НВ. Применяются для наплавки на лезвие бульдозера, на лопатки мешалок, наплавление износостойкого покрытия на металл трущейся поверхности
Hardfacing 600	–	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/+/, 70		Абразивная	Электроды из стали 6,5Cr Mo V. Твердость наплавленного слоя достигает 600 НВ. Предназначены для работ со слабым абразивным износом. Применяются для наплавки на лезвие бульдозера, на лопатки мешалок, на шнековый транспортер, наплавление износостойкого покрытия на металл трущейся поверхности

Наименование	Классификация по:	Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Нагрузка	Применение
Hardfacing 1000	–	3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 50		Абразивная	Электроды из стали 4,5C 37Cr. Твердость наплавленного слоя достигает 700 НВ. Предназначены для работ с сильным абразивным износом от жестких минерал. Применяются для наплавки клыков ковшей экскаватора, работающих в горных карьерах, оборудования драг. Для наплавки на лезвие бульдозера, на лопатки мешалок, на шнековый транспортер, на детали пульпового насоса, на детали дробилок, наплавление износостойкого покрытия на металл трущейся поверхности
Hardfacing 14Mn	–	3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 50		Абразивно-ударная	Электроды из стали 14Mn 4Cr 4Ni. Твердость наплавленного слоя достигает 200 НВ. На наплавленном слое при эксплуатации под воздействием ударных нагрузок на поверхности быстро создается наклеп имеющий твердость 500 НВ. Структура металла получается ударновязкая и с хорошей стойкостью против абразивного износа. Применяются для наплавки клыков ковшей экскаватора, работающих в карьерах, оборудования драг. Для наплавки на лезвие бульдозера, на лопатки мешалок, на шнековый транспортер, на детали дробилок, наплавление износостойкого покрытия на металл трущейся поверхности
Superchrome	AWS A5.4 E307-16	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/+/, 70		Ударные нагрузки	Электроды из стали 20Cr 10Ni 4Mn. Твердость наплавленного слоя достигает 200 НВ. Наплавленный слой при эксплуатации под воздействием ударных нагрузок повышает твердость до 450 НВ. Применяются для наплавки на детали драг, дробилок, бичей, ковшей роторного экскаватора и штампов. Также применяются для создания промежуточных слоев при наплавке электродами Hardfacing 600 и Hardfacing 1000

Наименование	Классификация по:	Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Нагрузка	Применение
Toolcord	AWS A5.13 E Fe5-B	2,5; 3,2	~, =/+/, 70		Трение по абразивной поверхности	Электроды из стали Cr Mo V W (быстрорежущая инструментальная сталь) предназначены для наплавки краев инструмента и штампов. Электроды имеют повышенную производительность при сварке в плоской позиции. Применяются при изготовлении нового и капитальном ремонте металлорежущего инструмента, например фрезы, развертки, сверла, штампы для рубки и перфораторы и при обработке быстрорежущей инструментальной стали, когда необходима стойкость к износу и сохранение свойств наплавленного материала при высоких температурах инструмента

7.5.1. Характеристики электродов для наплавки износостойких покрытий

Bronzecord

Медный электрод для сварки разнородных металлов. Наплавляемый металл обеспечивает низкий коэффициент трения. Могут также применяться для сварки медных сплавов со сталью и чугуном.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Химический состав наплавленного металла, %	Медь	91
	Олово	6
	Марганец	0,4
	Фосфор	0,025
	Железо	0,3

Hardfacing 350

Электрод с основным покрытием. Прочное покрытие электродов имеет большое количество компонентов, которые создает наплавленный слой для разнообразного применения со слабым износом. Наплавленный слой содержит хром, который гарантирует образование бейнитно-мартенситной структуры. Наплавка обеспечивает высокую износостойкость и умеренный износ частицами минерала.

Наплавленная поверхность позволяет обработку твердосплавным инструментом, подвергается термообработке и закалке. Электроды дают номинальную эффективность 120%.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Твердость наплавленного металла, HB, при количестве проходов	1	370
	2	375
	3	390
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,35
	Марганец	0,95
	Хром	4,2

Hardfacing 600

Электрод с основным покрытием. Прочное покрытие электродов имеет большое количество компонентов, которые создает наплавленный слой для разнообразного применения со слабым износом.

Углеродно-хромовый состав наплавленного металла с мартенситной структурой с рассеянными мелкими и жесткими карбидами делает его идеальным для обработки деталей работающих на погрузочно разгрузочных операциях с мелкими минеральными материалами или средними скальными породами. Наплавленный метал стоек к абразивному износу.

Электроды позволяют производит наплавку однопроходным швом в любом пространственном положение с номинальной эффективностью 100%.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Твердость наплавленного металла, HB, при количестве проходов	1	622
	2	658
	3	725
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,6
	Кремний	1,0
	Марганец	0,45
	Хром	6,5
	Молибден	0,5
	Ванадий	0,5

Hardfacing 1000

Электроды с основным покрытием для наплавки износостойких покрытий с высоким сопротивлением абразивному износу.

Наплавленный слой состоит из сплава аустенитной стали и смеси мелких карбидов, преимущественно хромовых (твердость 1400—1500 HB).

Электроды Hardfacing 1000 широко применяются для твердосплавного покрытия где износ происходит от абразивного воздействия минеральных частиц. Высокое содержание хрома предотвращает водную коррозию, окисление и окалинообразование при температурах до 1000 °C.

Электроды имеют номинальную эффективность 150%. Поверхность сварного шва имеет гладкую ровную поверхность почти или совсем не требующей шлифовки.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Твердость наплавленного металла, НВ, при количестве проходов	1	660
	2	690
	3	710
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	4,4
	Кремний	0,6
	Марганец	1,5
	Хром	37

Hardfacing 14Mn

Электроды с основным покрытием из стали 14MnCrNi предназначены для наплавки на детали имеющие высокий абразивный износ сочетающийся с ударной нагрузкой. Наплавленный слой имеет полностью аустенитную форму. Добавки хрома и никеля позволяют быстро создать на поверхности наклеп, который лучше противостоит абразивному износу.

Электроды Hardfacing 14Mn обладают пониженной склонностью к трещинообразованию. Обеспечивают отличные сварочные характеристики и легкое удаление шлака.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Твердость наплавленного металла, НВ	первоначальная	220
	приобретенная	500
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,8
	Кремний	0,1
	Марганец	15,1
	Сера	0,002
	Фосфор	0,04
	Хром	4,6
	Молибден	3,6

Superchrome

Электроды с рутиловым покрытием для наплавки твердосплавного покрытия из аустенитной стали 20Cr 10Ni 4Mn. Материал идеальный для наплавки. Сварной шов ударновязкий и легко повышает твердость при регулярной ударной нагрузке в результате увеличивается стойкость против абразивного износа.

Стержень электрода Superchrome изготовлен из нержавеющей стали. Сварной шов обладает повышенной стойкостью к образованию горячих трещин. Электроды пригодны для сварка аустенитных марганцевых сталей.

Электроды имеют отличную сварочную характеристику, хорошее зажигание и повторное зажигание дуги.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	630
	Предел текучести, МПа	510
	Относительное удлинение, %	35
Твердость наплавленного металла, HB	первоначальная	200
	приобретенная	490
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,1
	Кремний	0,4
	Марганец	4,5
	Сера	0,009
	Фосфор	0,018
	Хром	20,2
	Никель	10,1
	Молибден	0,8

Toolcord

Электроды с рутиловым покрытием для износостойкой наплавки новых и изношенных деталей. Наплавленный слой представляет молибденовую быстрорежущую инструментальную сталь. Наплавляемый металл поддается высокотемпературной закалке, так как содержит мелкие твердые карбиды рассеянные в мартенситной структуре. Эта структура обеспечивает высокую износостойкость при абразивном износе и хорошо сохраняет кромку различного режущего инструмента.

Электроды варят с очень стабильной дугой, маленькой сварочной ванной, легко управляемы. При наплавке краев режущего инструмента все это играет огромное значение.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Твердость наплавленного металла, HB	Без термообработки	600
	Закалка при 1180–1240 °C в масле или в солевом растворе до температуры 450–500 °C и отпуск* (дважды) с нагревом до температуры 510–540 °C, выдержкой в течение 1 часа и охлаждением на воздухе	650
	Прокалка при 820–850 °C в течение 4 часов	340
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,8
	Кремний	0,4
	Марганец	0,4
	Хром	4,8
	Ванадий	1,1
	Вольфрам	1,2

* Двойной отпуск предпочтительнее однократного нагрева с выдержкой в течение 2 часов.

Наплавленный слой после закалки и отпуска легко затачивается и хорошо формирует режущий зуб на инструменте, таком как лерки и метчики.

7.6. Электроды для резки металла

Citocut

Специальные электроды для резки металла, строжки (нарезание пазов) и прошивки отверстий для черных и цветных металлов, и разделки трещин при подготовке под сварку. При строжке электрической дугой происходит расплавление и удаление металла вдоль линии по направлению движения.

Электроды имеют специфические особенности:

- покрытие изолированное, чтобы предотвратить переход дуги на боковую поверхность;
- создают сосредоточенную мощную дугу;
- стабилизируют дугу и предотвращают гашение дуги;
- создают дутье и выдувают с места реза расплавленный металл и шлак.

Все вышеуказанные критерии тщательно сбалансированы, чтобы позволить сварщику легко управлять процессом резки. Физическая сущность покрытия в том, что материал покрытия плавится медленнее, чем стержень электрода, при этом на конце электрода образуется чаша глубиной 3—5 мм. Это гарантирует горение электрода в пределах этого пространства, даже когда прожигаются дыры ограниченного диаметра, производится строжка узких и глубоких пазов.

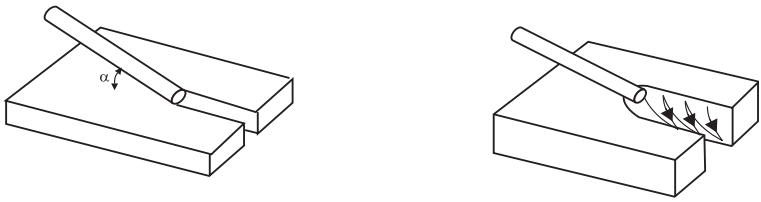
Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В — ~, =/+/, 70.

Диаметр электродов, мм — 2,5; 3,2; 4,0; 5,0.

Резка металла

Зажгите дугу и удерживая электрод под углом 15° к поверхности материала, как бы проталкивайте электрод через металл. Движение электрода напоминает движение ножовки.

Шлак выдувается при движении от себя. Направление резки — на себя (рис. 7.1).



а) *б*)

Рис. 7.1. Резка металла:
а — тонкого; *б* — толстого

Строжка

Зажгите дугу и удерживая электрод под углом 15° к поверхности материала, как бы проталкивайте электрод по верхнему слою металла. При необходимости получения глубоких пазов, электродом совершаются возвратно-поступательные движения или строжка производится в несколько проходов. Направление строжки — от себя (рис. 7.2).

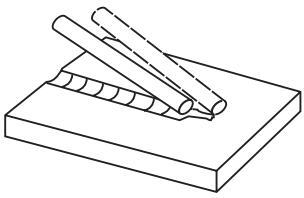


Рис. 7.2. Строжка металла

7.7. Электроды для низкоуглеродистой стали с основным типом покрытия и низким уровнем водорода

Электроды для сварки углеродисто марганцевых сталей требующей высокой вибропрочности и сохранения вязкости при низких температурах.

Применяются при сварке котлов, труб, изготовлении ферм и т. п.

Таблица 7.9. Электроды для низкоуглеродистой стали с основным типом покрытия и низким уровнем водорода

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 499	AWS A5.1				
Spezial	E42 2 B 12 H10	E7016	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/±/, 55		Электроды с увеличенной толщиной покрытия и с низким содержанием водорода, с улучшенной работоспособностью, как при общих работах, так и при ремонтных
Ultracito	E42 2 RB 32 H10	E7018	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/±/, 70		Многофункциональные электроды с низким содержанием водорода для сварки в любых пространственных положениях как тонколистового металла, так и средней толщины
Supercito 7016S	E42 4 B 12 H5	E7016-1	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/±/, 70		Электроды с низким содержанием водорода для работ требующих оптимальной ударной вязкости материала при температурах до –40 °С, как в исходном состоянии, так и после нагрева в процессе сварки
Supercito 7018S	E42 3 B 32 H5	E7018	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/+/, 70		Электроды с низким содержанием водорода и с добавлением железного порошка в покрытие. Номинальная эффективность сварки 115%
Tenacito R	E42 4 B 32 H5	E7018-1	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/+/, 70		Применяются для работ требующих сохранения ударной вязкости до температуры –40 °С

7.7.1. Характеристики электродов для низкоуглеродистой стали с основным типом покрытия и низким уровнем водорода

Spezial

Электроды с увеличенной толщиной покрытия и с низким содержанием водорода предназначены для сварки низкоуглеродистых и углеродисто-марганцевых сталей.

Электроды Spezial разработаны для общего применения для сварки во всех пространственных положениях. Электроды позволяют использовать источник сварочного тока с низким напряжением.

Хорошее качество сварного металла сочетается с ровным и равномерным сварным швом который имеет волнистую поверхность. Электроды образуют малое количество брызг.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	560
	Предел текучести, МПа	460
	Относительное удлинение, %	29
	CV, Дж, при температуре –20 °C	120
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,60
	Марганец	1,12
	Сера	0,011
	Фосфор	0,010

Ultracito

Электроды с основным типом покрытия для сварки во всех пространственных положениях низкоуглеродистых и углеродисто-марганцевых сталей.

Покрытие электрода содержит железный порошок, в результате чего достигается эффективность сварки 110%. Сварной шов имеет низкий водородный показатель.

Электроды Ultracito имеют очень стабильную характеристику дуги с хорошей работоспособностью и управляемую сварочную ванну.

Имеют разностороннее применение, как для сварки листового материала, так и для сварки крупно-сортового профиля и сварки в узких и глубоких разделках. Особенно подходят для облицовочных швов.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	605
	Предел текучести, МПа	530
	Относительное удлинение, %	27
	CV, Дж, при температуре –20 °C	85
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,05
	Кремний	0,30
	Марганец	1,2
	Сера	0,010
	Фосфор	0,015

Supercito 7016S

Электроды с основным типом покрытия, предназначены для сварки во всех пространственных положениях низкоуглеродистых, углеродисто-марганцевых и низколегированных сталей. Применяются для сварки материалов с хорошей ударной вязкостью при температурах до −40 °С, как в исходном состоянии, так и после нагрева в процессе сварки.

Электроды Supercito 7016S имеют тонкое покрытие для удобства доступа при сварке в узких разделках. Электроды обеспечивают низкий уровень водорода в сварном шве и в прилегающих областях.

Электроды имеют легкое управление сварочной ванной и очень стабильную дугу. Шлак легко удаляется. Электрод показывает отличное управление шлака с очень стабильной дугой и впоследствии легким удалением шлака. Конец электрода покрыт графитом для удобства зажигания дуги.

Оптимальное качество при сварке корневого шва получается на постоянном токе при отрицательной полярности.

Хорошо подходят для сварки корневого шва при плотных стыковках и глубоких разделках.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	550
	Предел текучести, МПа	460
	Относительное удлинение, %	28
	CV, Дж, при температуре –20 °С	190
	CV, Дж, при температуре –40 °С	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,08
	Кремний	0,35
	Марганец	1,3
	Сера	0,008
	Фосфор	0,012

Supercito 7018S

Электроды с основным типом покрытия для сварки во всех пространственных положениях низкоуглеродистых и углеродисто-марганцевых сталей. Покрытие электрода содержит железный порошок, в результате чего достигается эффективность сварки 115%.

Электроды пригодны для сварки материалов с низким водородным показателем и стойкостью к образованию трещин.

Электроды Supercito 7018S имеют очень стабильную характеристику дуги с хорошей работоспособностью, управляемую сварочную ванну и легкое удаление шлака.

Оптимальное качество при сварке корневого шва получается на постоянном токе при отрицательной полярности.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	610
	Предел текучести, МПа	530
	Относительное удлинение, %	24
	CV, Дж, при температуре –20 °C	140
	CV, Дж, при температуре –30 °C	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,32
	Марганец	1,2
	Сера	0,010
	Фосфор	0,015

Tenacito R

Электроды с основным типом покрытия. Применяются для сварки во всех пространственных положениях электродом до 4 мм включительно. Покрытие электрода содержит железный порошок, в результате чего достигается эффективность сварки 110%.

Электроды обеспечивают сварной шов с низким водородным показателем. Сварной шов обладает исключительно большой прочностью. Применяются для сварки материалов с хорошей ударной вязкостью при температурах до −40 °C

Применяются для сварки конструкционных сталей когда требуется повышенное сопротивление хрупкому излому при неблагоприятных условиях. Также используются при изготовлении ресиверов, бойлеров и при сварке строительных металлоконструкций.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После сварки	Временное сопротивление разрыву, МПа	550
		Предел текучести, МПа	470
		Относительное удлинение, %	29
		CV, Дж, при температуре –20 °C	180
		CV, Дж, при температуре –40 °C	145
	После снятия напряжения	Временное сопротивление разрыву, МПа	530
		Предел текучести, МПа	440
		Относительное удлинение, %	31
		CV, Дж, при температуре –20 °C	185
		CV, Дж, при температуре –40 °C	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,3
	Марганец		1,5
	Сера		0,006
	Фосфор		0,008

7.8. Низколегированные высокопрочные электроды

Применяются для низколегированных стальных сплавов и низколегированных сталей когда необходима низкотемпературная прочность и ударная вязкость.

Таблица 7.10. Низколегированные высокопрочные электроды

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 499	AWS A5.1				
Tenacito 38R	E 46 61Ni B 32 H5	E7018-G	2,5; 3,0; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/+/, 70		Для сварки углеродисто-марганцевых и микро-легированных сталей для которых критичным является стойкость к хрупкому излому. Металл сварного шва выдерживает длительное воздействие высоких температур
Tenacito 65R	E 55 5Mn 1NiMo BT 42 H5	E9018-G	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Электроды имеют разностороннее применение. Применяются для сварки низколегированных сталей, там, где нужна высокая прочность, в любых пространственных положениях
Tenacito 70	E 55 6Mn 1Ni B42 H5	E8018-G	2,5; 3,0; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/±/, 70		Применяются для высокопрочной сварки углеродисто-марганцевых микро-легированных сталей для ответственных конструкций когда требуется устойчивость к трещинообразованию. Пригодны для работ, когда необходима высокая ударная вязкость при температуре –50 °С
Tenacito 70B	E 46 6 2Ni B 42 H5	E8018-C1	2,5; 3,0; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/±/, 70		Применяются для сварки мелкоструктурных жаростойких и ферритокриогенных сталей, когда необходимо сохранение ударной вязкости до температуры –60 °С
Tenacito 70C	E 46 6 3Ni B 42 H5	E8018-C2	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки криогенной стали с содержанием 3,5% никеля, когда оптимальная ударная вязкость сохраняется до температуры –100 °С

7.8.1. Характеристики низколегированных высокопрочных электродов

Tenacito 38R

Электроды с основным типом покрытия для сварки микро-легированных сталей в высокотехнологических производствах нефтяной и атомной промышленности.

Электроды Tenacito 38R предназначены для сварки во всех пространственных положениях. Материал сварного шва низколегированный, соответствует номинальному составу стали C 1,2Mn 0,9Ni. Имеют низкотемпературный уровень ударной вязкости, как после сварки, так и после снятия напряжений. Высокие прочностные характеристики могут быть достигнуты даже при большом тепловложении при сварке. Электроды пригодны для применения в условиях окислительной газовой среды. Высоко пластичный металл сварного шва в сочетании с низким уровнем водородного показателя обеспечивает устойчивость к трещинообразованию в процессе эксплуатации.

Электроды обеспечивают хорошую стабильность дуги с низким уровнем брызгообразования. Сварной шов покрыт легкоотделяющимся шлаком. Специальная характеристика покрытия позволяет электродом диаметром 3,0 мм производить подварку корневого шва во всех пространственных положениях

При сварке корневого шва используется постоянный ток отрицательной полярности.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После сварки	Временное сопротивление разрыву, МПа	550
		Предел текучести, МПа	480
		Относительное удлинение, %	29
		CV, Дж, при температуре –20 °C	170
		CV, Дж, при температуре –40 °C	135
		CV, Дж, при температуре –60 °C	75
	После снятия напряжения	Временное сопротивление разрыву, МПа	520
		Предел текучести, МПа	440
		Относительное удлинение, %	30
		CV, Дж, при температуре –20 °C	150
		CV, Дж, при температуре –40 °C	130
		CV, Дж, при температуре –60 °C	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,34
	Марганец		1,25
	Сера		0,006
	Фосфор		0,007
	Никель		0,95

Tenacito 65R

Электроды с основным типом покрытия для сварки низколегированных сталей во всех пространственных положениях. Металл сварного шва аналогичен стали C 1,5Mn 0,9Ni 0,35Mo. Тщательно сбалансированная композиция сварного металла гарантирует хорошую прочность при отрицательных температурах.

Электроды Tenacito 65R обеспечивают очень стабильную характеристику дуги, низкий уровень брызгообразования, легкое удаление шлака и отличный внешний вид сварного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После сварки, без снятия напряжения	Временное сопротивление разрыву, МПа	640
		Предел текучести, МПа	580
		Относительное удлинение, %	22
		CV, Дж, при температуре 0 °C	175
		CV, Дж, при температуре –40 °C	115
		CV, Дж, при температуре –60 °C	80
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,05
	Кремний		0,33
	Марганец		1,34
	Сера		0,006
	Фосфор		0,009
	Никель		0,84
	Молибден		0,37

Tenacito 70

Электроды основным типом покрытия для сварки мелкоструктурной жаростойкой низколегированной стали, когда требуется высокая прочность сварного соединения. Металл сварного шва аналогичен низколегированной стали C 1,6Mn 0,9Ni.

Металл сварного шва обеспечивает высокий уровень прочности и ударной вязкости вплоть до −50 °C.

Электроды Tenacito 70 обеспечивают хорошую работоспособность во всех пространственных положениях с низким уровнем брызгообразования и легкое удаление шлака. Специальная характеристика покрытия Tenacito 70 допускает использование электродов диаметром 3,0 мм для проварки корневого шва криогенных и других систем трубопроводов.

Оптимальные характеристики при сварке корневого шва получаются при использовании постоянного тока отрицательной полярности.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После сварки	Временное сопротивление разрыву, МПа	610
		Предел текучести, МПа	530
		Относительное удлинение, %	27
		CV, Дж, при температуре –20 °C	150
		CV, Дж, при температуре –40 °C	120
		CV, Дж, при температуре –60 °C	70

Механические свойства металла шва, не менее	После снятия напряжения	Временное сопротивление разрыву, МПа	580
		Предел текучести, МПа	490
		Относительное удлинение, %	29
		CV, Дж, при температуре –20 °C	120
		CV, Дж, при температуре –40 °C	80
		CV, Дж, при температуре –60 °C	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,35
	Марганец		1,6
	Сера		0,006
	Фосфор		0,008
	Никель		0,95

Tenacito 70B

Электроды основным типом покрытия для сварки мелкоструктурной жаростойкой низколегированной стали во всех пространственных положениях.

Металл сварного шва обеспечивает высокий уровень прочности и ударной вязкости вплоть до −60 °C, как после сварки, так и после снятия напряжения.

Сварной шов имеет хороший внешний вид с размытой границей шва. Специальное покрытие допускает использование электродов диаметром 3,0 мм для проварки корневого шва, сварки изделий из конструкционной стали и криогенных систем трубопроводов.

Оптимальные характеристики при сварке корневого шва получаются при использовании постоянного тока отрицательной полярности.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После сварки	Временное сопротивление разрыву, МПа	580
		Предел текучести, МПа	490
		Относительное удлинение, %	27
		CV, Дж, при температуре –20 °C	160
		CV, Дж, при температуре –40 °C	120
		CV, Дж, при температуре –60 °C	75
	После снятия напряжения	Временное сопротивление разрыву, МПа	560
		Предел текучести, МПа	480
		Относительное удлинение, %	29
		CV, Дж, при температуре –20 °C	160
		CV, Дж, при температуре –40 °C	130
		CV, Дж, при температуре –60 °C	85
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,32
	Марганец		0,85
	Сера		0,008
	Фосфор		0,009
	Никель		2,4

Tenacito 70C

Электроды с основным типом покрытия для сварки криогенных низколегированных сталей содержащих до 3,5% никеля. Применяются когда требуется высокая прочность сварного соединения при температурах до —100 °С. Материал сварного шва аналогичен стали С 0,5Mn 3,5Ni.

Электроды Tenacito 70C позволяют производить сварку во всех пространственных положениях. Имеют низкий уровень брызг и легкое отделение шлака. Радиографический контроль показывает хорошее качество многопроходного сварного шва.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После сварки	Временное сопротивление разрыву, МПа	560
		Предел текучести, МПа	480
		Относительное удлинение, %	30
		CV, Дж, при температуре –60 °С	110
		CV, Дж, при температуре –80 °С	70
		CV, Дж, при температуре –100 °С	45
	После снятия напряжения	Временное сопротивление разрыву, МПа	560
		Предел текучести, МПа	480
		Относительное удлинение, %	31
		CV, Дж, при температуре –60 °С	105
		CV, Дж, при температуре –80 °С	65
		CV, Дж, при температуре –100 °С	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,25
	Марганец		0,6
	Сера		0,008
	Фосфор		0,009
	Никель		3,4

7.9. Электроды для сварки высокопрочных легированных сталей

Предназначены для сварки низколегированной высокопрочной стали, когда требуется высокий предел прочности на разрыв и твердость материала вместе с хорошими низкотемпературными показателями прочности.

Применяются для сварки подъемных кранов, трубопроводов, криогенных установок и т. п.

Таблица 7.11. Электроды для сварки высокопрочных легированных сталей

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 757	AWS A5.5				
Tenacito 75	E 69 4Mn 2NiCrMo B42 H5	E10018-G	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/+/, 70		Металл сварного шва особо вязкий с хорошей прочностью при отрицательных температурах. Применяются для сварки высокопрочных ферритных легированных сталей

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 757	AWS A5.5				
Tenacito 80	E 69 6 Mn 2NiCrMo B42 H5	E11018-G	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки прочной мелкокристаллической жаростойкой стали требующей высокой прочности и при отрицательных температурах
Tenacito 100	E 89 4 Mn 2 NiCrMo B 42 H5	E12018-G	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки высокопрочных сталей
Tenacito 10018-D2	E 62 5 MnMo B42 H5	E10018-D2	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки высокопрочных сталей

7.9.1. Характеристики электродов для сварки высокопрочных легированных сталей

Tenacito 75

Электроды для сварки низколегированных закаливающихся сталей во всех пространственных положениях. Металл сварного шва аналогичен низколегированной стали 1,5Mn 2Ni 0,5Cr 0,35Mo имеющую высокую прочность и хорошую ударную вязкость при отрицательных температурах.

Электроды Tenacito 75 имеют низкий уровень брызгообразования, легкое удаление шлака и аккуратный шов.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После сварки без снятия напряжения	Временное сопротивление разрыву, МПа	820
		Предел текучести, МПа	740
		Относительное удлинение, %	17
		CV, Дж, при температуре –40 °C	85
		CV, Дж, при температуре –60 °C	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,43
	Марганец		1,6
	Сера		0,008
	Фосфор		0,008
	Никель		2,21
	Хром		0,36
	Молибден		0,45

Tenacito 80

Электроды с основным типом покрытия для сварки высокопрочных мелкозернистых закаливающихся сталей когда требуется высокая прочность и ударная вязкость сварного шва. Металл сварного шва аналогичен средне легированной ферритной стали 1,7Mn 2Ni 0,5Cr 0,35Mo. Металл сварного шва имеет высокую

прочность и при отрицательных температурах, что делает его идеальным для применения, когда требуется высокая прочность на излом при низких температурах.

Электроды Tenacito 80 имеют хорошее управление сварочной ванной, низкий уровень брызгообразования и легкое удаление шлака.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После сварки без снятия напряжения	Временное сопротивление разрыву, МПа	860
		Предел текучести, МПа	780
		Относительное удлинение, %	17
		CV, Дж, при температуре 20 °C	120
		CV, Дж, при температуре –60 °C	60
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,35
	Марганец		1,7
	Сера		0,006
	Фосфор		0,008
	Никель		2,1
	Хром		0,45
	Молибден		0,4

Tenacito 100

Электроды с основным типом покрытия для сварки среднелегированных сталей с очень высокой характеристикой прочности во всех пространственных положениях.

Металл сварного шва аналогичен легированной стали C 1,6Mn 2,4Ni 0,7Cr 0,5Mo с номинальной ферритной структурой, которая обеспечивает очень высокий уровень прочности.

Электроды имеют хорошую сварочную характеристику с низким уровнем брызгообразования и хорошее удаление шлака.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После сварки без снятия напряжения	Временное сопротивление разрыву, МПа	1030
		Предел текучести, МПа	940
		Относительное удлинение, %	16
		CV, Дж, при температуре 20 °C	70
		CV, Дж, при температуре –40 °C	55
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,41
	Марганец		1,65
	Сера		0,007
	Фосфор		0,010
	Никель		2,4
	Хром		0,75
	Молибден		0,55

Tenacito 10018-D2

Электроды с основным типом покрытия для сварки низколегированных сталей во всех пространственных положениях.

Металл сварного шва аналогичен стали C 1,8Mn 0,4Mo, это обеспечивает увеличенную прочность по сравнению со стандартными углеродисто-марганцевыми сталями. Эта композиция позволяет сохранить высокую прочность при отрицательных температурах и после термообработки.

Электроды Tenacito 10018-D2 обеспечивают низкий уровень брызгообразования и легкое удаление шлака.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После термообработки при 620 °C в течение 1 часа	Временное сопротивление разрыву, МПа	730
		Предел текучести, МПа	670
		Относительное удлинение, %	27
		CV, Дж, при температуре –50 °C	40
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,09
	Кремний		0,42
	Марганец		1,85
	Сера		0,005
	Фосфор		0,008
	Молибден		0,43

7.10. Низколегированные жаростойкие электроды

Применяются для сварки легированных жаростойких хромомолибденовых сталей в энергетическом и нефтехимическом производстве когда требуется стойкость к водородному охрупчиванию.

Таблица 7.12. Низколегированные жаростойкие электроды

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 1599	AWS A5.5				
Molycord 05	E MO B 32	E7018-A1	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки низколегированных жаростойких сталей типа C 0,5Mo
Cromocord 1	E CrMo1 B 32 H5	E8018-B2	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки низколегированных жаростойких сталей типа Cr 0,5Mo и 1,25Cr 0,5Mo. Пригодны для сварки оборудования, эксплуатирующегося при температуре до 550 °C

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 1599	AWS A5.5				
Cromocord 2	E CrMo2 B 32 H5	E9018-B2	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки низколегированных сталей типа 2,25Cr Mo; сварки трубопроводов, ресиверов, коллекторов и теплообменников. Пригодны для сварки оборудования, эксплуатирующегося при температуре до 565 °C
Cromocord 2 STC	E CrMo B 32 H10	E9018-B3	2,5; 3,2; 4,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки низколегированных сталей типа 2,25Cr Mo. Для сварки сосудов работающих под давлением, в том числе гидрокрекинговые установки и установки синтеза аммиака. Металл сварного шва имеет высокую чистоту и содержит очень низкий уровень остаточных элементов поэтому противостоит охрупчиванию в интервале температур 370–590 °C
Cromocord 5	E CrMo5 B 32 H5	E8018-B6	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки низколегированных сталей типа 5Cr 0,5Mo; сварки трубопроводов, ресиверов, коллекторов и теплообменников. Пригодны для сварки оборудования, эксплуатирующегося при температуре до 600 °C
Cromocord 9	E CrMo 9 B 42 H5	E8018-B8	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки низколегированных жаростойких и аналогичных сталей типа 9Cr Mo. Для сварки резервуаров, труб, фланцев и фитингов и т. п. Пригодны для сварки оборудования, эксплуатирующегося при температуре до 600 °C
Cromocord 9M	–	E9018-G	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	=/+/, 70		Применяются для сварки низколегированных жаростойких и аналогичных сталей типа 9Cr Mo
Cromocord 91	–	E9018-B9	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	=/+/, 70		Применяются для сварки низколегированных жаростойких и аналогичных сталей типа 9Cr Mo

7.10.1. Характеристики низколегированных жаростойких электродов

Molycord 05

Электроды для сварки низколегированных жаростойких ферритных сталей типа C 0,5Mo во всех пространственных положениях. Применяются в паровых и химических установках при высоких температурах, достигающих 500 °C в энергопроизводящих и нефтеперегонных предприятиях, где необходима стойкость против водородного воздействия. Металл сварного шва показывает хорошую прочность и при отрицательных температурах.

Электроды Molycord 05 обеспечивают низкий уровень брызгообразования и легкое удаление шлака.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После сварки	Временное сопротивление разрыву, МПа	570
		Предел текучести, МПа	510
		Относительное удлинение, %	24
	После термообработки при 600 °C в течение 1 часа	Временное сопротивление разрыву, МПа	570
		Предел текучести, МПа	490
		Относительное удлинение, %	25
		CV, Дж, при температуре 20 °C	180
		CV, Дж, при температуре –20 °C	165
	После термообработки при 650 °C в течение 1 часа	Временное сопротивление разрыву, МПа	600
		Предел текучести, МПа	515
		Относительное удлинение, %	26
		CV, Дж, при температуре 20 °C	180
		CV, Дж, при температуре –20 °C	153
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,05
	Кремний		0,3
	Марганец		0,8
	Сера		0,007
	Фосфор		0,013
	Молибден		0,5

Cromocord 1

Электроды для сварки качественных низколегированных жаростойких сталей типа 1,5Cr 0,5Mo применяющихся в паровых и химических установках. Пригодны для применения в установках с высокотемпературным паром, при температуре пара до 550 °C и нефтеперегонных заводах, перерабатывающих сырую нефть, где велико воздействие водорода и серы.

Электроды позволяют производить сварку во всех пространственных положениях. Имеют низкий уровень брызгообразования, самоотделяющийся шлак, отличное сглаживание краев сварного шва и хороший внешний вид.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После термообработки при 650 °С в течение 1 часа	Временное сопротивление разрыву, МПа	655
		Предел текучести, МПа	570
		Относительное удлинение, %	22
		CV, Дж, при температуре –20 °С	130
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,35
	Марганец		0,8
	Сера		0,006
	Фосфор		0,010
	Хром		1,1
	Молибден		0,5

Cromocord 2

Электроды с основным типом покрытия для сварки низколегированной жаростойкой стали типа 2,25Cr Mo. Применяются при сварке паропроводов к турбинам электростанций с температурой пара до 600 °С и при сварке оборудования нефтеперегонных заводов, где велико воздействие водорода и серы при высоких температурах.

Электроды позволяют производить сварку во всех пространственных положениях. Имеют низкий уровень брызгообразования, самоотделяющийся шлак, отличное сглаживание краев сварного шва и хороший внешний вид.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После термообработки при 700 °С в течение 1 часа	Временное сопротивление разрыву, МПа	700
		Предел текучести, МПа	570
		Относительное удлинение, %	18
		CV, Дж, при температуре 0 °С	105
		CV, Дж, при температуре –20 °С	100
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,45
	Марганец		0,95
	Сера		0,008
	Фосфор		0,014
	Хром		2,4
	Молибден		1,1

Cromocord 2 STC

Специальные электроды с основным типом покрытия для сварки оборудования, где не допускается охрупчивание металла. Металл сварного шва аналогичен низколегированной стали 2,25Cr Mo, и имеет высокую чистоту и низкий уровень остаточных элементов. Сварной шов может противостоять охрупчиванию при эксплуатации в диапазоне 370—590 °С.

Электроды Cromocord 2 STC позволяют производить сварку во всех пространственных положениях.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После термообработки при 650 °С в течение 5 часов затем 690 °С в течение 17 часов	Временное сопротивление разрыву, МПа	625
		Предел текучести, МПа	510
		Относительное удлинение, %	23
		CV, Дж, при температуре 0 °С	142
		CV, Дж, при температуре –15 °С	99
	После термообработки при 650 °С в течение 5 часов затем 690 °С в течение 17 часов и ступенчатое охлаждение	Временное сопротивление разрыву, МПа	652
		Предел текучести, МПа	550
		Относительное удлинение, %	24
		CV, Дж, при температуре 0 °С	103
		CV, Дж, при температуре –20 °С	75
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,21
	Марганец		0,73
	Сера		0,005
	Фосфор		0,010
	Хром		2,44
	Молибден		1,0
	Олово		0,002
	Мышьяк		0,005
	Свинец		0,003

Cromocord 5

Электроды с основным типом покрытия для сварки низколегированных жаростойких сталей типа 5Cr 0,5Mo.Широко применяются при сварке паропроводов высокого давления и турбин электростанций при эксплуатации при температуре до 600 °С, при сварке оборудования нефтеперегонных заводов, когда требуется устойчивость против воздействия водорода и серы.

Электроды позволяют производить сварку во всех пространственных положениях. Имеют низкий уровень брызгообразования, самоотделяющийся шлак, отличное сглаживание краев сварного шва и хороший внешний вид.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После термообработки при 740 °С в течение 1 часа	Временное сопротивление разрыву, МПа	655
		Предел текучести, МПа	559
		Относительное удлинение, %	22
		CV, Дж, при температуре 20 °С	124
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,06
	Кремний		0,43
	Марганец		0,95
	Сера		0,009
	Фосфор		0,01
	Хром		5,0
	Молибден		0,5

Cromocord 9

Электроды с основным типом покрытия для сварки низколегированных жаростойких сталей типа 9Cr Mo. Применяются при высоких температуре до 600 °С, когда требуется коррозионностойкость против воздействия пара, горячего водорода и серы.

Электроды позволяют производить сварку во всех пространственных положениях. Имеют низкий уровень брызгообразования, самоотделяющийся шлак, отличное сглаживание краев сварного шва и хороший внешний вид.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После термообработки при 760 °С до 2 часов	Временное сопротивление разрыву, МПа	670
		Предел текучести, МПа	516
		Относительное удлинение, %	24
		CV, Дж, при температуре 20 °С	110
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,07
	Кремний		0,47
	Марганец		0,76
	Сера		0,008
	Фосфор		0,01
	Хром		9,3
	Никель		0,3
	Молибден		1,0

Cromocord 91

Электроды с основным типом покрытия для сварки жаростойких сталей типа 9Cr Mo V Nb N во всех пространственных положениях. Применяются для сварки сталей в энергопроизводящей отрасли. Увеличение жаростойкости достигается добавками азота, ниобия и ванадия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	Снятие напряжения при 760 °С до 2 часов	Временное сопротивление разрыву, МПа	723
		Предел текучести, МПа	579
		Относительное удлинение, %	20
		CV, Дж, при температуре 20 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,095
	Кремний		0,28
	Марганец		0,71
	Сера		0,007
	Фосфор		0,011
	Хром		8,71
	Никель		0,42
	Молибден		1,02
	Ниобий		0,04
	Ванадий		0,22
	Азот		0,04

Cromocord 9M

Электроды с основным типом покрытия для сварки жаростойких сталей типа 9Cr Mo модифицированных добавками азота, ванадия и ниобия, во всех пространственных положениях. Применяются для сварки сталей в энергопроизводящей отрасли. Увеличение жаростойкости достигается добавками азота, ниобия и ванадия.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва, не менее	После термообработки при 70 °С в течение 2 часов	Временное сопротивление разрыву, МПа	710
		Предел текучести, МПа	560
		Относительное удлинение, %	18
		CV, Дж, при температуре 20 °С	70
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод		0,09
	Кремний		0,48
	Марганец		0,95
	Сера		0,007
	Фосфор		0,08
	Хром		8,6
	Молибден		0,94
	Никель		0,05
	Ванадий		0,2
	Ниобий		0,07
	Азот		0,04

7.11. Электроды для атмосферостойких сталей

Применяются для сварки сталей устойчивых к атмосферной коррозии. Применяются при строительстве мостов и аналогичных конструкций из конструкционной стали.

Таблица 7.13. Электроды для атмосферостойких сталей

Наименование	Классификация по:		Диаметр, мм	Род сварочного тока, напряжение холостого хода трансформатора, В	Положение сварки	Применение
	EN 499	AWS A5.5				
Tencord Ti	E 42 OZ RR 12	–	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки сталей стойких к атмосферной коррозии и содержащих добавки никеля и меди
Tencord Kb	E 42 4Z B 42	E7018-G	2,5; 3,2; 4,0; 5,0	~, =/+/, 70		Применяются для сварки сталей более стойких к атмосферной коррозии и содержащих добавки никеля и меди

7.11.1. Характеристики электродов для атмосферостойких сталей

Tencord Ti

Электроды с рутиловым покрытием для сварки низколегированных сталей стойких к атмосферной коррозии. Металл сварного шва представляет собой низколегированную сталь с небольшим содержанием никеля и марганца. Такая сталь более стойкая к атмосферной коррозии чем стандартная углеродисто-марганцевая.

Электроды Tencord Ti предназначены для сварки во всех пространственных положениях. Имеют очень хорошую работоспособность, низкий уровень брызгообразования и весьма легкое удаление шлака.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва при многопроходной сварке, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	560
	Предел текучести, МПа	520
	Относительное удлинение, %	23
	CV, Дж, при температуре 0 °C	65
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,07
	Кремний	0,40
	Марганец	0,5
	Сера	0,012
	Фосфор	0,025
	Никель	0,8
	Медь	0,45

Tencord Kb

Электроды с основным типом покрытия для сварки низколегированных стойких к атмосферной коррозии сталей. Металл сварного шва представляет собой низколегированную сталь с небольшим содержанием никеля и марганца. Такая сталь более стойкая к атмосферной коррозии чем стандартная углеродисто-марганцевая.

Электроды Tencord Kb предназначены для сварки во всех пространственных положениях, имеют хорошую сварочную характеристику, легкое управление сварочной ванной, низкий уровень брызгообразования и легкое удаление шлака.

Основные характеристики металла шва и наплавленного металла:

Механические свойства металла шва при многопроходной сварке, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	560
	Предел текучести, МПа	520
	Относительное удлинение, %	23
	CV, Дж, при температуре –20 °C	190
Химический состав наплавленного металла, %	Углерод	0,06
	Кремний	0,33
	Марганец	1,06
	Сера	0,008
	Фосфор	0,008
	Никель	0,85
	Медь	0,50

8. Источники сварочного тока

8.1. Единая система обозначения и классификации источников

Единая система обозначения изделий электротехнической промышленности, распространяемая и на источники, содержит в себе элементы классификации.

Источники сварочного тока классифицируются:

- по типу (первая буква в обозначении):
  - — трансформатор (Т);
  - — генератор (Г);
  - — преобразователь (П);
  - — агрегат (А);
  - — выпрямитель (В);
  - — специализированный источник — установка (У);
- по виду сварки (вторая буква):
  - — для дуговой (Д) сварки;
  - — для плазменной (П) сварки;
- по способу сварки:
  - — в защитных газах (Г);
  - — под флюсом (Ф);
  - — универсальный (У);
  - — покрытыми электродами (без обозначения);
- по виду внешней характеристики:
  - — жесткая (Ж);
  - — падающая (П);
- по количеству обслуживаемых постов:
  - — многопостовой (М);
  - — однопостовой (без обозначения);
- по величине номинального тока (одна или две первые цифры означают округленную величину тока в десятках или сотнях ампер);
- по климатическому исполнению (последняя буква):
  - — для стран с холодным климатом (ХЛ);
  - — с умеренным климатом (У);
  - — с тропическим климатом (Т);
- по категории размещения (последняя цифра):
  - — для работы на открытом воздухе (1);
  - — под навесом (2);
  - — в неотапливаемом помещении (3);
  - — в отапливаемом помещении (4).

Источники могут также классифицироваться по принципу действия и конструктивному исполнению.

8.2. Вольт-амперные характеристики

Одной из основных характеристик сварочного процесса является статическая вольт-амперная характеристика сварочной дуги, отражающая связь между напряжением и силой тока сварочной дуги. Вследствие особенностей ионизации атомов металла в столбе дуги характеристика самой дуги состоит из трех участков — падающего, статического и возрастающего. Статическая вольт-амперная характеристика сварочной дуги показана на рис. 8.1.

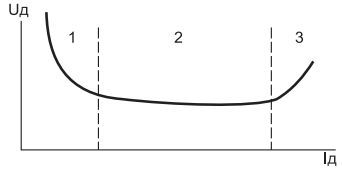


Рис. 8.1. Статическая вольт-амперная характеристика сварочной дуги

Для стабильного горения дуги требуется равенство между напряжениями и токами дуги ($U_д$ и $I_д$) и источника питания ($U_{ИП}$ и $I_{ИП}$). Такое равенство возможно в случае, когда точки пересечения вольт-амперных характеристик дуги и источника питания являются точками устойчивого горения дуги, как показано на рис. 8.2.

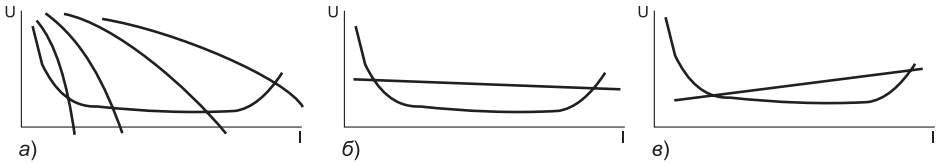


Рис. 8.2. Вольт-амперные характеристики источников питания:
а — падающие ВАХ; *б* — жесткая ВАХ; *в* — возрастающая

Ручную дуговую сварку (метод ММА) ведут на токе малой плотности (отношение силы тока к диаметру электрода). При этом из-за колебания длины дуги меняется напряжение дуги, и ее вольт-амперная характеристика имеет падающую форму (зона *1* на рис. 8.1). Поэтому для ручной дуговой сварки в основном применяют источники питания с падающей вольт-амперной характеристикой, имеющей очень большой угол наклона к оси тока (крутопадающая характеристика). Такая вольт-амперная характеристика обеспечивает отсутствие колебаний тока при изменении напряжения дуги.

При полуавтоматической сварке методом MIG/MAG дуга горит на стабильном участке вольт-амперной характеристики (зона *2* на рис. 8.1), поэтому источник питания для такого метода сварки должен иметь жесткую или пологопадающую вольт-амперную характеристику.

Источник питания с возрастающей характеристикой применяют, в основном, для автоматической сварки под флюсом и для наплавки.

Источники питания для сварки выбирают по их внешней статической характеристике. В зависимости от конструкции источников питания внешние характеристики (зависимость между силой тока и напряжением) могут быть (рис. 8.3) крутопадающими *1*, пологопадающими *2*, жесткими *3* и возрастающими *4*. Чтобы дуга была устойчивой, ее статическая характеристика должна соответствовать внешней статической характеристике источника тока. При ручной сварке напря-

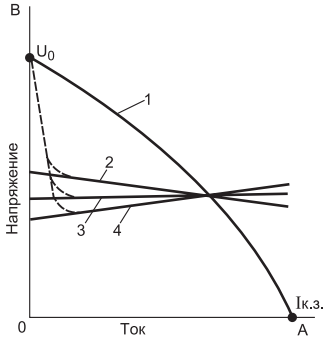


Рис. 8.3. Внешние характеристики источников питания:
1 — крутопадающая; *2* — пологопадающая; *3* — жесткая; *4* — пологовозрастающая

жение дуги не зависит от сварочного тока (остается постоянным), т. е. характеристика дуги жесткая.

Источник питания для ручной сварки должен быть с крутопадающей внешней характеристикой, так как в этом случае достигается устойчивое горение дуги при различной ее длине, что очень важно при ручном перемещении электрода.

На рис. 8.4 пунктиром нанесены характеристики длинной дуги *3* и короткой *4*. Пересечение их с крутопадающей внешней характеристикой *1* источника тока в точках *A* и *B* определяет значение сварочного тока. Из рисунка видно, что переход с характеристики *3* на характеристику *4*, т. е. изменение сварщиком длины дуги, почти не изменяет силу тока дуги. Падающая характеристика получается при условии:

$$U = U_0 - R_э I,$$

где: U — напряжение на клеммах источника питания, В; U_0 — напряжение холостого хода, В; I — сила тока дуги, А; $R_э$ — полное эквивалентное сопротивление источника или схемы питания, Ом.

Напряжение холостого хода при падающей внешней характеристике всегда выше рабочего напряжения дуги, поэтому облегчается ее возбуждение. При характеристиках *2*, *3* и *4* источник тока должен иметь повышенное напряжение холостого хода U_0 (как показано пунктиром на рисунке), чтобы облегчить возбуждение дуги.

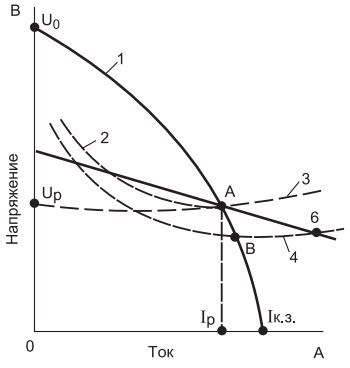


Рис. 8.4. Связь вольт-амперной характеристики сварочной дуги с внешними характеристиками источников питания: *1* — крутопадающая; *2* — возрастающая; *3* — длинная дуга; *4* — короткая дуга

В зависимости от вида сварочных работ, качества и размеров электродов выбирают различную силу тока дуги, поэтому в источниках питания предусмотрены регулировки, позволяющие получать различные режимы работы.

8.2.1. Эффективность используемой энергии

Тщательный выбор сварочного источника питания может снизить расход потребляемой энергии (рис. 8.5), поскольку источники питания имеют различные КПД.

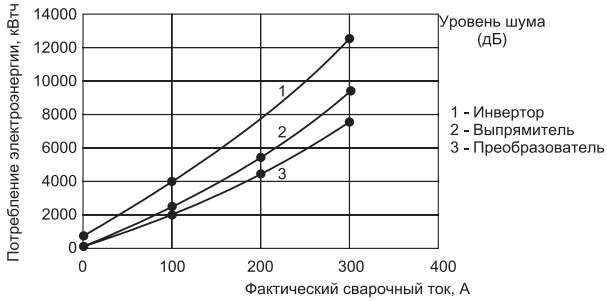


Рис. 8.5 Годовое потребление электроэнергии при КПД дуги 35% в зависимости от сварочного тока для инвертора, выпрямителя и преобразователя с электрическим КПД соответственно $\eta = 0{,}85$; 0,75 и 0,55.

Потери холостого хода составляют порядка 1 кВт для преобразователя, 300—400 Вт для выпрямителя и 50 Вт для инвертора.

8.3. Источники питания для дуговой сварки

8.3.1. Сварочные трансформаторы

Одной из особенностей сварочной дуги переменного тока является периодическое изменение тока и напряжения источника питания. Дуга периодически гаснет, при переходе кривой тока через нулевые значения. Внешне это проявляется резким звуком горящей дуги и повышенным разбрызгиванием жидкого металла. Все сварочные трансформаторы являются трансформаторами напряжения. Вольт-амперные характеристики трансформаторов, применяемых для ручной дуговой сварки, являются крутопадающими. Для повышения стабильности горения дуги увеличивают индуктивное сопротивление цепи дуги, для чего в цепь вторичной обмотки трансформатора обычно включают дополнительную реактивную катушку.

Наиболее распространенными являются трансформаторы с так называемым увеличенным магнитным рассеянием. В этих трансформаторах катушки обмоток разнесены по стержню магнитопровода. При работе трансформатора часть магнитных потоков замыкается в воздухе вне магнитопровода и рассеивается, что и дало название этим аппаратам. Регулировка тока в таких трансформаторах осуществляется изменением магнитных потоков путем раздвижения катушек обмоток по высоте магнитопровода (отечественные трансформаторы серии ТД) или введением в окно магнитопровода подвижных шунтов из магнитного материала (трансформаторы серии ТДМ). В более мощных трансформаторах, применяемых для автоматической и электрошлаковой сварки, используют регулировку магнитными шунтами — специальными дросселями, размещенными в окне магнитопровода и управляемыми током низкого напряжения (трансформаторы ТДФ). Трансформа-

торы с увеличенным магнитным рассеянием имеют, как правило, падающую или крутопадающую вольт-амперную характеристику.

Другой, менее распространенный тип сварочных трансформаторов — трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием. В этих аппаратах катушки первичной и вторичной обмоток располагаются концентрично на замкнутом магнитопроводе стержневого типа, поэтому рассеяние магнитных потоков практически отсутствует. Благодаря этому вольт-амперная характеристика получается полого-падающей или жесткой. Регулировка таких трансформаторов осуществляется введением в цепь вторичной обмотки дополнительной индуктивности, за счет которой и происходит настройка тока. В зависимости от расположения дополнительной индуктивности различают трансформаторы с совмещенной и с раздельной реактивной катушкой.

Для сварочных трансформаторов, входящих в состав специализированных источников питания используются схемы с так называемым дросселем насыщения. В такой схеме реактивная катушка собирается из нескольких обмоток на двухоконном магнитопроводе броневого типа. Витки реактивной катушки намотаны на крайних стержнях магнитопровода, а на среднем стержне намотана управляемая обмотка, питаемая постоянным током, называемым током намагничивания. Регулируя ток намагничивания, можно изменять в широких пределах ток во вторичном контуре трансформатора, т. е. ток сварки.

Отдельную группу составляют мощные промышленные трансформаторы с регулировкой тока посредством тиристорного ключа, подключенного во вторичном контуре. Примером такого оборудования могут служить трансформаторы серии ТДФЖ с жесткой вольт-амперной характеристикой, применяемые для автоматической сварки под флюсом.

8.3.2. Трансформатор сварочный для ручной дуговой справки ТДМ-22 (малогабаритный переносной)

Предназначен для ручной дуговой сварки и резки черных металлов с механическим регулированием сварочного тока от 80 до 220 А. Работает от сети однофазного переменного тока с напряжением от 180 до 240 В.

Регулирование сварочного тока осуществляется путем подключения электрододержателя к соответствующему выходу трансформатора: 80 А, 100 А, 120 А, 140 А, 160 А, 180 А, 200 А, 220 А, что позволит даже неопытному сварщику осуществить правильный выбор величины сварочного тока и соответствующего электрода, диаметром от 2 до 5 мм.

Трансформатор отличается простотой конструкции, малыми габаритами и весом, высокой надежностью и удобством в работе.

Техническая характеристика:

Напряжение сети частотой 50 Гц, В	180–240
Пределы ступенчатого регулирования сварочного тока, А	80–220
Продолжительность нагрузки при номинальном сварочном токе, ПВ	20%
Напряжение холостого хода, В	58
Ток холостого хода, А	0,5
Потребляемая мощность, кВА	9,0
Охлаждение	Принудительное (внутренний вентилятор)
Габаритные размеры, мм	380×300×220
Масса, кг	25

8.3.3. Сварочный трансформатор ТДС-140

Предназначен для ручной дуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной от 1 мм электродами диаметром 2—4 мм от однофазной сети с напряжением 220 В.

Трансформатор отличается простотой конструкции, малыми габаритами и весом, высокой надежностью и удобством в работе.

Регулирование осуществляется путем подключения электрододержателя к соответствующему выходу трансформатора: 80 А (диаметр электрода 2 мм), 120 А (диаметр электрода 3 мм), 140 А (диаметр электрода 4 мм).

В начале работы (с холодного состояния) допускается сварка на максимальном токе в течении первых 15—20 мин с продолжительностью нагрузки ПВ = 100% с последующим переходом на рекомендуемый режим по технической характеристике.

Техническая характеристика:

Напряжение сети частотой 50 Гц, В	220
Сварочный ток, А	140
Продолжительность нагрузки, ПВ	20%
Напряжение холостого хода, В	65
Потребляемая мощность, кВА	9,1
Охлаждение	Естественное
Габаритные размеры, мм	380×210×381
Масса, кг	22

8.3.4. Сварочный трансформатор ТДС-125

Предназначен для ручной дуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной от 1 мм электродами диаметром 2—3 мм.

Трансформатор работает от однофазной сети переменного тока с напряжением 220 В, отличается простотой конструкции, малыми габаритами и весом, высокой надежностью и удобством в работе.

Регулирование осуществляется путем подключения электрододержателя к соответствующему выходу трансформатора: 80 А (диаметр электрода 2 мм), 125 А (диаметр электрода 3 мм).

При начале работы с холодного состояния допускается сварка на максимальном токе в течении первых 15—20 мин с продолжительностью нагрузки ПВ = 100% с последующим переходом на рекомендуемый режим по технической характеристике.

Техническая характеристика:

Параметры	1 ступень	2 ступень
Напряжение сети частотой 50 Гц, В	220	220
Сварочный ток, А	80	125
Продолжительность нагрузки, ПВ	50%	20%
Напряжение холостого хода, В	69	63
Потребляемая мощность, кВА	5,5	7,9
Охлаждение	Естественное	Естественное
Габаритные размеры, мм	316×231×350	
Масса, кг	19	

8.3.5. Малогабаритный сварочный трансформатор МСТ

Малогабаритные переносные трансформаторы МСТ-140 и МСТ-125 предназначены для ручной дуговой сварки конструкций из углеродистых сталей. Питание трансформаторов возможно от однофазной сети переменного тока напряжением 220 В ± 10%, частотой 50 Гц ± 2%. Трансформатор имеет световую индикацию контроля нагрева обмоток.

Техническая характеристика:

Наименование параметров	МСТ-125	МСТ-140
Значение ступеней регулирования сварки, А	60, 80, 125	60, 85, 100, 125, 140
Потребляемая мощность, кВт	3,20	3,25
Номинальный режим ПВ, %	35	
Напряжение холостого хода, В	Не более 55	Не более 56
Габаритные размеры, мм	430×180×270	
Масса, кг	21	

8.2.6. Трансформатор сварочный ТДМ-25

Трансформатор сварочный ТДМ-25У2 предназначен для питания одного сварочного поста при ручной дуговой сварке металлов переменным током.

Техническая характеристика:

Номинальное напряжение питающей сети, В	380 или 220
Номинальный сварочный ток, А	250
Номинальный режим работы, ПВ, при цикле сварки 5 мин, %	30
Напряжение холостого хода, В	60
Номинальное рабочее напряжение, В	30
Пределы регулирования сварочного тока, А	100–250
Габариты, мм	500×300×450
Масса, кг	50

Рис. 8.6. Трансформатор сварочный ТДМ-25

8.3.7. Трансформатор сварочный ТДМ

Сварочный трансформатор ТДМ предназначен для питания одного поста переменным током при ручной дуговой сварке, резке и наплавке металлов покрытыми металлическими электродами.

Рис. 8.7. Трансформатор сварочный ТДМ

Техническая характеристика:

Наименование параметров	ТДМ 252У2	ТДМ 303У2	ТДМ 403У2	ТДМ 503У2	ТДМ 602У2
Напряжение питания, В	220/380	220/380	220/380	380	380
Количество фаз	1	1	1	1	1
Номинальный сварочный ток, А	250	315	400	500	600
Номинально рабочее напряжение, В	30	33	36	40	44
Номинальный режим работы, ПВ, %	40	60	60	60	60
Пределы регулирования сварочного тока, А	50–250	60–315	80–400	100–500	120–600
Напряжение холостого хода, не менее/не более, В	40/50	50/60	60/70	60/70	70/80
Частота, Гц	50	50	50	50	50
Максимально потребляемый ток при 220/380 В, А	70/40	90/50	130/75	–/90	–/120
Габариты, мм	260×400×430	350×450×430	390×480×470	390×480×490	440×440×500
Масса, кг	40	58	86	104	150

8.3.8. Трансформатор сварочный ТДМ-140

Малогабаритный однофазный сварочный трансформатор типа ТДМ-140 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами с рутиловым покрытием на переменном токе малоуглеродистых и низколегированных сталей. Регулировка сварочного тока обеспечивается механическим ручным перемещением магнитного шунта вертикального исполнения.

Трансформатор имеет:

- плавную регулировку сварочного тока;

Рис. 8.8. Трансформатор сварочный ТДМ-140

- защиту от тепловой перегрузки;
- легкое зажигание и устойчивое горение дуги;
- медные обмотки трансформатора;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- естественное охлаждение;
- соответствие международному стандарту ИСО9001.

Техническая характеристик:а

Напряжение питающей сети, В	1×220
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ,%)	125 (15)
Максимальный сварочный ток, А	140
Минимальный сварочный ток, А	40
Напряжение холостого хода, В	Не более 50
Потребляемая мощность, кВА	Не более 7,5
Масса, кг	28
Габаритные размеры, мм	270×240×420

8.3.9. Трансформатор сварочный ТДМ-169

Малогабаритный сварочный трансформатор ТДМ-169 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на переменном токе малоуглеродистых и низколегированных сталей. Регулировка сварочного тока обеспечивается механическим ручным перемещением магнитного шунта горизонтального исполнения. Механизм такого шунтового регулирования резко уменьшает время необходимое на смену режима сварки.

Трансформатор имеет:

- плавную регулировку сварочного тока в одном диапазоне;
- медные обмотки трансформатора;
- изоляцию Du Pont;
- неподвижные обмотки;
- естественное охлаждение.

Рис. 8.9. Трансформатор сварочный ТДМ-169

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	1×220
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А	160
Максимальный сварочный ток, А	160
Минимальный сварочный ток, А	50
Номинальное рабочее напряжение, В	26
Режим работы, ПВ, %	20
Номинальный первичный ток, А	50
Напряжение холостого хода, В	Не более 63
Масса, кг	30
Габаритные размеры, мм	330×160×300

8.3.10. Трансформатор сварочный ТДМ-180

Рис. 8.10. Трансформатор сварочный ТДМ-180

Сварочный трансформатор ТДМ-180 имеет три модификации по способу подключения к сети переменного тока и предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на переменном токе малоуглеродистых и низколегированных сталей. Регулировка сварочного тока обеспечивается механическим ручным перемещением магнитного шунта вертикального исполнения.

Трансформатор имеет:

- плавную регулировку сварочного тока;
- защиту от тепловой перегрузки;
- легкое зажигание и устойчивое горение дуги;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- медные обмотки трансформатора;
- принудительное охлаждение;
- соответствие международному стандарту ИСО9001.

Техническая характеристика:

Наименование параметров	ТДМ-180	ТДМ-180	ТДМ-180
Напряжение питающей сети, В	1×220/2×380	2×380	1×220
Частота питающей сети, Гц	50	50	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	180(20)	180(20)	180(20)
Максимальный сварочный ток, А	180	180	180
Минимальный сварочный ток, А	38	38	38
Напряжение холостого хода, В	Не более 70	Не более 70	Не более 70
Потребляемая мощность, кВА	Не более 13	Не более 10,5	Не более 13
Масса, кг	45	45	45
Габаритные размеры, мм	360×360×930	360×360×930	360×360×930

8.3.11. Трансформатор сварочный ТДМ-250

Сварочный трансформатор ТДМ-250 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на переменном токе малоуглеродистых и низколегированных сталей. Регулировка сварочного тока обеспечивается механическим ручным перемещением магнитного шунта вертикального исполнения.

8.3.12. Переносной сварочный трансформатор ТСМ-250.

Сварочный трансформатор предназначен для ручной дуговой сварки при монтажных и ремонтных работах. Трансформатор однофазный переносной в однокорпусном исполнении. Благодаря развитому магнитному рассеянию, внешняя характеристика трансформатора крутопадающая. Обмотки выполнены из алюминиевого провода. Регулирование сварочного тока ступенчато-плавное. Имеется четыре ступени регулирования тока сварки, получаемые при согласном или встречном включении двух дополнительных обмоток со вторичной обмоткой. При согласном включении ЭДС дополнительных обмоток складывается с ЭДС вторичной обмотки и сила тока увеличивается, при встречном уменьшается.

Рис. 8.11. Трансформатор сварочный ТДМ-250

Плавная регулировка тока производится путем наматывания в одну или другую сторону сварочного кабеля вокруг кожуха трансформатора.

Трансформатор прост и удобен в эксплуатации.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	1×380
Номинальный сварочный ток, А	250 (ПВ = 20%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	92–250
Напряжение холостого хода, В	60
Номинальная мощность, кВА	16
Габаритные размеры, мм	418×360×400
Масса, кг	33

8.3.13. Малогабаритный сварочный трансформатор СТШ-250

Однофазный трансформатор СТШ-250 предназначен для выполнения разнообразных работ при ручной дуговой сварке. Используется главным образом в небольшом производстве, а именно:

- монтаж металлоконструкций;
- наплавка изношенных деталей;
- ремонтные работы;
- работы в авторемонтных мастерских и мелких цехах.

Трансформатор поддерживает устойчивое и стабильное горение дуги, позволяет сваривать покрытыми электродами детали из малоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной от 1,0 мм. После несложной модернизации можно сваривать алюминий и нержавеющие стали.

Трансформатор обеспечивает плавное регулирование сварочного тока в одном диапазоне.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	1×220 или 2×380
Номинальный сварочный ток, А	250 (ПВ = 20%)
	180 (ПВ = 50%)
	110 (ПВ = 100%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	65–260
Напряжение холостого хода, В	65
Номинальная мощность, кВА	16,3
Габаритные размеры, мм	420×270×425
Масса, кг	44

8.3.14. Сварочный трансформатор СТШ-500

Однопостовой сварочный трансформатор предназначен для ручной и автоматической дуговой сварки, резки и наплавки.

Трансформатор однофазный, в однокорпусном исполнении, с развитым магнитным рассеянием, регулируемым подвижными магнитными шунтами. Внешняя

характеристика трансформатора падающая. Обмотки алюминиевые. Регулирование сварочного тока плавное во всем диапазоне.

Трансформатор поддерживает устойчивое и стабильное горение дуги, позволяет сваривать покрытыми электродами детали из малоуглеродистых и низколегированных сталей. По желанию пользователя после несложной модернизации можно сваривать алюминий и нержавеющие стали. Источник питания удобен для использования в любых условиях от цеха до строительной площадки.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	220, 380
Номинальный сварочный ток, А	650 (ПВ=35%)
	500 (ПВ=60%)
	387 (ПВ=100%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	145–650
Напряжение холостого хода, В	60
Номинальная мощность, кВА	33
Габаритные размеры, мм	670×666×753
Масса, кг	220

8.3.15. Малогабаритный сварочный трансформатор ТДМ-121

Сварочный трансформатор предназначен для ручной дуговой сварки штучным электродом диаметром 2—3 мм на переменном токе. Используется главным образом в небольшом производстве, а именно:

- в ремонтных мастерских;
- в гаражах;
- в строительстве;
- в приусадебном хозяйстве;
- на предприятиях агропрома;
- на заготовительных технологиях.

ТДМ — компактная сварочная установка, в которой есть все необходимое для сиюминутной сварки. Ее можно взять с собой всюду, где требуется сваривать низкоуглеродистую сталь, толщиной от 1 до 4 мм за один проход.

Аппарат безопасен, надежен, удобен в обращении и перемещении, работает от однофазной сети 220 В. Для сварки достаточно включить трансформатор и установить лишь один параметр — сварочный ток. Прочная «железная» механика и полное отсутствие электроники делают его долговечным и безотказным в работе.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	220
Номинальный сварочный ток, А	125 (ПВ=20%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	40–140
Напряжение холостого хода, В	49
Номинальная мощность, кВА	7,5
Габаритные размеры, мм	185×270×430
Масса, кг	25

8.3.16. Сварочный трансформатор ТДМ-317

Сварочный трансформатор с электромеханическим регулированием предназначен для питания одного сварочного поста при ручной дуговой сварке переменным током штучными электродами, резке и наплавке металлов в районах с умеренным климатом.

Может применяться для:

- строительства металлоконструкций;
- наплавки новых или изношенных деталей;
- ремонтных работ;
- очень удобен для авторемонтных мастерских и мелких цехов.

Трансформатор имеет два диапазона плавного регулирования тока.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В		220, 380
Номинальный сварочный ток, А		315 (ПВ=60%)
Пределы регулирования сварочного тока, А		60–360
Напряжение холостого хода, В	в диапазоне больших токов	62
	в диапазоне малых токов	80
Номинальная первичная мощность, кВА		21
Габаритные размеры, мм		555×585×818
Масса, кг		130

8.3.17. Сварочный трансформатор ТДМ-403

Трансформатор сварочный предназначен для ручной дуговой сварки штучным плавящимся электродом диаметром 2—6 мм на переменном токе малоуглеродистых и низколегированных сталей.

Трансформатор применяется при сварке и резке конструкций из листового и другого прокатного металла широкого диапазона толщин в любых стационарных и монтажных условиях (строительстве, ремонтных работах, при переработке вторичных ресурсов и т. п.).

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	2×380
Номинальный сварочный ток, А	400 (ПВ=60%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	80–420
Напряжение холостого хода, В, не более	70
Потребляемая мощность, кВА, не более	28
Номинальное рабочее напряжение, В	36
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	22–36
Диаметр электрода, мм	2–6
Габаритные размеры, мм	650×550×750
Масса, кг	150

8.3.18. Сварочный трансформатор ТДК-315

Сварочный трансформатор предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, рассчитанными как на переменный, так и на постоянный ток, а также для аргонно-дуговой сварки переменным током неплавящимся электродом алюминия и его сплавов, где допускается начальный поджиг дуги контактным способом.

Источник питания находит широкое применение на строительно-монтажных площадках, в ремонтных мастерских, гаражах, на предприятиях ремонта сельхозтехники.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	380
Номинальный сварочный ток, А	315 (ПВ=20%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	100–340
Напряжение холостого хода, В	45
Номинальная мощность, кВА	14
Частота следования стабилизирующих импульсов, Гц	200
Время отключения ИСГД на холостом ходу сварочного трансформатора, с	2
Габаритные размеры, мм	420×350×470
Масса, кг	55

8.3.19. Трансформатор сварочный ТДМ-259

Трансформатор сварочный ТДМ-259 имеет три модификации по способу подключения к сети переменного тока и предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами малоуглеродистых и низколегированных сталей. Трансформатор имеет конструкцию регулирования сварочного тока на основе клинового магнитного шунта горизонтального исполнения. Механизм такого шунтового регулирования резко уменьшает время необходимое на смену режима сварки.

Рис. 8.12. Трансформатор сварочный ТДМ-259

Трансформатор имеет:
- плавную регулировку сварочного тока в одном диапазоне;
- медные обмотки трансформатора;
- изоляцию Du Pont;
- неподвижные обмотки;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Наименование параметров	ТДМ-259	ТДМ-259	ТДМ-259
Напряжение питающей сети, В	1×220	3×380	1×220/3×380
Частота питающей сети, Гц	50	50	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	250 (40)	250 (40)	250 (40)
Максимальный сварочный ток, А	250	250	250
Минимальный сварочный ток, А	40	40	40
Номинальное рабочее напряжение, В	30	30	30
Номинальный первичный ток, А	48	48	48
Потребляемая мощность, кВА	Не более 18	Не более 18	Не более 18
Масса, кг	55	55	55
Габаритные размеры, мм	610×320×455	610×320×455	610×320×455

8.3.20. Трансформатор сварочный ТДМ-300

Трехфазный сварочный трансформатор ТДМ-300 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на переменном токе малоуглеродистых и низколегированных сталей. Трансформатор имеет конструкцию на основе клинового магнитного шунта горизонтального исполнения. Механизм такого шунтового регулирования резко уменьшает время необходимое на смену режима сварки.

Рис. 8.13. Трансформатор сварочный ТДМ-300

Трансформатор ТДМ-300 имеет:

- плавную регулировку сварочного тока в одном диапазоне;
- медные обмотки трансформатора (изоляция Du Pont);
- неподвижные обмотки;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	300
Максимальный сварочный ток, А	350
Минимальный сварочный ток, А	30
Режим работы, ПВ, %	60
Номинальное рабочее напряжение, В	30
Номинальный первичный ток, А	60
Потребляемая мощность, кВА	Не более 22
Масса, кг	55
Габаритные размеры	610×320×455

8.3.21. Трансформатор сварочный ТДМ-315

Сварочный трансформатор ТДМ-315 подключается к двум фазам трехфазной сети и предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на переменном токе малоуглеродистых и низколегированных сталей. Регулировка сварочного тока обеспечивается механическим ручным перемещением магнитного шунта вертикального исполнения.

Рис. 8.14. Трансформатор сварочный ТДМ-315

Трансформатор имеет:
- плавную регулировку сварочного тока в пределах двух ступеней переключения;
- защиту от тепловой перегрузки;
- легкое зажигание и устойчивое горение дуги;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- медные обмотки трансформатора;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В		2×380
Частота питающей сети, Гц		50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)		315 (20)
Максимальный сварочный ток, А		325
Минимальный сварочный ток, А		50
Плавная регулировка сварочного тока, А	1-я ступень	50–180
	2-я ступень	150–325
Напряжение холостого хода, В		Не более 75
Потребляемая мощность, кВА		Не более 23
Масса, кг		60
Габаритные размеры, мм		360×360×930

8.3.22. Трансформатор сварочный ТДМ-403

Сварочный трансформатор ТДМ-403 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на переменном токе малоуглеродистых и низколегированных сталей. Регулировка сварочного тока обеспечивается механическим ручным перемещением магнитного шунта горизонтального исполнения.

Рис. 8.15. Трансформатор сварочный ТДМ-403

Трансформатор имеет:
- плавную регулировку сварочного тока в пределах одной ступени переключения;
- защиту от тепловой перегрузки;
- легкое зажигание и устойчивое горение дуги;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- естественное охлаждение;
- соответствие международному стандарту ИСО9001.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	2×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	400 (60)
Максимальный сварочный ток, А	420
Минимальный сварочный ток, А	80
Напряжение холостого хода, В	Не более 65
Потребляемая мощность, кВА	Не более 28
Масса, кг	150
Габаритные размеры, мм	620×520×770

8.3.23. Трансформатор сварочный ТДМ-411

Сварочный трансформатор ТДМ-411 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на переменном токе малоуглеродистых и низколегированных сталей. Регулировка сварочного тока обеспечивается механическим ручным перемещением магнитного шунта вертикального исполнения.

Рис. 8.16. Трансформатор сварочный ТДМ-411

Трансформатор имеет:
- плавную регулировку сварочного тока в пределах двух ступеней переключения;
- защиту от тепловой перегрузки;
- легкое зажигание и устойчивое горение дуги;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- медные обмотки трансформатора;
- принудительное охлаждение;
- соответствие международному стандарту ИСО9001.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В		2×380
Частота питающей сети, Гц		50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)		400 (10)
Максимальный сварочный ток, А		400
Минимальный сварочный ток, А		40
Плавная регулировка сварочного тока, А	1-я ступень	40–220
	2-я ступень	140–400
Напряжение холостого хода, В		Не более 80
Потребляемая мощность, кВА		Не более 35
Масса, кг		80
Габаритные размеры, мм		360×360×1120

8.3.24. Трансформатор сварочный ТДМ-505

Рис. 8.17. Трансформатор сварочный ТДМ-505

Сварочный трансформатор ТДМ-505 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на переменном токе малоуглеродистых и низколегированных сталей. Регулировка сварочного тока обеспечивается механическим ручным перемещением магнитного шунта горизонтального исполнения.

Трансформатор имеет:

- плавную регулировку сварочного тока в пределах двух ступеней переключения;
- защиту от тепловой перегрузки;
- легкое зажигание и устойчивое горение дуги;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- естественное охлаждение;
- соответствие международному стандарту ИСО9001.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В		2×380
Частота питающей сети, Гц		50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)		500 (60)
Максимальный сварочный ток, А		530
Минимальный сварочный ток, А		40
Плавная регулировка сварочного тока, А	1-я ступень	40–320
	2-я ступень	100–530
Напряжение холостого хода, В		Не более 75
Потребляемая мощность, кВА		Не более 40
Масса, кг		180
Габаритные размеры, мм		640×530×830

8.3.25. Сварочный трансформатор ТДФЖ-1002

Трансформатор ТДФЖ-1002 однофазный однопостовой предназначен для автоматической дуговой сварки сталей под флюсом переменным током частотой 50 Гц, может использоваться при одно- и многодуговых сварочных процессах.

Источник тока с тиристорным регулированием, с жесткими (полого-падающими) внешними характеристиками.

Параллельность внешних характеристик позволяет ориентировочно установить рабочее напряжение на холостом ходу трансформатора. Полный диапазон регулирования разбит на две ступени. При выборе диапазона сварочного тока следует отдавать предпочтение наименьшему диапазону, обеспечивающему заданный режим сварки. Жесткость внешних характеристик обеспечивает поддержание постоянного напряжения дуги.

Трансформатор может использоваться и не по прямому назначению, например, для питания муфельных печей, для термообработки и пр.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	380
Номинальный сварочный ток, А	1000 (ПВ=100%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	300–1200
Напряжение холостого хода, В, не более	120
Номинальная первичная мощность, кВА	125
Габаритные размеры, мм	1370×760×1220
Масса, кг	550

8.3.26. Сварочный трансформатор ТДФЖ-2002

Трансформатор однофазный однопостовой предназначен для автоматической дуговой сварки сталей под флюсом переменным током частотой 50 Гц, может использоваться при одно- и многодуговых сварочных процессах.

Источник тока с тиристорным регулированием, с жесткими (полого-падающими) внешними характеристиками.

Параллельность внешних характеристик позволяет ориентировочно установить рабочее напряжение на холостом ходу трансформатора. Полный диапазон регулирования разбит на три ступени, причем третья ступень регулирования в трансформаторе обеспечивает возможность сварки при больших падениях напряжения в сварочных проводах. При выборе диапазона сварочного тока следует отдавать предпочтение наименьшему диапазону, обеспечивающему заданный режим сварки. Жесткость внешних характеристик обеспечивает поддержание постоянного напряжения дуги.

Трансформатор может использоваться и не по своему прямому назначению, например, для питания муфельных печей, для термообработки и пр.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	380
Номинальный сварочный ток, А	2000 (ПВ=100%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	600–2200
Напряжение холостого хода, В, не более	120
Номинальная первичная мощность, кВА	240
Габаритные размеры, мм	1370×760×1220
Масса, кг	850

8.3.27. Сварочный трансформатор СТШ-250СГД

Предназначен для ручной электродуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной от 1 мм электродами диаметром 2—5 мм.

Трансформатор широко применяется при выполнении сварочных ремонтно-монтажных работ на промышленных предприятиях, стройках, фермах, в автохозяйствах, коммунальных предприятиях, при строительстве дачных домиков.

Плавное регулирование сварочного тока осуществляется перемещением магнитного шунта.

В начале работы с холодного состояния допускается сварка на максимальном токе в течении первых 15—20 мин с продолжительностью нагрузки ПВ=100% с последующим переходом на режим рекомендуемый по технической характеристике.

Установленный в трансформаторе блок стабилизации горения дуги СГД позволяет за счет стабилизирующих импульсов (до 600 В, 100 Гц) производить сварку на переменном токе электродами с основным покрытием всех типов (АНО, УОНИ и т. д.) а также аргонодуговую сварку любых металлов (алюминий, медь, нержавеющая сталь, чугун и т. д.), в тех случаях, когда допускается начальный поджиг дуги контактным способом.

Техническая характеристика:

Напряжение сети частотой 50 Гц, В	220 или 380
Номинальный сварочный ток, А	140
Продолжительность нагрузки, ПВ	20%
Напряжение холостого хода, В	65
Номинальное рабочее напряжение, В	30
Пределы регулирования сварочного тока, А	70–260
Потребляемая мощность, кВА	16,3
Охлаждение	Естественное
Габаритные размеры, мм	424×275×425
Масса, кг	51

8.3.28. Сварочный трансформатор СТШ-252СГД

Предназначен для ручной электродуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной от 1 мм электродами диаметром 2—5 мм.

Установленный в трансформаторе блок стабилизации горения дуги СГД позволяет за счет стабилизирующих импульсов (до 600 В, 100 Гц.) производить сварку на переменном токе электродами с основным покрытием всех типов (АНО, УОНИ и т. д.) а также аргонодуговую сварку любых металлов (алюминий, медь, нержавеющая сталь, чугун и т. д.), в тех случаях, когда допускается начальный поджиг дуги контактным способом.

В начале работы с холодного состояния допускается сварка на максимальном токе в течении первых 15—20 мин с продолжительностью нагрузки ПВ=100% с последующим переходом на режим рекомендуемый по технической характеристике.

Техническая характеристика:

Напряжение сети частотой 50 Гц, В	220 и 380
Номинальный сварочный ток, А	250
Продолжительность нагрузки, ПВ	40%
Напряжение холостого хода, В	65
Номинальное рабочее напряжение, В	30
Пределы регулирования сварочного тока, А	70–260
Потребляемая мощность, кВА	16,3
Охлаждение	Принудительное
Габаритные размеры, мм	545×400×560
Масса, кг.	65

8.3.29. Сварочный трансформатор СТШ-500СГД

Предназначен для ручной электродуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной от 1 мм электродами от 2—5 мм. Трансформатор широко применяется при выполнении сварочных ремонтно-монтажных работ на промышленных предприятиях, стройках, фермах, в автохозяйствах, коммунальных предприятиях, при строительстве дачных домиков.

Установленный в трансформаторе блок стабилизации горения дуги СГД позволяет за счет стабилизирующих импульсов (до 600 В, 100 Гц.) производить сварку на переменном токе электродами с основным покрытием всех типов (АНО, УОНИ и т. д.) а также аргонодуговую сварку любых металлов (алюминий, медь, нержавеющая сталь, чугун и т. д.), в тех случаях, когда допускается начальный поджиг дуги контактным способом.

В начале работы с холодного состояния допускается сварка на максимальном токе в течении первых 15—20 мин с продолжительностью нагрузки ПВ = 100% с последующим переходом на режим рекомендуемый по технической характеристике.

Техническая характеристика:

Напряжение сети частотой 50 Гц, В	380
Номинальный сварочный ток, А	500
Продолжительность нагрузки, ПВ	60%
Напряжение холостого хода, В	63
Пределы регулирования сварочного тока, А	25–125/125–500
Потребляемая мощность, кВА	32,5
Охлаждение	Естественное
Габаритные размеры, мм	670×665×680
Масса, кг	200

8.4. Сварочные выпрямители

Сварка на постоянном токе обеспечивает получение сварного соединения более высокого качества по сравнению со сваркой на переменном токе. Из-за отсутствия нулевых значений тока повышается стабильность горения дуги, увеличивается глубина проплавления, снижается разбрызгивание, улучшается защита дуги, повышаются прочностные характеристики металла сварного шва, снижается количество дефектов шва, а пониженное разбрызгивание улучшает использование присадочного материала и упрощает операции зачистки сварного соединения от шлака и застывших брызг металла. В связи с этим, для сварки качественных швов ответственных соединений рациональнее применять сварку на постоянном токе. Кроме того, многие материалы, такие как высоколегированные и теплоустойчивые стали, чугуны, титан, сплавы на основе меди и никеля — свариваются только на постоянном токе. К примеру, для полуавтоматической сварки металлической проволокой в среде защитных газов (метод MIG/MAG), наиболее производительного и универсального метода сварки, применяют только источники питания постоянного тока.

Постоянный ток получается путем выпрямления переменного тока промышленной частоты с использованием полупроводниковых сварочных выпрямителей.

Общими элементами для сварочных выпрямителей являются силовой трансформатор, выпрямительный блок на полупроводниковых приборах и блоки пускорегулирующей, измерительной и защитной аппаратуры.

Наиболее оптимальным в сварочных выпрямителях оказывается применение трехфазного тока. Для питания выпрямительного блока обычно используют понижающие трехфазные силовые трансформаторы, по устройству и принципу действия аналогичные применяемым для сварки на переменном токе. Сам выпрямительный блок собирается либо по трехфазной мостовой схеме, либо по шестифазной мостовой схеме с уравнительным реактором (разнесенными вторичными обмотками силового трансформатора, соединенными в две «звезды» по схеме Ларионова — Гретца). У таких выпрямителей пульсация выпрямленного напряжения равна шестикратной частоте питающей сети, т. е. 300 Гц. Это позволяет получить более качественный выпрямленный ток, у которого пульсации меньше, чем при использовании обычной однофазной мостовой двухполупериодной схемы, собранной на четырех вентилях (четырехвентильные мостовые схемы обычно используются в более простых сварочных выпрямителях бытового класса).

За счет использования специальных стабилизаторов напряжения, включаемых в сварочный контур, удается получить гладкую кривую тока с минимальными пульсациями выпрямленного напряжения. Для выпрямления тока используют неуправляемые полупроводниковые вентили — кремниевые или селеновые диоды, и управляемые вентили — тиристоры (обычно кремниевые). Кремниевые диоды имеют небольшие размеры и высокую теплостойкость, но очень чувствительны к токовым перегрузкам. Селеновые вентили допускают меньшие значения силы тока, но имеют высокую стойкость к перегрузкам и малый разброс характеристик. Их использование значительно упрощает общую схему выпрямителя и повышает его стойкость к перегрузкам по току. Использование тиристоров требует применения специальных блоков управления для открывания тиристоров, и обычно тиристоры устанавливают на более мощном и дорогом промышленном оборудовании.

Полупроводниковые вентили требуют определенного температурного и токового режима. Поэтому немаловажными элементами любого сварочного выпрямителя являются системы охлаждения выпрямительного блока: радиаторы охлаждения вентилей, вентилятор, включающийся перед пуском выпрямителя, блоки защиты от токовых перегрузок (плавкие предохранители или реле защиты по току) и тепловые предохранители — термостат и ветровое реле, отключающие выпрямитель при перегреве выпрямительного блока или при выходе из строя вентилятора.

Регулирование тока сварки в сварочных выпрямителях осуществляется двумя путями — электромеханическим и электрическим. В выпрямителях с электромеханической регулировкой изменение тока происходит до выпрямительного блока, то есть на выпрямляющие вентили в каждой фазе поступает переменный ток, имеющий силу тока и напряжение заданных сварочных параметров. Применяемые в этом случае силовые трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием (с раздвижными катушками) и трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием (с управляемым магнитным шунтом) описаны в предыдущем разделе.

В числе других типов электромеханической регулировки тока сварки в сварочных выпрямителях применяются выпрямители с секционированными обмотками силового трансформатора, у которых первичная обмотка силового трансформатора состоит из нескольких катушек на общем сердечнике, которые подключаются последовательно посредством переключателя, при этом происходит ступенчатое изменение тока во вторичной цепи силового трансформатора. Такие выпрямители дешевы, просты в изготовлении и надежны в эксплуатации. Они имеют жесткую вольт-амперную характеристику и целесообразны для полуавтома-

тической сварки в среде защитных газов (метод MIG/MAG), т. е. в тех случаях, когда после источника питания возможна еще одна регулировка тока (плавная в пределах каждой ступени).

Существуют так же выпрямители с вольтодобавочными трансформаторами, включаемыми последовательно во вторичную цепь силового трансформатора. Встречное или согласное включение вторичных обмоток силового трансформатора и вольтодобавочного трансформатора позволяет ступенчато менять силу сварочного тока. Плавное регулирование (в пределах каждой ступени) осуществляется изменением напряжения в первичной обмотке вольтодобавочного трансформатора. Такие схемы позволяют получить жесткие вольт-амперные характеристики (для полуавтоматической сварки в среде защитных газов) и проводить настройку режима сварки дистанционно. В этом типе выпрямителей используют силовые трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием и дросселем насыщения. Это позволяет вводить обратные связи и стабилизирует работу источника питания в заданном режиме, а сам выпрямитель имеет крутопадающую вольт-амперную характеристику, применяемую для ручной дуговой сварки плавящимися электродами.

Электрические схемы регулировки сварочных выпрямителей построены на принципе изменения тока сварки после выпрямительного блока или непосредственно в выпрямительном блоке. Выпрямители с транзисторными регуляторами тока основаны на принципе управления сильным током за счет изменения более слабого тока. В этих схемах после выпрямительного блока последовательно сварочной дуге включается блок транзисторов, соединенных параллельно. Это позволяет в широких пределах изменять ток дуги. Применение транзисторных схем регулировки тока дает крутопадающую вольт-амперную характеристику с широким спектром регулировок по току и высокостабильной дугой, что позволяет применять такие выпрямители для автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом (метод TIG) высоколегированных сталей и сплавов на основе меди или алюминия.

Более простой и распространенной является схема выпрямителя с тиристорными регуляторами тока, в которых в качестве выпрямительных вентилей используют полупроводниковые тиристоры. Формирование вольтамперных характеристик таких выпрямителей осуществляется за счет временного сдвига управляющих импульсов тиристоров, формируемых блоком фазоимпульсного управления. Изменением времени подачи управляющих импульсов регулируется поочередное открытие тиристоров той или иной ветви шестифазной мостовой схемы и меняется ток дуги. Это позволяет осуществлять плавную регулировку (в том числе и дистанционную) тока сварки и получать дугу с высокой стабилизацией по току и напряжению.

Для сварки в цеховых условиях часто используют многопостовые выпрямители, имеющие достаточную мощность и способные выдерживать большие перегрузки как по величине тока, так и по скорости нарастания тока сварки. В основном многопостовые выпрямители имеют жесткие вольтамперные характеристики и предназначены для ручной дуговой сварки плавящимися электродами. В этом случае к выходным клеммам источника питания подключается шинопровод из двух медных или алюминиевых полос, закрепленных на изоляторах на стенах или металлоконструкциях цеха. Управление током каждого сварочного поста осуществляется так называемыми балластными реостатами, представляющими собой устройство с набором элементов (сопротивлений) из фехралевой или нихромовой проволоки и переключателями для коммутирования ступеней сопротивления в параллельном соединении. Включение ступеней балластного реостата позволяет

регулировать ток сварки одного поста, а за счет падения напряжения формируется крутопадающая вольтамперная характеристика. Такие выпрямители называются неуправляемыми, так как на выход всегда подается одно и то же значение сварочного тока, равное номинальному.

8.4.1. Выпрямитель сварочный ВД-306С

Выпрямитель сварочный предназначен для ручной дуговой сварки штучными металлическими электродами на постоянном токе углеродистых и легированных сталей ответственных соединений для производственных и ремонтно-восстановительных работ.

Выпрямитель разработан для стационарных и монтажных условий при эксплуатации на предприятиях машиностроения, судостроения, нефтяной и химической промышленности.

Использование классической схемы выпрямления, наличие простой механической плавной регулировки сварочного тока, небольшие габаритные размеры и масса делают его незаменимым при проведении высокоинтенсивной сварки, как в серийном производстве, так и в монтажных работах в тяжелых условиях эксплуатации.

Выпрямитель имеет падающую внешнюю характеристику, что позволяет использовать его взамен широко известных выпрямителей для дуговой сварки, обладает повышенной нагрузочной способностью и обеспечивает возможность практически бесперебойной работы во всем диапазоне сварочных токов.

Сварка с использованием выпрямителя характеризуется пониженным разбрызгиванием и дымогазовыделением.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Номинальный сварочный ток, А	315 (ПВ=60%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	80–40
Номинальное рабочее напряжение, В	32
Напряжение холостого хода, В, не более	75
Потребляемая мощность, кВА	21
Диаметр электрода, мм	2–6
Габаритные размеры, мм	800×300×850
Масса, кг	120

8.4.2. Выпрямитель сварочный ВД-306УЗ

Выпрямитель сварочный предназначен для питания электрической сварочной дуги постоянным током при ручной дуговой сварке, резке и наплавке металлов при трехфазном питании от сети переменного тока.

Выпрямитель разработан для производственных и ремонтно-восстановительных работ.

Выпрямитель имеет падающую внешнюю вольтамперную характеристику с двумя ступенями регулирования сварочного тока и плавным регулированием тока внутри каждой ступени. Напряжение, необходимое для процесса сварки, падающая внешняя характеристика выпрямителя необходимая для стабильного горения сварочной дуги, и регулирование сварочного тока обеспечиваются трехфазным

силовым трансформатором с повышенной индуктивностью рассеяния. Повышенная индуктивность рассеяния создается путем расположения первичной и вторичной обмоток вдоль стержней сердечника на некотором расстоянии друг от друга.

Выпрямитель имеет легкое возбуждение дуги, стабильный процесс сварки, хорошее формирование шва при небольшом разбрызгивании.

Тележка выпрямителя имеет два колеса. Для перемещения выпрямителя предусмотрены выдвижные ручки, а для подъема — подъемные скобы.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В		3×380
Номинальный сварочный ток, А		315 (ПВ=60%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	диапазон малых токов	45–125
	диапазон больших токов	125–315
Номинальное рабочее напряжение, В		32
Напряжение холостого хода, В, не более		60–70
Номинальная первичная мощность, кВА		17
Продолжительность цикла сварки, мин		5
Габаритные размеры, мм		785×780×830
Масса, кг		180

8.4.3. Выпрямитель ВДЭ-315

Выпрямитель ВДЭ-315 предназначен для высококачественной ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

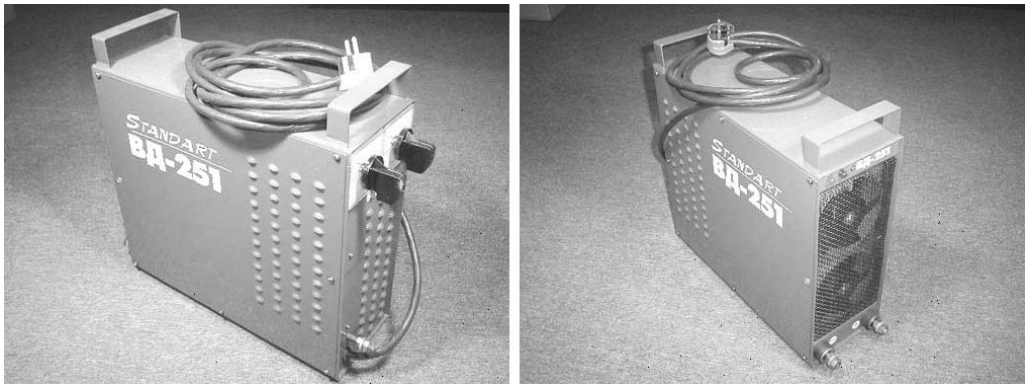
Выпрямитель обеспечивает отличные технологические свойства при сварке электродами с основным покрытием диаметром от 2 до 6 мм во всем диапазоне токов как на обратной, так и на прямой полярности. Отличительные особенности выпрямителя — высокая стабильность горения дуги и пониженное разбрызгивание электродного металла, что обеспечивается схемным решением источника и специальным алгоритмом управления тиристорами. Выпрямитель имеет удобное местное и дистанционное регулирование сварочного тока. Стабилизация сварочного тока позволяет эффективно использовать выпрямитель для сварки неплавящимся электродом.

Техническая характеристика:

Номинальная потребляемая мощность, кВт	Не более 20
Номинальный сварочный ток, А	315
Продолжительность нагрузки при номинальном токе и пятиминутном цикле, %	60
Диапазон плавного регулирования сварочного тока, А	30–315
Номинальное напряжение холостого хода, В,	Не более 75
Номинальное рабочее напряжение, В	33
Диапазон рабочих напряжений, В	8–33
Габаритные размеры, мм	550×550×850
Масса, кг, не более	Не более 180

8.4.4. Выпрямитель ВД-251

Сварочный выпрямитель ВД-251 предназначен для дуговой сварки стальных конструкций различного назначения толщиной от 0,5 до 12,0 мм плавящимся электродом.



а) *б*)

Рис. 8.18. Выпрямитель ВД-251: *а* — вид спереди; *б* — вид сзади

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	220/380
Номинальная частота, Гц	50
Сварочный ток (ПВ=100%, вариант «Зверь»), А	300
Сварочный ток (ПВ=100%, вариант «Стандарт», «Виртуоз»), А	210
Сварочный ток (ПВ=80%, вариант «Стандарт», «Виртуоз»), А	250
Диапазон регулирования сварочного тока, А	40–250 (300)
Напряжение холостого хода, В	Не более 85
Потребляемая мощность, кВт	Не более 7
Ток защиты по первичной сети, А	32
Ток холостого хода, А	Не более 1
Габаритные размеры, мм	410×140×400
Масса, кг	Не более 35 (37)

8.4.5. Выпрямитель ВД-306

Выпрямитель сварочный ВД-306 предназначен для питания электрической сварочной дуги постоянным током при ручной дуговой сварке, резке и наплавке металлов при питании от трехфазной сети переменного тока.

Рис. 8.19. Выпрямитель ВД-306

Техническая характеристика:

Номинальное напряжение питающей сети трехфазного тока, В		380
Номинальная частота, Гц		50
Максимальный первичный ток, А		35
Номинальное рабочее напряжение, В		32
Напряжение холостого хода, В		60–70
Пределы регулирования сварочного тока	диапазон малых токов, А	20–125
	диапазон больших токов, А	125–315
Масса, кг не более		90
Отношение продолжительности рабочего периода к продолжительности цикла (ПВ), %		60
Потребляемая мощность, не более, кВт		24
Продолжительность цикла сварки, мин		5
Температура срабатывания блока тепловой защиты, откл/вкл, t °C		95–105/75–85

8.4.6. Дуга 318

Сварочный аппарат постоянного тока Дуга-318М предназначен для ручной дуговой сварки прямого и сложного профиля различных металлов и сплавов на постоянном токе любой полярности всеми видами электродов, а так же в среде защитных газов.

Рис. 8.20. Дуга 318

Техническая характеристика:

Напряжение сети, В	220
Частота тока, Гц	50
КПД в диапазоне сварочного тока, %	Не менее 92
Коэффициент мощности	0,98
Продолжительность непрерывной сварки при токе не более 220 А	Не ограничена
Непрерывная работа на балластном сопротивлении при токе 200 А, ч	2
Габариты, мм	280×360×415
Потребляемая мощность, кВт	От 3 до 10
Максимальный сварочный ток, А	300
Диапазон регулировки тока, А	50–300
Число ступеней регулировки	13
Масса, кг	Не более 45

8.4.7. Выпрямитель сварочный ВС-300Б (БА) — способ сварки MIG/MAG

Сварочный выпрямитель типа ВС-300Б(БА) предназначен для полуавтоматической сварки плавящейся сварочной проволокой в среде защитных газов изделий из сталей.

Выпрямитель имеет жесткую внешнюю характеристику, ступенчатое регулирование выходного напряжения. Выпрямитель ВС-300БА дополнительно оснащен полуавтоматическим блоком управления.

Конструкция тележки на поворотных колесах, наличие площадки для установки баллона с защитным газом позволяют легко доставить выпрямитель в любое удобное место для работы.

Выпрямитель имеет:

- включение источника по команде от кнопки на горелке;
- защиту от тепловой перегрузки;
- розетку 36 В для питания подогревателя газа;
- две ступени индуктивности;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Рис. 8.21. Выпрямитель сварочный ВС-300Б (БА)

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	315 (85)
Пределы регулирования сварочного тока, А	50–350
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	17–35
Напряжение холостого хода, В	Не более 41
Количество ступеней регулирования рабочего напряжения	20
Потребляемая мощность, кВА	Не более 25
Масса, кг	Не более 120
Габаритные размеры, мм	850×420×800

8.4.8. Выпрямитель сварочный ВД-131 — способ сварки ММА

Сварочный выпрямитель ВД-131 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами диаметром 2—4 мм изделий из сталей на постоянном или переменном токе.

Для сварки на переменном токе выпрямитель имеет выводные клеммы от вторичной обмотки трансформатора, которые имеют обозначение «АС». Выводные клеммы, для сварки на постоянном токе имеют обозначение «DC».

Регулирование сварочного тока осуществляется механическим перемещением магнитного шунта вертикального исполнения с указанием сварочного тока по шкале на лицевой панели. Выпрямитель однопостовой.

Выпрямитель имеет:

- плавную регулировку сварочного тока;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Рис. 8.22. Выпрямитель сварочный ВД-131

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	1×220/2×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	180 (20)
Пределы регулирования сварочного тока, А	38–180
Номинальное рабочее напряжение, В	27
Напряжение холостого хода, В	Не более 70
Потребляемая мощность, кВА	Не более 12,5
Масса, кг	Не более 60
Габаритные размеры , мм	360×360×930

8.4.9. Выпрямитель сварочный ВД-250 — способ сварки ММА

Сварочный выпрямитель типа ВД-250 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами изделий из сталей на постоянном токе. Регулирование сварочного тока осуществляется механическим перемещением магнитного шунта вертикального исполнения с указанием сварочного тока по шкале на лицевой панели. Выпрямитель ВД-306С рекомендуется для применения в условиях цехов промышленных предприятий.

Выпрямитель имеет:

- плавную регулировку сварочного тока в пределах двух ступеней переключения;
- защиту от тепловой перегрузки;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Рис. 8.23. Выпрямитель сварочный ВД-250

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В		2×380
Частота питающей сети, Гц		50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)		250 (20)
Пределы регулирования сварочного тока, А	1-я ступень	50–145
	2-я ступень	125–260
Номинальное рабочее напряжение, В	1-я ступень	26
	2-я ступень	30
Пределы регулирования рабочего напряжения В	1-я ступень	Не более 22–26
	2-я ступень	Не более 25–30
Напряжение холостого хода, В		Не более 80
Потребляемая мощность, кВА		Не более 20
Масса, кг		73
Габаритные размеры, мм		360×360×930

8.4.10. Выпрямитель сварочный ВД-306с — способ сварки ММА

Сварочный выпрямитель ВД-306С предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами изделий из сталей на постоянном токе. Регулирование сварочного тока осуществляется механическим перемещением обмоток трансформатора с указанием сварочного тока по шкале на лицевой панели. Выпрямитель ВД-306С рекомендуется для применения в условиях цехов промышленных предприятий.

Выпрямитель имеет:

- плавную регулировку сварочного тока в пределах двух ступеней переключения;
- защиту от тепловой перегрузки;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Рис. 8.24. Выпрямитель сварочный ВД-306с

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В		3×380
Частота питающей сети, Гц		50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)		315 (60)
Пределы регулирования сварочного тока, А	1-я ступень	80–160
	2-я ступень	150–320
Номинальное рабочее напряжение, В		32
Напряжение холостого хода, В	1-я ступень	Не более 55
	2-я ступень	Не более75
Потребляемая мощность, кВА		Не более 22
Масса, кг		140
Габаритные размеры, мм		760×420×950

8.4.11. Выпрямитель сварочный ВД-306Д — способ сварки MMA/TIG

Сварочный выпрямитель ВД-306Д предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами изделий из стали на постоянном токе. Имеет возможность подключения приставки для аргонодуговой сварки (БУСП-ТИГ) и пульта дистанционного регулирования тока.

Выпрямитель имеет тиристорное управление. Дополнительно предусмотрены:

- регулировку тока короткого замыкания;
- переключатель крутизны вольт-амперных характеристик на три положения;
- переключатель TIG/MMA;
- переключатель сварки электродом с целлюлозным или основным покрытием.

Сварочный выпрямитель ВД-306Д имеет сертификат ВНИИСТа на применение при строительстве нефте- газопроводов.

Выпрямитель имеет:

- широкий диапазон плавного регулирования сварочного тока;
- высокий уровень стабилизации сварочного тока при колебаниях питающей сети и изменениях температуры от —40 до +40 °С;

Рис. 8.25. Выпрямитель сварочный ВД-306Д

- возможность дистанционного регулирования сварочного тока;
- малое разбрызгивание при сварке ММА;
- легкий поджиг дуги и низкое дымо- газовыделение при сварке;
- за счет выбора крутизны внешней характеристики возможна сварка в различных пространственных положениях;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Наименование параметров	MMA	TIG
Напряжение питающей сети, В	3×380	
Частота питающей сети, Гц	50	
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	315 (60)	
Пределы регулирования сварочного тока, А	50–350	10–350
Напряжение холостого хода, В	Не более 95	
Номинальное рабочее напряжение, В	32	22
Потребляемая мощность, кВА	Не более 25	
Масса, кг	125	
Габаритные размеры, мм	650×390×600	

8.4.12. Выпрямитель сварочный ВД-306ДК — способ сварки MMA/TIG/MIG/MAG

Сварочный выпрямитель ВД-306ДК предназначен для ручной дуговой, полуавтоматической и аргонодуговой сварки изделий из сталей на постоянном токе. Выпрямитель имеет возможность подключения приставки для аргонодуговой сварки (БУСП-ТИГ), подающих механизмов для полуавтоматической сварки ПДГО-508, 510 с блоком питания типа БП-01, ПДГ-421 А или ПДГ-421 и пульта дистанционного регулирования тока.

Рис. 8.26. Выпрямитель сварочный ВД-306ДК

Сварочный выпрямитель ВД-306ДК имеет тиристорное управление. Дополнительно предусмотрены:

- регулировка тока короткого замыкания;
- переключатель крутизны вольтамперных характеристик на три положения;
- переключатель на три вида сварки и переключатель сварки электродом с целлюлозным или основным покрытием.

Обладает высокими сварочными свойствами.

Выпрямитель имеет:

- широкий диапазон плавной регулировки сварочного тока;
- высокий уровень стабилизации сварочного тока при колебаниях питающей сети и изменениях температуры от −40 до +40 °С;
- возможность дистанционного регулирования сварочного тока;
- малое разбрызгивание при сварке ММА;
- легкий поджиг дуги и низкое дымогазовыделение при сварке;
- за счет выбора крутизны внешней характеристики возможна сварка в различных пространственных положениях;
- возможность сварки алюминия в режиме MIG;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Наименование параметров	MMA	TIG	MIG/MAG
Напряжение питающей сети, В	3×380		
Частота питающей сети	50		
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	315 (60)		
Пределы регулирования сварочного тока, А	50–350	10–350	50–350
Напряжение холостого хода, В	Не более 95		
Номинальное рабочее напряжение, В	32	22	30
Потребляемая мощность, кВА	Не более 25		
Масса, кг, не более	140		
Габаритные размеры, мм	615×400×600		

8.4.13. Выпрямитель сварочный ВД-306М — способ сварки ММА

Сварочный выпрямитель ВД-306М (см. рис. 8.26) предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами изделий из сталей на постоянном токе. Регулирование сварочного тока осуществляется механическим перемещением магнитного шунта вертикального исполнения с указанием сварочного тока по шкале на лицевой панели. Выпрямитель рекомендуется для выполнения прихваток и неответственных работ при монтаже.

Сварочный выпрямитель ВД-306М имеет:

- плавную регулировку сварочного тока в пределах двух ступеней переключения;
- защиту от тепловой перегрузки;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В		3×380
Частота питающей сети, Гц		50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)		315 (15)
Пределы регулирования сварочного тока, А	1-я ступень	45–150
	2-я ступень	130–315
Номинальное рабочее напряжение, В		31
Номинальное рабочее напряжение, В	1-я ступень	55
	2-я ступень	75
Потребляемая мощность, кВА		Не более 30
Масса, кг		100
Габаритные размеры, мм		360×360×1250

8.4.14. Выпрямитель сварочный ВД-309 — способ сварки ММА

Сварочный выпрямитель типа ВД-309 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами изделий из сталей на постоянном токе. Сварочный ток плавно регулируется с помощью механического перемещения магнитного шунта горизонтального исполнения. Градуировка тока дуги выполнена на внешней поверхности шунта. Механизм такого шунтового регулирования резко уменьшает время, необходимое на смену режима сварки. Выпрямитель имеет высокие сварочные характеристики, рекомендуется для сварки ответственных конструкций.

Выпрямитель отличается простотой, надежностью конструкции, малым весом и имеет:

- плавную регулировку сварочного тока;
- медные обмотки трансформатора;
- изоляцию Du Pont;
- отсутствуют подвижные обмотки;
- принудительное охлаждение.

Рис. 8.27. Выпрямитель сварочный ВД-309

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В		3×380
Частота питающей сети, Гц		50
Номинальный сварочный ток, А		250
Максимальный сварочный ток, А		330
Минимальный сварочный ток, А		60
Номинальное рабочее напряжение, В		32
Полезная нагрузка, ПВ, %	при токе 160 А	100
	при токе 330 А	20
Напряжение холостого хода, В		Не более 65
Масса, кг		75
Габаритные размеры, мм		530×305×630

8.4.15. Выпрямитель сварочный ВД-313 — способ сварки ММА

Сварочный выпрямитель ВД-313 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами изделий из стали на постоянном токе. Сварочный ток плавно регулируется с помощью механического перемещения магнитного шунта горизонтального исполнения. Градуировка тока дуги выполнена на внешней поверхности шунта. Механизм шунтового регулирования резко уменьшает время, необходимое на смену режима сварки.

Выпрямитель отличается простотой, надежностью конструкции, малым весом, мобильностью и по сварочным свойствам не уступает выпрямителю ВД-306.

Выпрямитель имеет:

- плавную регулировку сварочного тока;
- медные обмотки трансформатора;
- изоляцию Du Pont;
- отсутствуют подвижные обмотки;
- принудительное охлаждение.

Рис. 8.28. Выпрямитель сварочный ВД-313

Техническая характеристика:

Наименование параметров	ВД-313	ВД-313*
Напряжение питающей сети, В	3×380	
Частота питающей сети, Гц	50	
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	315 (60)	200 (100)
Максимальный сварочный ток, А	330	280
Минимальный сварочный ток, А	60	45
Напряжение холостого хода, В	Не более 65	
Номинальное рабочее напряжение, В	32	
Номинальная первичная мощность, кВА	21	
Масса, кг	100	
Габаритные размеры, мм	645×505×560	
* – выпрямитель с другими техническими характеристиками.		

8.4.16. Выпрямитель сварочный ВД-506Д — способ сварки MMA/TIG

Сварочный выпрямитель ВД-506Д предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами изделий из сталей на постоянном токе. Имеет возможность подключения приставки для аргонодуговой сварки (БУСП-ТИГ) и пульта дистанционного регулирования тока. Выпрямитель имеет тиристорное управление. Дополнительно предусмотрены:

- регулировка тока короткого замыкания;
- переключатель крутизны вольт-амперных характеристик на три положения;
- переключатель TIG/MMA;
- переключатель сварки электродом с целлюлозным или основным покрытием.

Обладает высокими сварочными свойствами.

Выпрямитель имеет:

- широкий диапазон плавного регулирования сварочного тока;
- возможность дистанционного регулирования сварочного тока;
- малое разбрызгивание при сварке MMA;
- легкий поджиг дуги и низкое дымо- газовыделение при сварке;

Рис. 8.29. Выпрямитель сварочный ВД-506Д

- за счет выбора крутизны внешней характеристики возможна сварка в различных пространственных положениях;
- возможность выполнения работ неплавящимся электродом в среде защитных газов при комплектации TIG приставкой;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Наименование параметров	MMA	TIG
Напряжение питающей сети, В	3×380	
Частота питающей сети, Гц	50	
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	500 (60)	
Пределы регулирования сварочного тока, А	80–500	12–500
Напряжение холостого хода, В	Не более 95	
Номинальное рабочее напряжение, В	40	30
Потребляемая мощность, кВА	Не более 36	
Масса, кг	165	
Габаритные размеры, мм	700×390×690	

8.4.17. Выпрямитель сварочный ВД-506ДК — способ сварки MMA/TIG/MIG/MAG

Сварочный выпрямитель ВД-506ДК предназначен для ручной дуговой, полуавтоматической и аргонодуговой сварки изделий из сталей на постоянном токе. Имеет возможность подключения приставки для аргонодуговой сварки (БУСП-ТИГ), подающих механизмов для полуавтоматической сварки ПДГО-508, 510 с блоком питания типа БП-01, ПДГ-421 А или ПДГ-421 с пультом дистанционного регулирования тока. Выпрямитель имеет тиристорное управление. Дополнительно предусмотрены:

- регулировка тока короткого замыкания;
- переключатель крутизны вольтамперных характеристик на три положения;
- переключатель на три вида сварки;

Рис. 8.30. Выпрямитель сварочный ВД-506ДК

- переключатель сварки электродом с целлюлозным или основным покрытием.

Обладает высокими сварочными свойствами. Является основой мультисистемы «СОРОКА-506ДК».

Выпрямитель имеет:

- широкий диапазон плавного регулирования сварочного тока;
- возможность дистанционного регулирования сварочного тока;
- малое разбрызгивание при сварке ММА;
- легкий поджиг дуги и низкое дымо- газовыделение при сварке;
- за счет выбора крутизны внешней характеристики возможна сварка в различных пространственных положениях;
- возможность сварки алюминия в режиме MIG;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Наименование параметров	MMA	TIG	MIG/MAG
Напряжение питающей сети, В	3×380		
Частота питающей сети	50		
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	500 (60)		
Пределы регулирования сварочного тока, А	50–500	10–500	60–500
Напряжение холостого хода, В	Не более 95		
Номинальное рабочее напряжение, В	40	30	39
Потребляемая мощность, кВА	Не более 36		
Масса, кг	160		
Габаритные размеры, мм	615×400×670		

8.4.18. Выпрямитель сварочный ВДГ-303-3 — способ сварки MIG/MAG

Сварочный выпрямитель ВДГ-303-3 предназначен для комплектации сварочных полуавтоматов дуговой сварки типа ПДГ-312-4. Выпрямитель, в составе полуавтомата, предназначен для полуавтоматической сварки плавящимся электродом изделий из сталей на постоянном токе в среде защитных газов. Возможна сварка покрытым электродом на постоянном токе при наличии балластного реостата.

Рис. 8.31. Выпрямитель сварочный ВДГ-303-3

Выпрямитель имеет:
- жесткую внешнюю характеристику;
- плавно-ступенчатое регулирование сварочного напряжения;
- розетку 36 В для питания подогревателя газа;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	315 (60)
Пределы регулирования сварочного тока, А	40–325
Количество ступеней регулирования рабочего напряжения	3
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	16–40
Напряжение холостого хода, В	Не более 60
Потребляемая мощность, кВА	Не более 21
Масса, кг	200
Габаритные размеры, мм	735×605×750

8.4.19. Выпрямитель сварочный ВДГ-401 — способ сварки MIG/MAG

Сварочный выпрямитель ВДГ-401 предназначен для комплектации сварочных полуавтоматов дуговой сварки типа ПДГ-401. Выпрямитель, в составе полуавтомата, предназначен для полуавтоматической сварки плавящимся электродом изделий из сталей на постоянном токе в среде защитных газов. Возможна сварка покрытым электродом на постоянном токе при наличии балластного реостата.

Выпрямитель имеет:
- жесткую внешнюю характеристику;
- плавно-ступенчатое регулирование сварочного напряжения;
- розетку 36 В для питания подогревателя газа;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Рис. 8.32. Выпрямитель сварочный ВДГ-401

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	400 (60)
Пределы регулирования сварочного тока, А	80–500
Количество ступеней регулирования напряжения	3
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	18–42
Напряжение холостого хода, В	Не более 75
Потребляемая мощность, кВА	Не более 28
Масса, кг	250
Габаритные размеры, мм	735×605×950

8.4.20. Выпрямитель сварочный ВДГИ-302 — способ сварки MIG/MAG

Сварочный выпрямитель ВДГИ-302 предназначен для комплектации сварочных полуавтоматов дуговой сварки типа ПДИ-304. Выпрямитель ВДГИ-302 обеспечивает наложение регулируемых импульсов на базовое сварочное напряжение. Выпрямитель, в составе полуавтомата, предназначен для полуавтоматической сварки плавящимся электродом изделий из алюминия и его сплавов, а также коррозионностойких сталей в среде аргона на постоянном токе в среде защитных газов. Возможна ручная дуговая сварка покрытым электродом на постоянном токе при наличии балластного реостата.

Выпрямитель имеет:

- плавную регулировку сварочного напряжения;
- раздельное регулирование базового и импульсного напряжения;
- два импульсных режима работы: с наложением импульсов частотой 50 или 100 Гц;
- струйный перенос металла;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Рис. 8.33. Выпрямитель сварочный ВДГ-401

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	315 (60)
Пределы регулирования сварочного тока, А	40–325
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	–
Напряжение холостого хода, В	Не более 45
Потребляемая мощность, кВА	Не более 17,3
Масса, кг	240
Габаритные размеры, мм	720×593×938

8.4.21. Выпрямитель сварочный многопостовой ВД2×313 — способ сварки ММА

Выпрямитель сварочный многопостовой ВД 2×313 предназначен для двух-постовой ручной дуговой сварки покрытыми электродами изделий из стали на постоянном токе. Сварочный ток регулируется плавно в одном диапазоне с помощью ручного механического перемещения магнитного шунта горизонтального исполнения. Градуировка тока дуги выполнена на внешней поверхности шунта. Механизм такого шунтового регулирования резко уменьшает время, необходимое на смену режима сварки. Выпрямитель рекомендуется для сварки ответственных конструкций.

Рис. 8.34. Выпрямитель сварочный многопостовой ВД2×313

Выпрямитель имеет:

- медные обмотки трансформатора;
- изоляцию Du Pont;
- отсутствуют подвижные обмотки;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток одного поста, А	315
Максимальный сварочный ток одного поста, А	350
Минимальный сварочный ток одного поста, А	60
Номинальное рабочее напряжение, В	32
Режим работы при максимальном токе, ПВ, %	60
Количество одновременно работающих постов, шт.	2
Номинальный первичный ток, А	40
Потребляемая мощность, кВА	Не более 27
Масса, кг	160
Габаритные размеры, мм	660×505×710

8.4.22. Выпрямитель сварочный многопостовой ВДМ-6303с — способ сварки ММА

Многопостовой сварочный выпрямитель ВДМ-6303с предназначен для комплектации постов ручной дуговой сварки покрытыми электродами изделий из сталей на постоянном токе. Выпрямитель применяется в комплекте с балластными реостатами. Регулирование сварочного тока производится для каждого поста сварки независимо с помощью балластного реостата.

Рис. 8.35. Выпрямитель сварочный многопостовой ВДМ-6303с

Силовая часть выпрямителя состоит из одного мощного силового трансформатора, выпрямительных модулей на диодах с улучшенной системой воздушного охлаждения.

Выпрямитель имеет:

- жесткую внешнюю характеристику;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	630 (100)
Номинальный сварочный ток одного поста, А (ПВ, %)	315 (60)
Коэффициент одновременности работы постов	Не более 0,5
Номинальное рабочее напряжение, В	70
Напряжение холостого хода, В	Не более 85
Количество работающих постов, шт.	Не более 4
Коэффициент полезного действия, %	92
Потребляемая мощность, кВА	Не более 60
Масса, кг	250
Габаритные размеры, мм	735×605×950

8.4.23. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-1250 — способ сварки SAW/GMAW

Выпрямитель в комплекте со сварочным автоматом типа АДФ-1250 предназначен для автоматической сварки на постоянном токе в среде защитных газов и под слоем флюса изделий из сталей. Также может быть использован для воздушно-дуговой резки или строжки угольным электродом. Выпрямитель является полууправляемым тиристорным выпрямителем. Обладает двумя видами жестких внешних характеристик для сварки и наплавки под слоем флюса и в среде защитных газов. По заказу может исполняться с крутопадающей внешней характеристикой.

Рис. 8.36. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-1250

Выпрямитель имеет:
- возможность местного и дистанционного регулирования сварочных параметров;
- тепловую защиту трансформатора от перегрузки;
- медные обмотки трансформатора;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	1250 (100)
Пределы регулирования сварочного тока, А	250–1250
Напряжение холостого хода, В	Не более 55
Номинальное рабочее напряжение, В	44
Потребляемая мощность, кВА	Не более 73
Масса, кг	520
Габаритные размеры, мм	790×600×1410

8.4.24. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-506с* — способ сварки MMA/MIG/MAG

Сварочный универсальный выпрямитель ВДУ-506с предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на постоянном токе, а также для комплектации полуавтоматов и автоматов для сварки изделий из стали в среде защитных газов на постоянном токе. ВДУ-506с является регулируемым тиристорным выпрямителем с жесткой или падающей внешней характеристикой.

Рис. 8.37. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-506с

Выпрямитель имеет:
- плавное регулирование сварочного тока в режиме ММА и сварочного напряжения в режиме MIG/MAG;
- розетку 36 В для питания подогревателя газа;
- защиту от тепловой перегрузки;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Примечание. **Выпускается в варианте ВДУ-506С1 для комплектации полуавтоматов фирмы «СЭЛМА».*

Техническая характеристика:

Наименование параметров	MMA	MIG/MAG
Напряжение питающей сети, В	3×380	
Частота питающей сети, Гц	50	
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	500 (60)	
Пределы регулирования сварочного тока, А	60–500	50–500
Напряжение холостого хода, В	Не более 85	
Номинальное рабочее напряжение, В	46	50
Потребляемая мощность, кВА	Не более 30	Не более 34
Масса, кг	260	
Габаритные размеры, мм	750×6501150	

8.4.25. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-601с — способ сварки MMA/MIG/MAG

Сварочный универсальный выпрямитель ВДУ-601с предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на постоянном токе, а также для комплектации полуавтоматов и автоматов для сварки изделий из стали в среде защитных газов на постоянном токе. ВДУ-601с является регулируемым тиристорным выпрямителем с жесткой или падающей внешней характеристикой.

Рис. 8.38. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-601с

Выпрямитель имеет:

- плавное регулирование сварочного тока в режиме ММА и сварочного напряжения в режиме MIG/MAG;
- защиту от тепловой перегрузки;
- розетку 36 В для питания подогревателя газа;
- класс изоляции Н по ГОСТ 8865—70;
- принудительное охлаждение.

Техническая характеристика:

Наименование параметров	MMA	MIG/MAG
Напряжение питающей сети, В	3×380	
Частота питающей сети, Гц	50	
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, %)	630 (60)	
Пределы регулирования сварочного тока, А	50–500	60–630
Напряжение холостого хода, В	Не более 85	
Номинальное рабочее напряжение, В	50	52
Потребляемая мощность, кВА	Не более 40	Не более 45
Масса, кг	300	
Габаритные размеры, мм	750×650×1150	

8.4.26. Выпрямитель сварочный ВДГ-303

Выпрямитель сварочный предназначен для полуавтоматической и автоматической сварки в среде защитных газов на постоянном токе малоуглеродистых, низколегированных и коррозионностойких сталей.

Выпрямитель имеет жесткую внешнюю характеристику и плавно-ступенчатое регулирование выходного напряжения. Плавное регулирование в пределах каждой ступени осуществляется потенциометром на выносном пульте управления, который подключается к разъему на лицевой панели выпрямителя.

Достаточно большая мощность при малых габаритах позволяет ему успешно конкурировать с аналогичными выпрямителями как в тяжелых производственных условиях, так и при ремонтно-восстановительных работах в условиях монтажа.

Удачная конструкция тележки на поворотных колесах, наличие площадки для установки баллона с защитным газом позволяют легко доставить выпрямитель в любое удобное место для работы.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Номинальный сварочный ток, А	315 (ПВ=60%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	50–325
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	16–40
Напряжение холостого хода, В, не более	60
Количество ступеней регулирования	3
Номинальное рабочее напряжение, В	40
Номинальная первичная мощность, кВА	21
Габаритные размеры, мм	750×605×800
Масса, кг	200

8.4.27. Выпрямитель сварочный ВДГ-304

Выпрямитель сварочный типа ВДГ-304 предназначен для комплектации полуавтоматов дуговой сварки электродной проволокой в среде защитных газов на постоянном токе малоуглеродистых, низколегированных и коррозионностойких сталей.

Выпрямитель имеет жесткую внешнюю характеристику и ступенчатое регулирование выходного напряжения. Достаточно большая мощность в малых габаритах позволяет ему успешно конкурировать с аналогичными выпрямителями как в тяжелых производственных условиях, так и при ремонтно-восстановительных работах в условиях монтажа.

Конструкция тележки на поворотных колесах, наличие площадки для установки баллона с защитным газом позволяют легко доставить выпрямитель в любое удобное место для работы.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Номинальный сварочный ток, А	315 (ПВ=80%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	50–350
Напряжение холостого хода, В, не более	45
Количество ступеней регулирования	20
Номинальное рабочее напряжение, В	32
Потребляемая мощность, кВА	21
Габаритные размеры, мм	850×450×750
Масса, кг	120

8.4.28. Выпрямитель сварочный ВДМ-1202

Выпрямитель предназначен для одновременного питания выпрямленным током восьми сварочных постов ручной дуговой электросварки металлическим электродом в атмосфере воздуха.

Выпрямитель отличается простотой конструкции и состоит из силового понижающего трансформатора, блока диодов, электродвигателя с вентилятором, блока аппаратуры и защиты. Для обеспечения независимой работы отдельных постов выпрямитель имеет жесткую внешнюю вольтамперную характеристику.

Подобные многопостовые системы имеют ряд преимуществ:

- меньшую по сравнению с однопостовыми выпрямителями стоимость обслуживания, и ремонта;
- возможность в случае необходимости вести сварку большими токами;
- меньшую, чем у эквивалентного числа однопостовых выпрямителей, рабочую площадь, установочную мощность и т. д.

Каждый пост подключают к источнику питания последовательно через балластный реостат, обеспечивающий получение падающих внешних характеристик и регулирование сварочного тока.

Охлаждение диодов и трансформатора — воздушное принудительное.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Номинальный сварочный ток, А	1250 (ПВ=60%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	50–325
Номинальное выпрямленное напряжение, В	60
Напряжение холостого хода, В, не более	75
Номинальная первичная мощность, кВА	95
Номинальный ток поста, А	315
Габаритные размеры, мм	1050×700×950
Масса, кг	450

8.4.29. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-1202

Выпрямитель сварочный универсальный тиристорный стационарный, предназначен для комплектации сварочных автоматов, выполняющих сварку под слоем флюса и в среде углекислого газа на постоянном токе. Может быть применен для воздушно-дуговой резки (строжки) угольным электродом. Имеет три вида внешних характеристик — два вида жестких и падающую.

При работе на жестких ВАХ выпрямители предназначены для сварки в среде защитных газов и под флюсом на автоматах с независимой скоростью подачи проволоки. При работе на падающих ВАХ выпрямители предназначены для сварки под флюсом на автоматах с зависимой скоростью подачи проволоки.

Выпрямители допускают возможность включения на параллельную работу двух источников на один сварочный пост с регулированием режима от одного из выпрямителей. Вентиляция выпрямителя воздушная, принудительная. Режим работы — продолжительный.

Регулирование сварочного тока и напряжения производится силовым блоком тиристоров, включенным в первичный контур силового трансформатора.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Номинальный сварочный ток, А	1250 (ПВ=100%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	250–1250
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	24–56
Напряжение холостого хода, В, не более	85
Номинальная первичная мощность, кВА	120
Номинальное рабочее напряжение, В	56
Габаритные размеры, 1080×700×900	
Масса, кг	500

8.4 30. Выпрямитель сварочный ВДУ-506

Выпрямитель сварочный ВДУ-506 — это универсальный выпрямитель с тиристорным управлением. Его универсальность проявляется в способности обеспечивать:

- сварку покрытыми электродами;
- сварку в среде защитных газов;
- сварку порошковой проволокой;
- сварку под флюсом;
- воздушно-дуговую резку.

Выпрямитель предназначен как для комплектации постов ручной дуговой сварки штучными металлическими электродами, так и для комплектации полуавтоматов типа ПДГ при механизированной сварке в среде защитных газов изделий из малоуглеродистых, низколегированных, углеродистых и коррозионностойких сталей на постоянном токе. Выпрямитель регулируемый, и имеет жесткие и падающие внешние характеристики.

Выпрямитель подключается к трехфазной сети 380 В и потребляет из нее при полной нагрузке до 40 кВт мощности (фазные токи до 62 А). Диапазон сварочных токов и рабочих напряжений достаточно широк: 50—500 А, 18—50 В.

Сварка от выпрямителя устойчива и стабильна, технологический эффект по качеству формирования шва и низкому разбрызгиванию соответствует лучшим образцам. Выпрямитель обеспечивает легкое зажигание и устойчивое горение дуги при любом токе в пределах регулировочного диапазона. Выпрямитель может работать по заданной программе с манипулятором или в составе робототехнического комплекса. Для этого имеется специальный разъем, через который подается стандартный сигнал (0—10 В).

Плавное регулирование сварочного тока (при падающих) и напряжения (при жестких внешних характеристиках) осуществляется резистором на блоке управления (местное регулирование), а также с полуавтомата или автомата (дистанционное регулирование). Выпрямитель снабжен пультом для дистанционного включения в работу и регулирования сварочного тока.

Для перемещения в пределах сварочного участка выпрямитель смонтирован на четырехколесной тележке с двумя рукоятками. Предусмотрены специальные рукоятки с отверстиями для подъема выпрямителя.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В		3×380; 3×220
Номинальный сварочный ток, А		500 (ПВ = 60%); 390 (ПВ = 100%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	для жестких характеристик	60–500
	для падающих характеристик	50–500
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	для жестких характеристик	18–50
	для падающих характеристик	22–46
Напряжение холостого хода, В, не более		85
Номинальная мощность, кВА, не более		40
Продолжительность цикла сварки, мин		10
Габаритные размеры, мм		820×620×1100
Масса, кг		300

8.4.31. Выпрямитель сварочный ВМГ-5000

Выпрямитель предназначен для централизованного питания постоянным током тридцати постов при многопостовой дуговой сварке в среде углекислого газа плавящимся электродом (малоуглеродистой проволокой), а также может быть использован в качестве источника питания при сварке под флюсом или наплавке. В выпрямителе ВМГ-5000 предусмотрено принудительное водяное охлаждение. Выпрямитель имеет жесткую внешнюю характеристику за счет малого внутреннего сопротивления, что исключает взаимное влияние при работе сварочных постов.

Выпрямитель ВМГ-5000 предназначен для централизованного питания постов при сварке в углекислом газе, а также может быть использован для сварки штучными электродами, наплавки, для сварки под флюсом, электрошлаковой сварки, а также в качестве источника питания термоустановок. Выпрямитель рассчитан на длительную работу при принудительном водяном охлаждении. Расход воды на один выпрямитель составляет 2 $м^3$/ч. Охлаждающая вода может подаваться либо из водопроводной сети, либо от автономной насосной станции.

Выпрямитель имеет достаточно жесткую внешнюю характеристику, наклон которой равен 0,0008 В/А. Регулирование режима на постах при сварке в среде CO_2 осуществляется балластным реостатом, выполненного на базе серийного реостата РБ-301, и имеющего минимальное значение сопротивления 0,033 Ом.

Выпрямители ВМГ-5000 можно включать в параллель на общий шинопровод. Для удобства перемещения выпрямитель снабжен рым-болтами и колесами. Специального фундамента для установки выпрямителя не требуется.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В		3×380
Номинальный сварочный ток, А		5000 (ПВ = 100%)
Номинальное напряжение холостого хода, В		60
Регулирование напряжения холостого хода (ступенчатое), В	первая ступень	30
	вторая ступень	35
	третья ступень	40
	четвертая ступень	50
	пятая ступень	60
Номинальная первичная мощность, кВА		317
Ток одного поста, А		315
Габаритные размеры, мм		1500×1150×1685
Масса, кг		2490

8.4.32. Выпрямитель ВС-300Б для сварки в углекислом газе

Выпрямитель предназначен для комплектации сварочных постов как для ручной дуговой сварки штучным электродом, так и для полуавтоматической и автоматической сварки на постоянном токе в среде защитных газов.

Выпрямитель имеет жесткую характеристику вследствие минимального магнитного рассеяния трансформатора.

Выпрямитель удобен и прост в работе. Выпрямитель обеспечивает ступенчатое регулирование напряжения (32 ступени) путем секционирования первичной обмотки силового трансформатора с дискретностью напряжения холостого хода от одного до двух вольт. Для выполнения вертикальных швов «сверху—вниз» ис-

пользуется специальная схема с балластным реостатом и диодом при включении обмоток силового трансформатора по схеме Y/Y (звезда—звезда). При этом максимальное значение напряжения холостого хода составит 70 В, а максимальное значение сварочного тока 210 А.

Выпрямитель снабжен пускозащитной аппаратурой и принудительной вентиляцией. Имеется встроенный источник питания мощностью 320 ВА для подачи напряжения на электродвигатель подающего механизма сварочного полуавтомата.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Номинальный сварочный ток, А	315 (ПВ = 80%)
Номинальное рабочее напряжение, В	34
Диапазон сварочного тока, А	50–350
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	17–35
Напряжение холостого хода, В, не более	18–41
Номинальная первичная мощность, кВА	16
Габаритные размеры, мм	610×685×915
Масса, кг	200

8.4.33. Выпрямитель ВС-632

Выпрямитель предназначен для питания одного поста механизированной дуговой сварки и наплавки порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения в среде защитных газов и под флюсом на постоянном токе.

Выпрямитель имеет полого-падающую внешнюю вольт-амперную характеристику.

Выпрямитель обеспечивает ступенчатое регулирование напряжения (27 ступеней) путем переключения секций первичной обмотки силового трансформатора с дискретностью напряжения холостого хода от одного до двух вольт. Для выполнения вертикальных швов «сверху—вниз» используется специальная схема с балластным реостатом и диодом при включении обмоток силового трансформатора по схеме Y/Y. При этом максимальное значение напряжения холостого хода составит 70 В, а максимальное значение сварочного тока 210 А.

Выпрямитель снабжен пускозащитной аппаратурой и принудительной вентиляцией.

Технические данные:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Номинальный сварочный ток, А	630 (ПВ = 60%)
Номинальное рабочее напряжение, В	34
Диапазон сварочного тока, А	100–700
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	20–50
Напряжение холостого хода, В, не более	75
Номинальная первичная мощность, кВА	46
Продолжительность цикла сварки, мин	10
Количество ступеней регулирования рабочего напряжения	27
Габаритные размеры, мм	750×880×1200
Масса, кг	380

8.5. Резонансные источники питания

Высокие технологические свойства резонансных сварочных источников питания определяются в основном избирательными (резонансными) свойствами вторичного контура, нагруженного на дуговой промежуток. Применение резонансного контура во вторичной цепи обеспечивает практически синусоидальную форму кривой сварочного тока.

Сварочное оборудование данного класса обладает следующими преимуществами:

- высокий уровень электробезопасности, связанный с применением специальных схемных решений, ограничивающих напряжение холостого хода не более 38 В (в изделиях, выполненных по специальным требованиям — не более 12 В);
- высокий коэффициент полезного действия (до 80%);
- получение коэффициента мощности $\cos\varphi \geq 0{,}95$ достаточно простой настройкой резонансного контура;
- минимальный уровень помех, генерируемых в сеть и окружающее пространство, по сравнению со всеми известными образцами сварочного оборудования;
- уменьшение при коротком замыкании в сварочном контуре тока потребления из сети в 1,5—2 раза (в известных типах сварочных аппаратов он обычно возрастает в 2—2,5 раза);
- отсутствие бросков тока при зажигании дуги, что позволяет снизить концентрацию диффузионного водорода в шве и тем самым улучшить его прочностные свойства.

8.5.1. Резонансный сварочный источник питания «Хобби-110»

Устройство «Хобби-110» является самым малогабаритным в классе резонансных сварочных аппаратов. Оно также отличается рекордно низким энергопотреблением, что позволяет успешно применять его при слабых бытовых электросетях однофазного переменного тока (гаражи, дачи, частные дома и т. д.).

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети, В/Гц	220/50
Максимальный первичный ток, А	12
Первичный ток в режиме к.з., А	7,5
Максимальный вторичный ток, А	110
Номинальный вторичный ток, А	100
Способ регулирования сварочного тока	Ручной (3 ступени)
Напряжение холостого хода, В	36
Пределы изменения сварочного тока по ступеням, А	50–70/60–80/70–110
Максимальный вес, кг	10

Рис. 8.39. Резонансный сварочный источник питания «Хобби-110»

8.5.2. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-153»

Источник сварочного тока «РСИ-153» предназначен для сварки стальных листов и металлоконструкций электродами рутилового типа диаметром от 1,5 до 4,0 мм.

Рис. 8.40. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-153»

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети, В/Гц	220/50
Максимальный первичный ток, А	18
Максимальный вторичный ток, А	170
Номинальный вторичный ток, А	150
Способ регулирования сварочного тока	Ручной (6 ступеней)
Напряжение холостого хода, В	32–36
Пределы изменения сварочного тока, А	50–150
Максимальный вес, кг	16

8.5.3. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-153-Т3»

«РСИ-153-Т3» специализированный аппарат для ремонтных и сантехнических служб города, предназначен для сварки стальных листов и металлоконструкций электродами рутилового типа диаметром от 1,5 до 4,0 мм.

Рис. 8.41. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-153-Т3»

Устройство установлено на транспортной тележке, на которой также расположен модуль с необходимыми для работы инструментами. Набор принадлежностей сварщика включает: электрододержатель со сварочным кабелем, обратный кабель с прижимом к изделию, защитный щиток и рабочие перчатки.

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети, В/Гц	220/50
Максимальный первичный ток, А	18
Максимальный вторичный ток, А	160
Номинальный вторичный ток, А	150
Способ регулирования сварочного тока	Ручной (9 ступеней)
Напряжение холостого хода, В	32–37
Пределы изменения сварочного тока, А	50–150
Максимальный вес, кг	26

8.5.4. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-160м»

Источник сварочного тока «РСИ-160м» предназначен для сварки стальных листов и металлоконструкций электродами рутилового типа диаметром от 1,5 до 4,0 мм.

Рис. 8.42. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-160м»

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети, В/Гц	220/50
Максимальный первичный ток, А	16
Максимальный вторичный ток, А	160
Номинальный вторичный ток, А	150
Способ регулирования сварочного тока	Ручной (6 ступеней)
Напряжение холостого хода, В	38
Пределы изменения сварочного тока, А	60–160
Максимальный вес, кг	18

8.5.5. Резонансный сварочный источник «РСИ-180п»

Сварочный агрегат «РСИ-180п» предназначен для санитарно-технических служб города.

Рис. 8.43. Резонансный сварочный источник «РСИ-180п»

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети, В/Гц	220/50
Максимальный первичный ток, А	24
Максимальный вторичный ток, А	200
Номинальный вторичный ток, А	180
Способ регулирования сварочного тока	Плавный
Напряжение холостого хода, В	39(12*)
Пределы изменения сварочного тока, А	50–200
Максимальный вес, кг	18

Примечание. ** — для устройств, оснащенных ограничителем холостого хода.*

8.5.6. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-200»

Сварочный агрегат «РСИ-200» предназначен для санитарно-технических служб города.

Рис. 8.44. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-200»

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети, В/Гц	220/50
Максимальный первичный ток, А	24
Максимальный вторичный ток, А	200
Номинальный вторичный ток, А	180
Способ регулирования сварочного тока	Ручной (16 ступеней)
Способ регулирования напряжения	Ручной (12 ступеней)
Напряжение холостого хода, В	39
Пределы изменения сварочного тока, А	60–200
Максимальный вес, кг	23

8.6. Сварочные инверторы

Наиболее современными, но и технически более сложными источниками сварочного тока являются сварочные инверторы. В отличие от статических источников питания, так называемых «классических» типов (т. е. трансформаторов и выпрямителей), у инверторов отсутствует силовой трансформатор. Вся работа сварочного инвертора построена на принципе фазового сдвига (инверсии) напряжения, осуществляемого электронной микропроцессорной схемой (обычно микропроцессором типа IGBT) с покаскадным усилением тока. За счет применения такого принципа удается получить широкий спектр вольтамперных характеристик — от крутопадающей до возрастающей, с очень гладкой кривой тока. Отклонения тока в этих схемах снижены до уровня десятых долей процента, это позволяет добиваться высокого качества сварки.

Включение в схему сварочного инвертора высокочастотного генератора (для значительного повышения частоты переменного тока) расширяет сферу применения инверторных источников питания и позволяет использовать их практически для любого метода дуговой сварки и для плазменной резки. За счет небольшой массы инверторы малой мощности очень перспективны для использования при монтаже особо ответственных металлоконструкций и трубопроводов, к сварным соединениям которых предъявляются повышенные требования, а условия работы не позволяют применять громоздкое промышленное оборудование, предназначенное для работы в цеховых условиях. Мощные инверторы промышленного типа позволяют создавать сварочные комплексы для любого вида дуговой сварки, построенные по модульному принципу на основе одного источника тока. Все инверторы имеют плавную регулировку сварочного тока, а цифровая схема микропроцессора, оснащенного электронной памятью, позволяет организовать запоминание нескольких наиболее часто применяемых режимов сварки.

Наличие сложной и дорогостоящей электроники, требующей поддержания особых условий эксплуатации, резко увеличивает стоимость инверторных источников, но высокое качество получаемых сварных соединений и широкий спектр методов сварки делает их наиболее перспективными для промышленного применения, особенно при производстве сложных и ответственных металлоконструкций из различных материалов.

8.6.1. Высокочастотн ый транзисторный преобразователь «КОРАЛ-154м»

Высокие сварочно-технологические свойства обеспечиваются при использовании любых типов электродов как с рутиловым покрытием, так и базовых (основных).

Устройства снабжены сенсорами тепловой защиты, что обеспечивает высокую надежность в эксплуатации. Плавная регулировка сварочного тока позволяет пользователю достаточно просто выбирать необходимые режимы сварки.

Устройство «КОРАЛ-154м» представляет собой идеальное техническое средство как для профессионалов, так и для любителей, при выполнении сварочных работ штучными электродами диаметром от 1,5 до 3,2 мм.

Рис. 8.45. Высокочастотный транзисторный преобразователь «КОРАЛ-154м»

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети, В/Гц	220/50
Максимальный первичный ток	18
Пределы регулирования сварочного тока, А	5–140
Напряжение холостого хода, В	55
Коэффициент полезного действия, %	85
Коэффициент мощности	0,85
Продолжительность включения (для токов: 90/120/140 А), %	100/60/35
Габаритные размеры, мм	290×240×125
Максимальный вес, кг	6,3

8.6.2. Высокочастотный транзисторный преобразователь «КОРАЛ-163-И»

Высокие сварочно-технологические свойства обеспечиваются при использовании любых типов электродов как с рутиловым покрытием, так и базовых (основных).

Рис. 8.46. Высокочастотный транзисторный преобразователь «КОРАЛ-163-И»

Устройство снабжено сенсорами тепловой защиты, что обеспечивает высокую надежность в эксплуатации. Плавная регулировка сварочного тока позволяет пользователю достаточно просто выбирать необходимые режимы сварки.

Устройство «КОРАЛ-163-И» представляет собой идеальное техническое средство как для профессионалов, так и для любителей, при выполнении сварочных работ штучными электродами диаметром от 1,5 до 4,0 мм.

Может использоваться как источник тока для аргонно-дуговой сварки (TIG-процесс).

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети, В/Гц	220/50
Максимальный первичный ток	20
Пределы регулирования сварочного тока, А	5–160
Напряжение холостого хода, В	85

Коэффициент полезного действия, %	85
Коэффициент мощности	0,75
Продолжительность включения (для токов: 110/130/150 А), %	100/60/30
Габаритные размеры, мм	290×240×125
Максимальный вес, кг	5,6

8.6.3. Высокочастотный транзисторный преобразователь «КОРАЛ-301-2»

Высокие сварочно-технологические свойства обеспечиваются при использовании любых типов электродов как с рутиловым покрытием, так и базовых (основных).

Рис. 8.47. Высокочастотный транзисторный преобразователь «КОРАЛ-301-2»

Устройства снабжены сенсорами тепловой защиты, что обеспечивает высокую надежность в эксплуатации. Плавная регулировка сварочного тока позволяет пользователю достаточно просто выбирать необходимые режимы сварки.

Устройство «КОРАЛ-301-2» представляет собой идеальное техническое средство как для профессионалов, так и для любителей при выполнении сварочных работ штучными электродами диаметром от 1,5 до 5,0 мм или двухпостовой работы электродами диаметром от 1,5 до 3,2 мм. При двухпостовой работе регулировка каждого поста автономна.

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети, В/Гц	220/50
Максимальный входной ток, А	33
Пределы регулирования сварочного тока, А	10–300
Напряжение холостого хода, В	56
Коэффициент полезного действия, %	85
Коэффициент мощности	0,95
Продолжительность включения (при токах: 220/250/300 А), %	100/60/30
Габаритные размеры, мм	345×270×250
Максимальный вес, кг	13,8

8.6.4. Ручной малогабаритный инструмент для дуговой сварки «МИКРОША-3/80»

Ручной малогабаритный инструмент (РМИ) «МИКРОША-3/80» предназначен для выполнения сварочных и ремонтных работ в автосервисе, в условиях чрезвычайных ситуаций, а также при монтажных работах в труднодоступных местах.

Рис. 8.48. Ручной малогабаритный инструмент для дуговой сварки «МИКРОША-3/80»

РМИ состоит из двух блоков (см. блок-схему):
- блока первичного питания (БПП), подключаемого к сети переменного тока;
- высокочастотного сварочного преобразователя (ВСП).

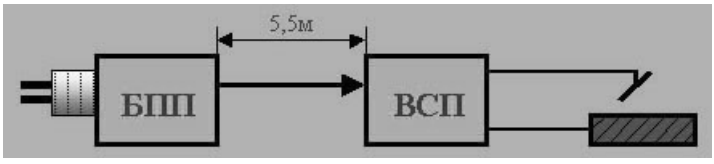


Рис. 8.49. Блок-схема РМИ «МИКРОША-3/80»

Устройство представляет собой идеальное техническое средство как для профессионалов, так и для любителей при выполнении сварочных работ штучными электродами диаметром от 1,5 до 3,0 мм.

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети (однофазной), В/Гц		220/50
Максимальный первичный ток, А		6,5
Пределы регулирования сварочного тока, А		5–80
Напряжение холостого хода, В		55
Коэффициент полезного действия, %		85
Коэффициент мощности		0,8
Продолжительность включения (для токов: 30/60/80 А), А		100/60/30
Максимальный вес, кг	БПП	0,5
	ВСП	0,8

8.6.5. Сварочные аппараты Discovery 140, Discovery 150 (WECO, Италия)

Малогабаритные инверторные источники питания постоянного тока Discovery предназначены для ручной электродуговой MMA DC сварки всеми типами покрытых электродов и TIG DC сварки вольфрамовым электродом внутри рабочих помещений. Сварочные аппараты Discovery могут использоваться, как профессиональными сварщиками, так и начинающими сварщиками. Настройка необходимых параметров сварки производится плавно вручную. Сварка с минимальной перегрузкой однофазной сети позволяет производить сварку в домашних условиях (при соблюдении соответствующих требований пожарной безопасности). TIG сварка возможна только с применением горелки с клапаном серии Protig Standart — тип держателя *R*, тип присоединения *V*.

Рис. 8.50. Сварочные аппараты Discovery 140, Discovery 150

Сварочные аппараты Discovery 140, Discovery 150 обеспечивают:

- режим «Горячий старт» — начальный процесс сварки без дефектов;
- система «Антиприлипания» — предохраняет электрод от вваривания (прихвата) в начале сварки;
- регулируемая система оптимизации мощности дуги — легкое зажигание и устойчивое горение дуги;
- автоматическое отключение сварочного контура при коротком замыкании более 2-х секунд (например, прилипание электрода), после устранения которого автоматически восстанавливается напряжение холостого хода;
- режим TIG DC сварки;
- контактное зажигание дуги на малых токах при TIG сварке без регулировки газа;
- режим импульсной сварки, позволяющий работать с тонколистовым металлом.

Техническая характеристика Discovery 140, Discovery 150:

Характеристика		Discovery 140	Discovery 150
Напряжение питания, В		220	220
Потребляемый ток, А		16	16
Напряжение холостого хода, В		54	54
Сварочный ток, А		5–140	5–150
Ток рабочего цикла при продолжительности включения (40 °С)	100%	100	100
	35%	140	150
Диаметр электрода, мм		До 3,2	До 3,2
Класс защиты		IP 23	IP 23
Стандарт		EN 60974-1	EN 60974-1
Габариты, мм		120×310×215	120×310×215
Вес аппарата, кг		4,3	4,3

8.6.6. Сварочные аппараты Discovery 160, Discovery 200 (WECO, Италия)

Малогабаритные инверторные источники питания постоянного тока Discovery предназначены для ручной электродуговой MMA DC сварки всеми типами покрытых электродов и TIG DC сварки вольфрамовым электродом внутри рабочих помещений и на открытом воздухе (класс изоляции H). Сварочные аппараты Discovery могут использоваться, как профессиональными сварщиками, так и начинающими сварщиками. Сварочные аппараты Discovery 160 и Discovery 200 имеют встроенный микропроцессор, который контролирует все сварочные параметры. Наличие процессора позволяет с легкостью получать сварные швы высокого качества. Кроме этого имеется тонкая ручная настройка режима сварки. TIG сварка возможна только с применением горелки с клапаном серии Protig Standart — тип держателя *R*, тип присоединения *V*.

Рис. 8.51. Сварочные аппараты Discovery 160, Discovery 200

Сварочные аппараты Discovery 160, Discovery 200 обеспечивают:

- режим «Горячий старт» — начальный процесс сварки без дефектов;
- система «Антиприлипания» — предохраняет электрод от вваривания в начале сварки;
- регулируемая система оптимизации мощности дуги — легкое зажигание и устойчивое горение дуги;
- автоматическое отключение сварочного контура при коротком замыкании более 2-х секунд (например, прилипание электрода), после устранения которого автоматически восстанавливается напряжение холостого хода;
- режим TIG DC сварки;
- контактное зажигание дуги на малых токах при TIG сварке без регулировки газа;
- режим импульсной сварки, позволяющий работать с тонколистовым металлом.

Техническая характеристика Discovery 160, Discovery 200:

Характеристика		Discovery 160	Discovery 200
Напряжение питания, В		220	380
Потребляемый ток, А		25	10
Напряжение холостого хода, В		65	65
Сварочный ток, А		5–160	5–200
Ток рабочего цикла при продолжительности включения (40 °C)	100%	130	130
	60%	160	200
Диаметр электрода, мм		До 4,0	До 5,0
Класс защиты		IP 23	IP 23
Стандарт		EN 60974-1	EN 60974-1
Габариты, мм		160×400×260	160×400×260
Вес аппарата, кг		9,0	9,0

8.6.7. Сварочные аппараты Presto 135 Plus, Presto 165 (Air Liquide Welding, Франция)

Переносные инверторные источники питания постоянного тока Presto 135 Plus, Presto 165 предназначены для ручной электродуговой сварки MMA DC всеми типами покрытых электродов и TIG DC сварки вольфрамовым электродом. Сварочные аппараты имеют встроенную систему защиты от перегрузки сети.

Сварочные аппараты Presto 135 Plus, Presto 165 имеют класс изоляции H и могут эксплуатироваться на открытом воздухе. Сварочные аппараты Presto могут использоваться, как профессиональными сварщиками, так и начинающими сварщиками. Настройка необходимых параметров сварки производится плавно вручную. TIG сварка возможна только с применением горелки с клапаном серии Protig Standart — тип держателя *R*, тип присоединения *V*.

Рис. 8.52. Сварочные аппараты Presto 135 Plus, Presto 165

В сварочных аппаратах Presto 135 Plus, Presto 165 предусмотрены:

- режим «Горячий старт» — начальный процесс сварки без дефектов;
- система «Антиприлипания» — предохраняет электрод от вваривания в начале сварки;
- регулируемая система оптимизации мощности дуги;
- регулируемая динамика мощности дуги;
- автоматическое отключение сварочного контура при коротком замыкании более 2-х секунд (например, прилипание электрода), после устранения которого автоматически восстанавливается напряжение холостого хода;
- режим TIG DC сварки;
- контактное зажигание дуги на малых токах при TIG сварке без регулировки подачи газа.

Техническая характеристика Presto 135 Plus, Presto 165:

Характеристика		Presto 135	Presto 165
Напряжение питания, В		220	220
Потребляемый ток, А		27	31
Напряжение холостого хода, В		55	85
Сварочный ток, А		5–130	5–160
Ток рабочего цикла при продолжительности включения (40 °C)	100%	105 (120 при 20 °C)	130 (140 при 20 °C)
	60%	120 (130 при 20 °C)	140 (160 при 20 °C)
	35%	130	160
Диаметр электрода, мм		До 3,2	До 4,0
Класс защиты		IP 23	IP 23
Стандарт		EN 60974-1	EN 60974-1
Габариты, мм		415×170×310	470×170×340
Вес аппарата, кг		7,0	13,0

8.6.8. Сварочные аппараты Presto 250 (Air Liquide Welding, Франция)

Переносные инверторные источники питания постоянного тока Presto 250 предназначены для ручной электродуговой сварки MMA DC всеми типами покрытых электродов и TIG DC сварки вольфрамовым электродом.

Рис. 8.53. Сварочные аппараты Presto 250

Сварочные аппараты Presto 250 имеют класс изоляции H и могут эксплуатироваться на открытом воздухе. Сварочные аппараты Presto могут использоваться, как профессиональными сварщиками, так и начинающими сварщиками. Встроенный микропроцессор позволяет значительно облегчить работу сварщика, автоматически регулируя электрические характеристики сварки в условиях быстро изменяемой ситуации горения дуги и формирования сварочной ванны. Кроме того, настройка необходимых параметров сварки может производиться плавно вручную. Встроенный цифровой индикатор показывает ток и напряжение до начала процесса, во время и после окончания сварки. TIG сварка возможна только с применением горелки с клапаном серии Protig Standart — тип держателя *R*, тип присоединения *V*.

В сварочных аппаратах Presto 250 предусмотрены:

- режим «Горячий старт» — начальный процесс сварки без дефектов;
- система «Антиприлипания» — предохраняет электрод от вваривания в начале сварки;
- регулируемая система оптимизации мощности дуги;
- регулируемая динамика мощности дуги;
- автоматическое отключение сварочного контура при коротком замыкании более 2-х секунд (например, прилипание электрода), после устранения которого автоматически восстанавливается напряжение холостого хода;
- режим TIG DC сварки;
- контактное зажигание дуги на малых токах при TIG сварке без регулировки газа.

Техническая характеристика Presto 250:

Характеристика		Presto 250
Напряжение питания, В		220
Потребляемый ток, А		14,2
Напряжение холостого хода, В		75
Сварочный ток, А		3–250
Ток рабочего цикла при продолжительности включения (40 °C)	100%	180 (200 при 20 °C)
	60%	200 (230 при 20 °C)
	35%	250
Диаметр электрода, мм		До 5,0
Класс защиты		IP 23
Стандарт		EN 60974-1
Габариты, мм		390×215×540
Вес аппарата, кг		24,0

8.6.9. Сварочные аппараты серии SAXO (Air Liquide Welding, Франция)

Малогабаритные переносные инверторные источники питания постоянного тока серии SAXO предназначены для ручной электродуговой сварки MMA DC с минимальной перегрузкой однофазной сети, что позволяет производить сварку в домашних условиях (при соблюдении соответствующих требований пожарной безопасности). Кроме того, аппараты позволяют применять TIG DC сварку вольфрамовым электродом.

Модели Saxo 3.0 Pack и Saxo 3.5 Pack предназначены для ручной сварки всеми типами покрытых электродов внутри рабочих помещений. Сварочные аппараты Saxo 3.0 Pack и Saxo 3.5 Pack могут использоваться, как профессиональными сварщиками, так и начинающими сварщиками. Настройка необходимых параметров сварки производится плавно вручную. TIG сварка возможна только с применением горелки с клапаном серии Protig Standart — тип держателя *R*, тип присоединения *V*. Оборудование поставляется в комплекте с принадлежностями для сварки в удобном чемоданчике.

Модель Saxo 4.0 предназначена для ручной сварки всеми типами покрытых электродов внутри рабочих помещений. Сварочные аппараты Saxo 4.0 могут использоваться, как профессиональными сварщиками, так и начинающими сварщиками. Настройка необходимых параметров сварки производится плавно вручную. TIG сварка возможна только с применением горелки с клапаном серии Protig Standart — тип держателя *R*, тип присоединения *V*.

Модель Saxo 5.0 предназначена для ручной сварки всеми типами покрытых электродов, а также TIG сварки вольфрамовым электродом в среде инертных газов на постоянном токе без вольфрамовых включений в наплавленном металле, как внутри рабочих помещений, так и на открытом воздухе (класс изоляции H). Встроенный микропроцессор позволяет значительно облегчить работу сварщика, регулируя электрические характеристики в условиях быстро изменяемой ситуации горения дуги и формирования сварочной ванны. Кроме того, настройка необходимых параметров сварки может производиться плавно вручную. Встроенный цифровой индикатор показывает ток и напряжение до начала процесса, во время и после окончания сварки, а также коды неисправностей в случае отсутствия необходимых параметров.

В сварочных аппаратах Saxo предусмотрены:

- режим «Горячий старт» — начальный процесс сварки без дефектов (кроме Saxo 4.0);
- система «Антиприлипания» — предохраняет электрод от вваривания в начале сварки (кроме Saxo 4.0);
- регулируемая система оптимизации мощности дуги;
- регулируемая динамика мощности дуги (только у Saxo 5.0);

Рис. 8.54. Сварочные аппараты серии SAXO

- автоматическое отключение сварочного контура при коротком замыкании более 2-х секунд (например, прилипание электрода), после устранения которого автоматически восстанавливается напряжение холостого хода;
- режим TIG DC сварки (только у Saxo 5.0);
- контактное зажигание дуги на малых токах при TIG сварке (только у SAXO 5.0).

Техническая характеристика Saxo:

Характеристика		Saxo 3.0	Saxo 3.5	Saxo 4.0	Saxo 5.0
Напряжение питания, В		220	220	220	380
Потребляемый ток, А		13	24	30	17
Напряжение холостого хода, В		75	75	86	95
Сварочный ток, А		5–90	5–130	15–160	5–220
Ток рабочего цикла при продолжительности включения (40 °С)	100%	60 (при 20 °С)	120	150	60
	60%	70 (при 20 °С)	140	180	90
	35%	90 (при 20 °С)	160 при 40%	220	125, при 15%
Диаметр электрода, мм		До 2,5	До 3,2	До 4,0	До 5,0
Класс защиты		IP 21	IP 21	IP 21	IP 23
Стандарт		EN 60974-1	EN 60974-1	EN 60974-1	EN 60974-1
Габариты, мм		300×110×200	300×110×190	380×210×535	470×245×380
Вес аппарата, кг		2,6	3,5	12	17

8.7. Комбинированные источники сварочного тока

8.7.1. Источник резонансный дуговой комбинированный «РДК-300М»

Источник «РДК-300М» является профессиональным сварочным аппаратом, способным работать при продолжительности включения ПВ=60% практически с любыми типами электродов. Это достигнуто, благодаря двойному резервированию емкостного реактора, а также применению схемы комбинированного резонанса.

Рис. 8.55. Источник резонансный дуговой комбинированный «РДК-300М»

Высокие технологические свойства резонансных сварочных источников определяются в основном избирательными свойствами резонансного вторичного контура. Применение резонансного контура во вторичной цепи обеспечивает практически синусоидальную форму кривой сварочного тока, что приводит к существенным преимуществам сварочного оборудования данного класса и значительному снижению энергопотребления из питающей сети (в 2—4 раза по сравнению с традиционными сварочными трансформаторами).

В устройстве предусмотрена тепловая защита емкостного реактора, выполненная на основе биметаллического реле. Модульная конструкция

РДК-300М позволяет использовать его для питания двух- и трехфазных дуг, что существенно расширяет технологические возможности данного оборудования. По желанию заказчика в устройстве может быть установлен блок выпрямителя, оснащенный модулем стабилизатора горения сварочной дуги.

Технические характеристики:

Напряжение/частота питающей сети (2 варианта), В/Гц	220/50; 380/50
Максимальный первичный ток, А	36
Максимальный вторичный ток, А	300
Номинальный вторичный ток, А	280
Первичный ток в режиме к.з., А	25
Способ регулирования сварочного тока	Ручной (6 ступеней + плавный)
Напряжение холостого хода, В	39
Пределы изменения сварочного тока, А	60–300
Продолжительность включения (для токов: 180/220/250/280 А), %	100/80/60/50
Максимальный вес, кг	33

8.8. Сварочные генераторы

В сварочных трансформаторах и сварочных выпрямителях преобразование тока происходит за счет электрических и электромагнитных процессов при отсутствии вращающихся деталей и узлов (за исключением элементов механических систем регулировки тока), поэтому такие источники питания называются статическими.

Однако раньше статических источников питания были разработаны сварочные генераторы. Отличительной особенностью сварочных генераторов является наличие в них вращающегося якоря, приводимого в движение внешним приводом. Принцип действия сварочного генератора аналогичен работе любого генератора постоянного тока. Сварочные установки на основе генераторов с приводом от электродвигателя называются сварочными преобразователями, с приводом от двигателя внутреннего сгорания (бензинового или дизельного) — сварочными агрегатами.

За счет взаимодействия магнитных потоков в якоре и статоре генератора происходит формирование сварочного тока. Сварочные генераторы имеют широкий спектр вольтамперных характеристик: крутопадающие, крутопадающие в сочетании с полого-падающими, жесткие в сочетании с возрастающими. Конструктивно различают генераторы с независимой системой возбуждения главного магнитного поля и генераторы с самовозбуждением.

Генераторы с независимыми возбуждением требуют дополнительно отдельного источника тока для обмотки возбуждения. Двойные вольтамперные характеристики генераторов формируются за счет последовательного подключения дополнительных намагничивающих обмоток возбуждения. При их включении вольтамперная характеристика имеет крутопадающую форму, при отключенной намагничивающей обмотке вольтамперная характеристика генератора будет полого-падающей. Для питания намагничивающих обмоток возбуждения требуется автономный источник постоянного тока, поэтому такой тип генератора обычно

применяют в тех случаях, когда в качестве привода используется электродвигатель, работающий от сети переменного тока.

В генераторах с самовозбуждением для получения постоянного напряжения для возбуждения на коллекторе устанавливают промежуточную щетку, расположенную между двумя основными щетками. За счет постоянного сдвига фаз между промежуточной и основными щетками, напряжение между промежуточной щеткой и опережающей ее основной щеткой будет постоянным, и может быть использовано для питания намагничивающих обмоток возбуждения. Такие генераторы обычно применяются в мобильных сварочных агрегатах с приводом от двигателя внутреннего сгорания.

Вращающиеся (генераторные) сварочные источники питания с ламельно-щеточным механизмом просты и дешевы в изготовлении и эксплуатации. Однако вредные условия действующего производства (высокая влажность, масляные пары, пыль с наличием абразивных частиц) приводят к быстрому выходу из строя пары трения «щетки-ламели на коллекторе». Более совершенной является схема вентильного генератора, в котором роль коллектора выполняет бесконтактное полупроводниковое выпрямительное устройство. В этих генераторах обмотка возбуждения закреплена на корпусе статора, а рабочие обмотки размещены на статоре с постоянным сдвигом фаз и тем самым образуют многофазную (обычно 3-фазную) систему. При вращении якоря его магнитное поле индуцирует в статоре синусоидальные трехфазные токи со сдвигом фаз $2\pi/3$ (120°). Частота этих токов определяется частотой вращения якоря и числом пар полюсов статора. Далее трехфазный ток, снимаемый с фазных обмоток статора, преобразуется в постоянный в выпрямительном блоке, собранном обычно по трехфазной мостовой схеме. За счет большого индуктивного сопротивления обмотки статора вольтамперная характеристика такого генератора будет падающей.

Бесколлекторные генераторы (например, ГД-4004) надежнее в работе, но более требовательны к температурным перепадам, условиям охлаждения полупроводниковых вентилей и точности поддержания частоты вращения приводного двигателя.

8.8.1. Автономные источники сварочного тока (SPARKY, Болгария)

В основу компактных технологических комплексов положены синхронные агрегат-генераторы фирмы SPARKY (Болгария) с приводом, выполненным на базе двигателей фирм BRIGG & STRATTON (США), HONDA (Япония) или VANGUARD (Германия). Данный класс генераторов является безщеточным, что обеспечивает высокую эксплуатационную надежность.

Комплекс имеет следующие преимущества:

- надежный легкий запуск;
- наличие электронной системы зажигания, что обеспечивает уверенный запуск в любых условиях;
- нестабильность частоты вращения ДВС составляет менее 0,5%;
- высокая нагрузочная способность агрегат-генератора (автоматическое выключение происходит при перегрузке 450% в течение 4 секунд).

Автономный сварочно-технологический комплекс «АСТК-3»

Комплекс «АСТК-3» предназначен для проведения сварочных, наплавочных и ремонтно-восстановительных работ в условиях отсутствия стационарных электрических сетей, а также в различных чрезвычайных ситуациях. Он может быть рекомендован для ремонтных и сантехнических служб городского хозяйства, ремонт-

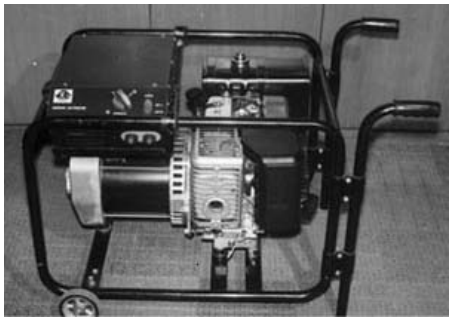


Рис. 8.56. Автономный сварочно-технологический комплекс «АСТК-3»

но-восстановительных работ на трубопроводах и т. д. при ручной дуговой сварке и резке штучными электродами с рутиловым покрытием.

Технические характеристики:

Мощность генератора постоянного тока, кВА		3,2
Пределы регулирования сварочного тока, А		50–140
Максимальный ток резки, ПВ=100%, А		140
Максимальная толщина при электродуговой резке сталей, мм		12
Продолжительность включения	при сварке электродами диаметрами 3,0/4,0 мм	60/40
	при резке электродами диаметром 4,0 мм	40
Напряжение холостого хода, В		30–38
Соответствие нормам по уровню ЭМС		EN 50350
Расход бензина (октановое число не ниже марки А-80), л/час		3,2
Общий вес, кг		72

8.8.3. Автономный сварочно-технологический комплекс «АСТК-8»

Комплекс «АСТК-8» предназначен для проведения сварочных, наплавочных и ремонтно-восстановительных работ в условиях отсутствия стационарных электрических сетей, а также в различных чрезвычайных ситуациях. Он может быть реко-

Рис. 8.57. Автономный сварочно-технологический комплекс «АСТК-8»

мендован для ремонтных и сантехнических служб городского хозяйства, ремонтно-восстановительных работ на трубопроводах и т. д. при использовании процессов ручной электродуговой и механизированной полуавтоматической сварки, резки и наплавки.

Технические характеристики:

Мощность генератора постоянного тока, кВА		7,5
Пределы регулирования сварочного тока, А		50–300
Максимальный ток резки, ПВ=100%, А		250
Максимальная толщина при электродуговой резке сталей, мм	штучным электродом	24
	порошковой проволокой полуавтоматом	50
Продолжительность включения, %	при сварке электродами диаметрами 3,0/4,0/5,0 мм	100/100/60
	при резке электродами диаметром 4,0 мм	100
	при сварке порошковой проволокой диаметрами 2,6/3,0 мм	100/70
Напряжение холостого хода сварочного источника, В		30–42
Соответствие нормам по уровню ЭМС		EN 50350
Расход бензина (октановое число не ниже марки А-80), л/час		4,3
Общий вес, кг		180

8.8.2. Дизельный сварочный агрегат АДД-4001С

Дизельный сварочный агрегат АДД-4001С (произведено в РФ) предназначен для питания одного поста при ручной дуговой сварке, резке и наплавке покрытыми электродами на постоянном токе в полевых условиях при температуре от −45 до +45 °С.

Рис. 8.58. Дизельный сварочный агрегат АДД-4001С

Сварочный агрегат имеет:
- плавно-ступенчатое регулирование сварочного тока;
- дистанционное регулирование сварочного тока.

Техническая характеристика:

Номинальный сварочный ток, А (при ПВ,%)	400 (60%)
Пределы регулирования сварочного тока, А	60–450
Номинальное рабочее напряжение, В	36
Напряжение холостого хода, В	100

Тип дизельного двигателя	Д144-81
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	37 (50)
Номинальная скорость вращения, об/мин	1800
Расход топлива в номинальном режиме, л/час	5,2
Охлаждение двигателя	Воздушное
Масса, кг	820
Габаритные размеры, мм	2240×1000×1300

8.9. Вспомогательные устройства для электросварки

8.9.1. Стабилизатор сварочной дуги — СД

Стабилизатор сварочной дуги (производство — РФ) предназначен для поддержания устойчивого горения дуги при сварке трансформатором переменного тока. Блок работает совместно с однофазным однопостовым сварочным трансформатором с напряжением питания 380 В и напряжением холостого хода 45—80 В. Блок изготавливается в климатическом исполнении У категория 2 согласно ГОСТ 15150. Блок рассчитан на эксплуатацию под навесом или в помещениях при температуре окружающего воздуха от минус 40 °С до плюс 55 °С. Блок рассчитан на эксплуатацию в помещениях с рабочим значением влажности воздуха (сочетания относительной влажности и температуры) 90% при 15 °С (категория 5 по ГОСТ 15150).

Технические данные:

- питание от сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц;
- амплитуда импульсов стабилизации не более 500 В;
- частота следования импульсов стабилизации 100 Гц;
- мощность потребления не более 250 Вт;
- масса 8 кг;
- габаритные размеры 350×250×160 мм.

8.9.2. Ограничитель-стабилизатор сварочной дуги — ТОН2-СД (РФ)

Предназначен для совместной работы с однопостовыми сварочными трансформаторами. Обеспечивает устойчивое горение сварочной дуги, а также автоматическое снижение напряжения холостого хода до безопасной величины 12 В, после размыкания сварочной цепи. Работает совместно с любым серийно выпускаемым трансформатором для ручной дуговой сварки с напряжением холостого хода 45—80 В переменного тока.

Ограничитель-стабилизатор поддерживает устойчивое горение дуги:

- при ручной аргонодуговой сварке алюминия и его сплавов неплавящимися электродами на переменном токе;
- при ручной дуговой сварке плавящимися электродами, предназначенными и для переменного, и для постоянного тока.

Облегчается зажигание сварочной дуги в неблагоприятных условиях (наличие на поверхности изделия шлака, ржавчины, окалины).

Использование ограничителя-стабилизатора дает возможность высвободить дорогостоящий источник постоянного тока, обеспечивая при этом требуемое качество сварочного шва, высокую производительность , уменьшение разбрызгива-

ния металла при сварке. Кроме этого, позволяет снизить расход электроэнергии при холостом ходе сварочного трансформатора и улучшает cosφ.

Для повышения электробезопасности работы сварщика введена звуковая и световая сигнализация, которая срабатывает при увеличении напряжения холостого хода сварочного трансформатора более 12 В и аварийном отключении при неисправности ограничителя-стабилизатора, а также нарушении целостности провода обратного тока.

Ограничитель-стабилизатор не предназначен для работы в средах взрывоопасных, насыщенных токопроводящей пылью, а также содержащих едкие пары и газы, вызывающие усиленную коррозию металлов и разрушение изоляции.

8.9.3. Устройство стабилизации горения дуги — УСГД (РФ)

Во время работы сварочных трансформаторов основным недостатком является невысокая стабильность горения дуги, вызванная периодическими переходами сварочного тока через нулевые значения при смене полярности на электроде и изделии. Этот недостаток удается ликвидировать, используя устройство стабилизации горения дуги (УСГД).

Устройство стабилизации горения дуги использует идею импульсного повторного поджига дуги, при этом обеспечивается подача стабилизирующего импульса всякий раз, когда исчезает сварочный ток.

Принцип работы этого устройства заключается в следующем: после прохождения сварочного тока через «ноль» блок управления формирует управляющий импульс, который поступает на один из тиристоров и заряжает конденсатор цепи. В следующий полупериод открывается другой тиристор и этот же конденсатор сначала разряжается, а потом перезаряжается через второй тиристор этой же цепи, создавая на дуговом промежутке стабилизирующий импульс. После прекращения сварки (работа трансформатора на холостом ходу) УСГД автоматически отключается.

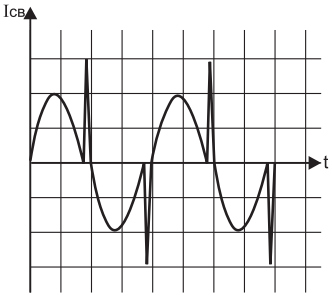


Рис. 8.59. График сварочного тока с импульсами повторного поджига дуги

Устройство стабилизации горения дуги позволяет за счет стабилизирующих импульсов (до 600 В, 100 Гц.) производить сварку на переменном токе электродами с основным покрытием всех типов (АНО, УОНИ и т. д.) а также аргонодуговую сварку любых металлов (алюминий, медь, нержавеющая сталь, чугун и т. д.), в тех случаях, когда допускается начальный поджиг дуги контактным способом.

8.9.4. Трансформаторный ограничитель напряжения — ТОН2 А (РФ)

Предназначен для автоматического ограничения напряжения холостого хода вторичной обмотки сварочного трансформатора до безопасного (не более 12 В) при разрыве сварочного контура (при отрыве от изделия электрода) Ограничитель позволяет снизить расход электроэнергии в режиме холостого хода сварочного трансформатора и улучшить cosφ. Блок работает совместно с однофазным однопостовым сварочным трансформатором с напряжением питания 380 В и напряжением холостого хода 45—80 В. Блок изготавливается в климатическом исполнении категория 2 согласно ГОСТ 15150. Блок рассчитан на эксплуатацию под навесом

или в помещениях при температуре окружающего воздуха от минус 40 °С до плюс 55 °С.

Блок рассчитан на эксплуатацию в помещениях с рабочим значением влажности воздуха (сочетания относительной влажности и температуры) 90% при 15 °С (категория 5 по ГОСТ 15150).

- питание от сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц;
- масса 10 кг;
- габаритные размеры 300×300×120 мм.

8.9.5. Блок снижения напряжения холостого хода БСН-10 (РФ)

Универсальный блок снижения напряжения холостого хода типа БСН-10 позволяет проводить сварочные работы на переменном и постоянном токе.

Блок предназначен для повышения электробезопасности сварочных работ и необходим при сварке в условиях повышенной опасности и особо опасных условиях эксплуатации: в замкнутых и стесненных условиях — туннелях, колодцах, резервуарах. Блок должен эксплуатироваться совместно со сварочными трансформаторами, имеющими напряжение холостого хода не более 80 В и номинальный ток до 500 А (ПВ = 35% при токе 500 А) или со сварочными выпрямителями с напряжением холостого хода не более 100 В и номинальным током до 500 А.

Рис. 8.60. Блок снижения напряжения холостого хода БСН-10

Технические характеристики:

Напряжение питающей сети, В	2×380/1×220
Частота питающей сети, Гц	50
Сниженное напряжение, В	8,5–12
Максимальный сварочный ток при ПВ=35%, А	500
Время выдержки после прекращения сварки, с	Не более 0,64
Время срабатывания, с	Не более 0,04
Расстояние между источником и блоком, м	Не более 5
Масса, кг	Не более 9
Габаритные размеры, мм	Не более 355×160×280

8.9.6. Блок снижения напряжения холостого хода сварочных трансформаторов БСНТ (РФ)

Блок снижения напряжения холостого хода сварочных трансформаторов БСНТ предназначен для повышения электробезопасности сварщика при смене электродов в процессе ручной дуговой сварки, резке и наплавке металла сварочными трансформаторами ТДМ-319 УХЛ5 или другими трансформаторами по ГОСТ 95—77 (на номинальный ток 160—500 А, номинальное напряжение 380 В или 660 В, частотой 50 Гц).

Технические характеристики:

Номинальный сварочный ток, А		315
Диапазон сварочного тока, А		60–330
Снижение напряжения	амплитуда, В	Не более 50
	действующее значение, В	Не более 12
Время выдержки, с		0,9–0,09
Время срабатывания, с		0,025
Масса, кг		Не более 25
Габариты, мм		470×370×270

8.9.7. Реостат балластный РБ-302 (РФ)

Реостат балластный предназначен для регулирования тока в многопостовых сварочных выпрямителях, обеспечения требуемой крутизны внешней вольтамперной характеристики в любых сварочных источниках.

Рис. 8.61. Реостат балластный РБ-302

Технические характеристики

Номинальный ток, А		315
Сопротивление, Ом	наименьшее	Не более 0,095
	наибольшее	Не менее 5
Пределы регулирования сварочного тока, А		6–315
Продолжительность цикла, мин		5
Масса, кг		26
Габаритные размеры, мм		605×370×500

8.9.8. Выбор сварочного кабеля

Площадь сечения сварочного кабеля и его длину желательно подбирать таким образом, чтобы падение напряжения U в соединительных проводах (прямом и обратном) сварочного контура не превышало 2 В. При этом падение напряжения

определяют как разность напряжений, измеренных на зажимах сварочной цепи источника питания (трансформатора, выпрямителя, агрегата) и между электродом и изделием.

Плотность тока в кабеле при номинальном значении сварочного тока данного источника питания не должна превышать 5 А/мм^2. Например, для номинального тока сварки 250 А сечение сварочного кабеля $S = 50$ мм^2, а суммарное сопротивление R прямого и обратного провода должно быть не более

$$R = \frac{U}{I_{-в}} = \frac{2}{250} = 0{,}008 \text{ Ом}.$$

Допустимая для заданного сечения общая длина L прямого и обратного провода определяется из формулы

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

откуда следует, что

$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{0{,}008 \cdot 50}{0{,}018} = 22 \text{ м}$$

для кабеля с медными жилами ($\rho = 0{,}018$ Ом $\cdot$ мм^2/м). Тогда длина как прямого, так и обратного проводов равна 11 м.

В табл. 8.1 приведены марки и характеристики сварочных кабелей.

Таблица 8.1. Характеристика сварочных кабелей

Марка кабеля	Сечение, мм^2	Допустимый сварочный ток, А
КОГ1х10*	10	50
КОГ1х16	16	80
КОГ1х25	25	125
КОГ1х35	35	175
КОГ1х50	50	250
КОГ1х70	70	350
КОГ1х95	95	485
КОГ1х120	120	600

** КОГ1х10 — кабель особо гибкий, одножильный, медный, с двойной изоляцией (1-й слой синтетическая оплетка, 2-й — резиновая изоляция), сечение 10 мм^2.*

Кроме кабеля марки КОГ выпускается кабель марки КГ (кабель гибкий) двух типоразмеров сечением 25 и 35 мм^2.

8.9.9. Электрододержатели производства Air Liquide Welding (Франция)

Электрододержатели производства Air Liquide Welding применяются для проведения ручной электродуговой ММА сварки и строжки всеми типами покрытых электродов.

Модели типа «Винт»

Электрододержатели этого типа состоят из удобного держателя, исключающего проскальзывание в руке, и верхней поворотной части при помощи которой на-

Рис. 8.62. Электрододержатели типа «Винт»

дежно удерживается электрод. Электрод вставляется в специальное отверстие в верхней поворотной части держателя.

Технические характеристики электрододержателей типа «Винт»:

Модель	Сила тока, А	Диаметр электрода, мм	Вес, кг
Vestalette	250	3,2	0,35
Stubby	400	5,0	0,5
Master	500	5,0	0,5
Vestale	500	6,3	0,5

Модели типа «Зажим»

Электрододержатели этого типа состоят из удобного держателя, исключающего проскальзывание в руке, и зажимной части при помощи которой надежно удерживается электрод. Электрод вставляется в этот зажим.

Рис. 8.63. Электрододержатели типа «Зажим»

Технические характеристики электрододержателей типа «Зажим»:

Модель	Сила тока, А	Диаметр электрода, мм	Вес, кг
Cobra	300	6,3	0,4
Progrip 400	400	6,3	0,5
Tong Grip	400	6,3	0,5
Technigrip	500	6,3	0,5
Progrip 600	600	8,0	0,5
Bended Type	400/600	5,0/6,3	0,5

9. Охрана труда и техника безопасности

9.1. Вредные факторы

9.1.1. Опасность отравления

Сварочные и наплавочные работы сопровождаются загрязнением воздушной среды рабочей зоны сварочным аэрозолем, в составе которого могут быть окислы марганца, двуокись кремния, окислы хрома, фтористые, титановые и другие соединения, а также окислы азота. Все это оказывает вредное воздействие на организм человека.

Окислы марганца образуются при электродуговой сварке и наплавке сталей, содержащих марганец или при выполнении этих работ марганецсодержащими электродами.

Попадая в организм человека через органы дыхания или пищеварения, окислы марганца вызывают хронические, а при высоких концентрациях и острые отравления. Попавшие в организм любыми путями они поражают центральную нервную систему, вызывая в ней тяжелые органические изменения. Кроме того, изменения возникают в легких и в печени.

Характерные признаки отравления окислами марганца:

- головная боль;
- головокружение;
- изжога;
- боли в конечностях.

Предельно допустимая концентрация марганца и его соединений, в пересчете на окись марганца, в рабочей зоне производственного помещения не должна превышать 0,3 мг/м^3 воздуха. При концентрации окиси марганца до 10 мг/м^3 уже возможны острые отравления.

Окислы хрома образуются при электродуговой сварке и наплавке сталей аустенитовыми электродами. Попадая в организм через органы дыхания, при малых концентрациях окислы хрома раздражают слизистую оболочку носа, вызывая чихание, насморк, небольшое кровотечение. В случае работы в среде с большими концентрациями к этим явлениям, протекающим безболезненно и незаметно для сварщика, присоединяется омертвление отдельных участков слизистой оболочки носа, изъязвление ее и, наконец, прободение хрящевой части носовой перегородки.

Отравления обычно характеризуются головными болями, общей слабостью, склонностью к воспалительным процессам желудочно-кишечного тракта, токсической желтухой.

Предельно допустимая концентрация хромового ангидрида, хроматов, бихроматов в рабочей зоне производственных помещений не должна превышать 0,01 мг/м^3 воздуха.

Двуокись кремния. Значительное количество двуокиси кремния в аэрозоле сварочной дуги объясняется наличием кремния и его соединений в электродных покрытиях. Двуокись кремния оказывает вредное воздействие на органы дыхания, вызывая специфическое заболевание — силикоз.

Наиболее характерные признаки силикоза — отдышка, боль в груди, сухой кашель. Предельно допустимая концентрация двуокиси кремния в рабочей зоне не должна превышать 1 мг/м^3 воздуха.

Фтористые соединения в сварочном аэрозоле образуются в результате электродуговой сварки и наплавки электродами, например такими как УОНИ-13, СМ-11, К-5 и некоторыми другими. При высокой температуре сварочной дуги электродное покрытие плавится с выделением фтористого водорода.

Фтористый водород попадая в органы дыхания, сильно раздражает верхние дыхательные пути, вызывая чихание, насморк, болезненность носа, носовое кровотечение, потерю обоняния и т. п.

Предельно допустимая концентрация фтористого водорода в рабочей зоне не должна превышать 0,5 мг/м^3 воздуха.

Соединения титана. Титан в сварочном аэрозоле бывает в виде двуокиси в электродном покрытии электродов АНО-1, ОЗС-4, МР-4 и др. Эти и подобные им электроды при сварке образуют много пыли, однако токсичных элементов в ней незначительное количество.

Предельно допустимая концентрация соединений титана в рабочей зоне не должна превышать 10 мг/м^3 воздуха.

Окислы азота образуются из воздуха от высокой температуры сварочной дуги. Окислы азота, попадая в органы дыхания, контактируют с влажной поверхностью легких, образуя азотную кислоту, она поражает легкие.

Наиболее характерные признаки отравления окислами азота:

- раздражение дыхательных путей;
- кашель;
- головная боль;
- потеря сознания.

Предельно допустимая концентрация окислов азота в рабочей зоне, в пересчете на азотный ангидрид, не должна превышать 5 мг/м^3 воздуха.

Пары и окись цинка образуются при сварке и наплавке медно-цинковых сплавов (латуни, бронзы и т. п.), а также оцинкованных и окрашенных цинкосодержащими красками деталей.

Предельно допустимая концентрация паров цинка в рабочей зоне не должна превышать 5 мг/м^3 воздуха. Превышение этой концентрации может вызвать отравление или заболевание, называемое литейной лихорадкой. Наиболее характерные признаки отравления:

- сладковатый привкус во рту;
- плохой аппетит;
- иногда усиленная жажда;
- повышение температуры тела.

Профилактика отравлений и заболеваний — поддержание нормальной воздушной среды на рабочем месте сварщика. Для этого необходима установка надежной вентиляции на рабочем месте и в зоне сварки.

9.1.2. Опасность поражения электрическим током

Опасность поражения человека электрическим током возникает при касании им незащищенных токоведущих частей сварочного трансформатора, выпрямителя, преобразователя, электропроводки и другого оборудования находящегося под напряжением. Возникает опасность и при касании частей этого оборудования, не находящегося под напряжением, но случайно оказавшегося под напряжением в результате нарушения или повреждения изоляции.

Протекая по телу человека, электрический ток может его, а при неблагоприятных условиях может наступить летальный исход. Тяжесть поражения электрическим током зависит от:

- величины тока, проходящего через тело;
- времени нахождения человека под напряжением;
- пути прохождения тока по телу;
- состояния среды, в которой произошел контакт тела человека с токоведущими частями;
- других факторов.

Безопасным для человека является электрический ток величиной менее 1 мА. С возрастанием величины тока опасность поражения резко увеличивается. Так, электрический ток величиной 1 мА вызывает легкое покалывание и небольшое сокращение мышц (судороги). Ток величиной более 3—5 мА, протекающий через тело человека по пути рука — рука или рука — ноги, вызывает резкое сокращение мышц рук и ног. Если человек возьмется рукой за металлический корпус оборудования или провод, находящийся под напряжением, то при величине тока более 10 мА, протекающего через тело человека, появляется настолько сильное сокращение мышц руки, которое не позволяет самостоятельно оторвать руку от корпуса оборудования или провода, рука как бы прилипла.

При величине тока 50—80 мА, протекающего через тело человека, наступает паралич дыхательных путей, а при величине тока 90—100 мА возможен паралич сердца.

Величина тока, поражающего человека, зависит от приложенного напряжения и сопротивления тела человека. С повышением напряжения, при всех равных условиях, величина тока, проходящего через тело человека, возрастает. Следовательно, чем выше напряжение и ниже сопротивление тела, тем больше вероятность поражения током. Сварщик при работе имеет дело с различными напряжениями: от 20—24 В (рабочее напряжение трансформатора) до 220/380 В — напряжение питающей сети.

Весьма существенный фактор, определяющий величину тока, проходящего через тело — сопротивление тела человека. Тело человека представляет собой очень сложный проводник, сопротивление его изменяется в весьма широких пределах — от нескольких сотен до десятков тысяч Ом. Сопротивление внутренних тканей, сосудов и органов человека незначительно, оно мало зависит от места приложения контактов электрической цепи.

Главный элемент, обладающий значительным сопротивлением протеканию электрического тока — кожный покров человека. Основное сопротивление прохождению тока через кожу оказывает наружный роговой слой — эпидермис. Однако сопротивление эпидермиса величина не постоянная и изменяется в широких пределах.

Сопротивление кожного покрова резко падает при его увлажнении, увеличении площади контакта с токоведущими частями, при наличии ранений в зоне контакта и т. п.

На электрическое сопротивление тела человека существенное влияние оказывает внешняя среда: оно падает с ростом температуры и влажности воздуха, а также при загрязнении воздуха металлической и другой токопроводящей пылью, парами различных кислот, щелочей и других токопроводящих жидкостей. Сопротивление организма току и тяжесть поражения во многом зависит от индивидуальных свойств человека. Опасность тяжелого исхода возрастает, если действию электрического тока подвергаются лица, страдающие болезнями сердца, органов внутренней секреции, нервной системы, туберкулезом, повышенной потливостью, а также лица в не-

трезвом состоянии. Наибольшим сопротивлением прохождению электрического тока обладает чистая и сухая кожа физически крепкого, здорового человека.

Существенное влияние на поражение электрическим током оказывает время нахождения человека под напряжением. При продолжительном воздействии на организм человека ток даже небольшой величины вызывает сокращение мышц, распространяющееся от мышц рук до мышц грудной клетки.

В результате прекращается дыхание человека, нарушается работа сердца и кровообращение. Прекращение дыхания или расстройство сердечной деятельности и кровообращения могут привести к смертельному исходу, если в течение первых 2—3 мин не удается освободить пострадавшего от действия электрического тока и восстановить работу сердца и дыхание. С уменьшением времени прохождения электрического тока через организм человека при всех равных условиях опасность поражения снижается. Например, ток величиной до 100 мА, проходящий через тело человека в течение 0,5 с по пути рука-ноги, малоопасен.

Для защиты людей от поражения электрическим током при касании корпусов электросварочного оборудования в случае замыкания питающей сети на это оборудование создают защитное заземление. Правильно выполненное и исправное защитное заземление обеспечивает прохождение тока замыкания из питающей электросети через место замыкания, заземляющее устройство, заземлители и далее в землю. В этом случае человек, находясь вблизи заземленного оборудования, имеющего пробой изоляции на корпус, и случайно коснувшись его, окажется под воздействием только части полного напряжения, под которым относительно земли находится поврежденное оборудование. Сопротивление заземляющего устройства протеканию тока бывает не более 4 Ом. В этом случае падение напряжения на поврежденном токоприемнике будет значительно ниже напряжения сети. Соответственно и ток проходящий через тело человека будет значительно меньше.

9.1.3. Электромагнитные поля

Вопрос об опасности для здоровья, причиняемой электромагнитными полями, еще выяснен не полностью. В настоящее время эта проблема поднимает вопросов больше, чем какая-нибудь другая. Для сварщиков, принадлежащих к одной из профессиональных групп, подверженных влиянию наибольших полей необходимо применение принципа предосторожности и наилучшей технологии. На рис. 9.1 показано распределение индукции электромагнитного поля при сварке на переменном токе.

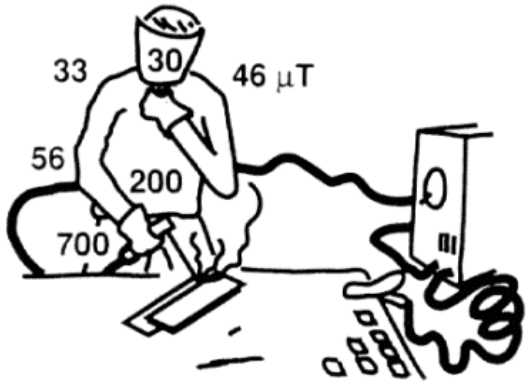


Рис. 9.1. Электромагнитные поля при сварке (μТ — микротесла)

Для уменьшения воздействия электромагнитного поля рекомендуется:
- прокладывать сварочные кабели как показано на рис. 9.2;
- удалить источник питания от рабочего места сварщика на несколько метров, что является лучшим способом защиты от магнитных полей источника питания.

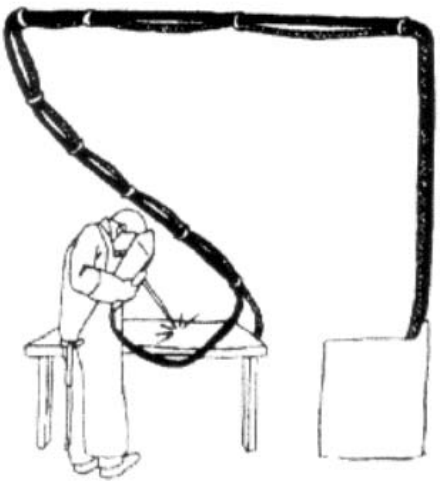


Рис. 9.2. Уменьшение электромагнитного излучения

Предпочтительнее осуществлять сварку постоянным, а не переменным током.

9.1.4. Опасность поражения глаз и ожоги

Электрическая дуга и, в некоторой степени, сварочная ванна являются источниками мощного излучения в диапазоне ультрафиолетовых (УФ), видимых (ВД) и инфракрасных (ИК) волн. Это излучение может, к тому же, отражаться некоторыми поверхностями. Ультрафиолетовое излучение является самым опасным для глаз. Оно вызывает временное повреждение глаза, известное как «сварочная вспышка». Воздействие ультрафиолетового излучения сварочной дуги в течение 10—30 с, на расстоянии 1 м от источника излучения, вызывают воспаление слизистой оболочки глаз, а при воздействии более 30 с — в радиусе до 5 м. Результат действия лучистой энергии: резкая боль в глазах, светобоязнь, электроофтальмия. Свет видимого диапазона может оказывать ослепляющий эффект и временное воздействие на зрение, в то время как инфракрасное излучение может вызывать повреждение сетчатки и хрусталика (катаракту). Ультрафиолетовое излучение может, к тому же, повредить незащищенную кожу. Такое воздействие напоминает сильнейший солнечный ожог. Тепловая энергия может вызвать покраснение и ожоги незащищенных частей тела различной степени. Степень ожога зависит от расстояния до источника излучения. С уменьшением расстояния тяжесть ожогов будет увеличиваться. Ожоги могут быть причинены разлетающимися брызгами расплавленного металла и шлака. Особенно интенсивное разбрызгивание может быть при сварке на переменном токе.

Соответствующими защитными мерами являются:
- сварочная маска со светофильтром;
- сварочный комбинезон, или другая защитная одежда;

- кожаные или брезентовые рукавицы без заклепок или металлических частей.

Термическое излучение представляет собой главную проблему для сварочных цехов. Это особенно необходимо учитывать, когда сварку выполняют при повышенных рабочих температурах, то есть при сварке предварительно нагретых объектов. Меры, направленные на снижение этого влияния следующие:

- рабочее место должно хорошо вентилироваться;
- объект должен иметь хорошую теплоизоляцию;
- сварщик не должен использовать тяжелое оборудование или принимать неудобные положения при работе;
- должны применяться подходящие защитные средства, например теплоизолирующие перчатки.

9.1.5. Сварочные дымы и газы

Сварочные дымы и газы вызывают больше нежелательных воздействий, чем любой другой вредный фактор при электросварке. Наибольшее количество дыма и газов выделяется при электродуговой резке металлов. Существует ряд веществ, таких как шестивалентный хром, марганец, никель, свинец, окислы железа, цинк, фториды, озон, азотные газы и оксид углерода, которые могут вызывать различные заболевания или оказывать другие негативные воздействия. Опасность воздействия этих веществ сведена к минимуму при использовании:

- общей вентиляции;
- местной вытяжки;
- в некоторых случаях, защиты дыхания;
- зачистки поверхности металла по крайней мере на 10 см от места сварки для того, чтобы избежать дымов и газов от краски или других видов поверхностной обработки.

На рис. 9.3 показано устройство местной вытяжки.

Рис. 9.3 Использование местной вытяжки

9.1.6. Шум

Высокий уровень шума в сварочных цехах вызывают сварка МИГ/МАГ (<80 дБ), правка (≈140 дБ), крупная шлифовка (≈110 дБ).

Рекомендуемые меры предосторожности:

- использование средств защиты органов слуха;
- экранирование от шума;
- использование менее шумных инструментов;
- исключение или сведение к минимуму применения шлифования;

9.2. Рабочее место

9.2.1. Организация рабочего места

Для сварки, наплавки и резки металлов и их сплавов в зависимости от условий производства рабочее место может быть организованно в цехе, в специальной кабине, на открытой площадке или в технологическом потоке производства. Рационально оборудованное рабочее место существенно влияет на производительность труда и его безопасность, а образцовое содержание рабочего места и размещенного на нем оборудования исключает возможность производственного травматизма и профессиональных заболеваний. При организации рабочего места надо учитывать, чтобы площадь была не менее 4,5 $м^2$. В эту площадь не включают площадь, занимаемую сварочным оборудованием, а также площадь проходов между оборудованием, стенами здания и оборудованием. Ширина проходов должна быть не менее 1 м, а высота помещения от уровня пола до низа выступающих конструктивных элементов перекрытия над рабочими местами — не менее 3,2 м.

Некоторые вредные газы и пары металлов, выделяющиеся при сварке, наплавке и резке металлов, тяжелее воздуха, они скапливаются в низких местах. Поэтому не следует организовывать рабочие места в подвальных помещениях, на втором и более высоких этажах многоэтажных зданий. Полы на рабочих местах должны быть из несгораемого слаботеплопроводного и нескользкого материала, допускающего легкую очистку.

Сварщик во время работы должен находится в удобном положении. На рабочем месте сварщика должен быть стул со спинкой и регулируемым по высоте сидением. Там, где это возможно, сварочно-наплавочные работы надо выполнять сидя.

В зимнее время температура в помещении должна быть в пределах 16—20 °С.

9.2.2. Вентиляция рабочего места

Образующиеся при сварочно-наплавочных работах вредные для здоровья человека газы, пыль, пары окислов металлов и другие аэрозоли из рабочей зоны сварщиков удаляются вентиляцией. Вентиляция может быть естественной и искусственной с механическим нагнетанием воздуха. Естественная вентиляция обычно общеобменная. Она наиболее распространена в помещениях сварочных цехов большого объема с относительно малым количеством рабочих мест и вредных выделений, то есть в тех цехах, где расход сварочного материала ниже 0,2 г/ч на 1 $м^3$ цеха. При естественной вентиляции обмен воздуха происходит сквозь неплотности дверей, окон, открытые форточки, оконные фрамуги. Движение воздуха при естественной вентиляции вызывается разностью температур внутри и вне

помещения. Эффективность естественной вентиляции значительно увеличивается при наличии ветра, при устройстве вытяжных шахт со специальными насадками-дефлекторами. В этом случае можно использовать ветер для усиления вентиляции помещения.

Наиболее распространена искусственная вентиляция с механическим нагнетанием воздуха в сварочный цех, где расход сварочного материала выше 0,2 г/ч на 1 м^3. В эту величину не включают расход сварочного материала на стационарных постах, оборудованных местными отсосами.

При создании общеобменной вентиляции с механическим нагнетанием воздуха стремятся к тому, чтобы она обеспечила подачу такого количества воздуха, которое необходимо для растворения до предельно допустимой концентрации сварочного аэрозоля и газов.

Местная вытяжная вентиляция предназначена для улавливания и удаления сварочного аэрозоля и газов при сварке и наплавке на стационарных рабочих местах, а где это возможно, на нестационарных. Для этого местную вытяжную вентиляцию оборудуют местными отсосами, выполненными в виде вытяжных зонтов, которые не всегда оправдывают свое назначение, что объясняется следующим. Конвективное тело сварочной дуги направляет сварочный факел вертикально вверх и в тех случаях, когда сварщик работает, наклонившись над дугой, загрязненный воздух удаляется только после прохождения его сквозь зону дыхания сварщика.

Наиболее эффективные вентиляционные устройства, отклоняющие поток аэрозолей от лица сварщика и удаляющие загрязненный воздух могут быть местные отсосы с использованием вытяжных панелей равномерного всасывания.

При применении вертикальной панели равномерного всасывания для защиты от ослепляющего действия лучистой энергии сварочной дуги вблизи работающих людей других профессий рабочее место огораживают переносными щитами или устраивают в специальной кабине. В последнем случае стенки кабины не доходят пола на 0,25—0,30 м. эти приемы необходимы для подсоса воздуха в кабину из производственного помещения.

Вентиляция сварочных и наплавочных рабочих мест обязательно должна быть такой, чтобы не были превышены предельно допустимые санитарные нормы вредных паров, газов, пыли и других аэрозолей в рабочей зоне.

9.2.3. Средства защиты глаз

Для защиты глаз от лучистой энергии сварочной дуги применяются защитные маски. Защитная маска изготовлена из материала не пропускающего ультрафиолетовые лучи, малотеплопроводного и не воспламеняющегося от искр. Обычно в качестве материала применяется листовая фибра. В лицевой части маски сделан прямоугольный вырез, в который вставляют защитное стекло-светофильтр. Наружную сторону светофильтра закрывают прозрачным стеклом, защищающим светофильтр от брызг расплавленного металла и шлака. Светофильтры представляют собой пластинку из темного стекла размером 121×69 мм. Они совершенно не пропускают ультрафиолетовых лучей, а инфракрасные — проникают в пределах от 0,1 до 4% общего их количества. Для электросварщиков, выполняющих ручную дуговую сварку и наплавку, выпускают светофильтры серии от Э-1 до Э-4. Подручные сварщиков, а также другие лица, работающие с ними, должны быть обеспечены защитными очками со стеклами серии от В-1 до В-3.

Наиболее удобна для сварщика защитная маска со светофильтром «Хамелеон», прозрачность которого изменяется в зависимости от интенсивности света.

При использовании автоматического светофильтра (АСФ) сварщик может выполнять все стадии сварочных работ, не поднимая маску. АСФ «Хамелеон» имеет потенциометр для плавного регулирования степени затемнения. Электропитание комбинированное: от литиевого элемента и солнечной батареи. Технические характеристики светофильтра «Хамелеон» приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Технические характеристики автоматического светофильтра АСФ «Хамелеон»

Степень затемнения, №		8–14
Полное время включения затемнения, мс, при температуре:	10 °С	1,0
	+20 °С	0,2
	+30 °С	0,1
Температура эксплуатации, °С		–10 +55
Исходное светопропускание, %		5–10
Размер смотрового окна, мм		44×98
Габаритные размеры, мм		110×90×9
Масса, г		110

Для предупреждения ожогов кожи и заболевания глаз от действия лучистой энергии сварочной дуги предусматриваются и общие средства. Они должны надежно предохранять от лучистой энергии сварочной дуги лиц, окружающих сварщика. К таким средствам относятся кабины, если сварочные или наплавочные работы производятся на одном постоянном месте, переносные щиты, щиты с магнитными держателями, если сварочные или наплавочные работы производятся в технологическом потоке или как временные.

Не менее эффективная мера предупреждения ожогов — подача сигнала-предупреждения о зажигании сварочной дуги. Нельзя зажигать дугу без предупреждения об этом окружающих и до приведения сварочной маски в рабочее положение и отстранять маску от лица до прекращения горения дуги.

9.3. Защитные маски сварщика

9.3.1. Назначение и выбор затемнения светофильтра

Защитные маски предназначены для защиты глаз сварщика во время проведения сварочных работ. В масках применяются пассивные или электронные (самозатемняющиеся) светофильтры, которые обеспечивает надежную защиту глаз сварщика от инфракрасного и ультрафиолетового излучения.

Для защиты органов дыхания сварщика выпускаются защитные маски с системой поддува очищенного воздуха (с респирацией). Подобные маски обладают такими же возможностями по конфигурации и свойствами, как обычные маски, но поставляются в комплекте с принадлежностями для системы фильтрподдува.

Представленная ниже таблица позволяет выбрать уровни затемнения светофильтра в зависимости от сварочных процессов и интенсивности сварочного тока.

Таблица 9.2. Рекомендуемые уровни затемнения светофильтра по DIN

<table>
<tr><th rowspan="2">Сварочный ток, А</th><th colspan="8">Вид сварки</th></tr>
<tr><th>MMA</th><th>MIG стали</th><th>MIG алюминиевых сплавов</th><th>MAG</th><th>TIG</th><th>Дуговая строжка</th><th>Плазменная резка</th><th>Плазменная сварка</th></tr>
<tr><td>2,5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="4">8</td><td></td><td></td><td>6</td></tr>
<tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>7</td></tr>
<tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>8</td></tr>
<tr><td>20</td><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td>9</td><td></td><td></td><td>9</td></tr>
<tr><td>30</td><td rowspan="2">9</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">10</td><td></td><td></td><td>10</td></tr>
<tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">11</td></tr>
<tr><td>60</td><td rowspan="2">10</td><td></td><td></td><td rowspan="2">9</td><td rowspan="2">11</td><td></td><td rowspan="3">11</td><td></td></tr>
<tr><td>80</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">12</td></tr>
<tr><td>100</td><td rowspan="3">11</td><td>10</td><td></td><td>10</td><td>12</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>150</td><td rowspan="2">11</td><td rowspan="2">11</td><td rowspan="2">11</td><td rowspan="4">13</td><td>10</td><td rowspan="3">12</td><td rowspan="4">13</td></tr>
<tr><td>175</td><td></td></tr>
<tr><td>200</td><td rowspan="4">12</td><td rowspan="4">12</td><td rowspan="2">12</td><td rowspan="2">12</td><td>11</td></tr>
<tr><td>225</td><td></td></tr>
<tr><td>250</td><td rowspan="3">13</td><td rowspan="2">13</td><td rowspan="3">14</td><td>12</td></tr>
<tr><td>300</td><td rowspan="2">13</td><td rowspan="2">13</td></tr>
<tr><td>350</td><td rowspan="3">13</td><td rowspan="3">14</td><td>13</td></tr>
<tr><td>400</td><td rowspan="3">14</td><td rowspan="2">14</td></tr>
<tr><td>450</td><td></td></tr>
<tr><td>500</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="2">15</td><td></td><td rowspan="2">15</td></tr>
<tr><td>>500</td><td>14</td><td></td><td>15</td><td></td></tr>
</table>

9.3.2. Защитные маски EUROLUX ACTIVE (Air Liquide Welding, Франция)

Защитная маска этой серии предназначена для защиты глаз сварщика во время проведения сварочных работ. В маске применяется самозатемняющийся электронный светофильтр, уровень затемнения которого в открытом (исходном) состоянии 3—4 DIN. После начала сварки светофильтр мгновенно темнеет до уровня 10—11 DIN, позволяя спокойно наблюдать за процессом сварки, кроме того, светофильтр обеспечивает надежную защиту глаз сварщика от инфракрасного и ультрафиолетового излучения во всех своих состояниях.

Рис. 9.4. Защитная маска EUROLUX ACTIVE

Питание всех типов вмонтированных светофильтров происходит от встроенных солнечных батарей. Надежное срабатывание светофильтра вне зависимости от освещения обеспечивает герметично запечатанный литиевый аккумулятор, подзаряжаемый солнечной батареей. Благодаря такому сочетанию питания светофильтра маска всегда включена, что обеспечивает дополнительную безопасность для глаз

сварщика при начале работ — другие маски требуют своего включения, что может стать источником ожога, если сварщик перед началом работ забыл произвести включение.

Защитная маска EUROLUX ACTIVE имеет открытую конфигурацию и состоит из двух базовых элементов:

- корпуса маски, который выполнен из жароупорной пластмассы стойкой к истиранию и химическому воздействию;
- сменного картриджа с определенным типоразмером смотрового окна и свойствами светофильтра.

Маску можно легко отрегулировать под физиологические особенности любого человека. Она имеет четыре уровня регулировки расстояния между светофильтром и глазами сварщика и регулировку под размеры головы (по окружности, по глубине).

Защитные поликарбонатные стекла, которые располагаются перед светофильтром и за ним, предохраняют последний, а также глаза сварщика от механических повреждений.

Таблица 9.2. Технические характеристики защитных масок EUROLUX ACTIVE

Картридж	Тип смотрового окна	Размер смотрового окна, мм	Видимая область, мм	Уровень затемнения, DIN	Время срабатывания, мс	Время возврата, мс	Кол-во сенсоров
	Фиксированное	108×51	92×35	3/10; 4/11	<0,5	0,2	1
	Откидывающееся	108×51	92×35	3/10; 4/11	<0,5	0,2	1
	Фиксированное	110×90	95×46,5	4/11	<0,5	0,2	2
	Фиксированное	110×90	95×46,5	4/13–9/13	<0,2	0,4	2

9.3.3. Защитные маски EUROLUX PASSIVE (Air Liquide Welding, Франция)

Защитные маски EUROLUX PASSIVE предназначены для защиты глаз сварщика во время проведения сварочных работ. В маске применяется пассивный светофильтр, который имеет постоянный уровень затемнения 6—14 DIN. Светофильтр также обеспечивает надежную защиту глаз сварщика от инфракрасного и ультрафиолетового излучения во всех состояниях.

Защитная маска EUROLUX PASSIVE имеет открытую конфигурацию и состоит из трех базовых элементов:

- корпуса маски, который выполнен из жароупорной пластмассы стойкой к истиранию и химическому воздействию;
- сменного картриджа с определенным типоразмером смотрового окна и свойствами светофильтра;
- сменного светофильтра с определенным уровнем затемнения.

Рис. 9.5. Защитная маска EUROLUX PASSIVE

Маску можно легко отрегулировать под особенности любого человека. Она имеет четыре уровня регулировки расстояния между светофильтром и глазами сварщика и регулировку под размеры головы (по окружности, по глубине).

Защитные поликарбонатные стекла, которые располагаются перед светофильтром и за ним, предохраняют последний, а также глаза сварщика от механических повреждений.

Защитные светофильтры могут быть с антибликовым покрытием и без него. Антибликовое покрытие необходимо для предотвращения нагрева стекол и для уменьшения бликового ореола вокруг сварочной дуги. Защитные стекла с таким покрытием выпускаются двух видов: «серебряные» с 70% теплоотражением; «золотые» с 90% теплоотражением.

Маска сварщика поставляется в комплекте с заказным типом картриджа, в котором установлен пассивный светофильтр с выбранными свойствами и уровнем затемнения 11 DIN. Светофильтры с другими уровнями затемнения заказываются дополнительно, а также дополнительно заказываются картриджи другого типа.

Таблица 9.3. Технические характеристики защитных масок EUROLUX PASSIVE

Картридж	Тип смотрового окна	Размер смотрового окна, мм	Уровень затемнения, DIN
	Фиксированное	108×51	от 6 до 14
	Откидывающееся	108×51	от 6 до 14
	Фиксированное	110×90	от 6 до 14
	Фиксированное	133×114	от 6 до 14

9.3.4. Система поддува EUROLUX COOL (Air Liquide Welding, Франция)

Система очистки воздуха и его поддува в зону дыхания сварщика применяется совместно с защитной маской (рис. 9.6) и предназначена для защиты органов дыхания сварщика в условиях сильного задымления рабочей зоны. Устройство системы поддува показано на рис. 9.7.

Принцип работы. Фильтровентиляционный блок, который располагается на поясе 7 сварщика, под давлением подает очищенный воздух через дыхательный шланг 5 под маску 17 в систему воздухораспределения 2, которая (система) обеспечивает движение воздуха в маске в направлении от глаз. Питание фильтрующе-

го блока происходит от подключаемого картриджа с никелево-кадмиевым аккумулятором 12, продолжительность работы которого без перезарядки 8 часов. Благодаря сменному аккумулятору можно обеспечить продолжительную эксплуатацию маски, подключая при необходимости заряженный аккумулятор. Фильтровентиляционный блок, производительность которого 140 м^3/ч, обеспечивает двухступенчатую очистку воздуха, где на первой стадии фильтрации в тканевом предварительном фильтре 11 оседают крупные частицы сварочного дыма (аэрозоля), а затем в бумажном фильтре 10 тонкой очистки оседают оставшиеся частицы. Активная фильтрующая поверхность фильтра тонкой очистки — 1720 см^3. Для удобства эксплуатации фильтровентиляционный блок снабжен механическим индикатором 14 степени загрязнения фильтра, что позволяет своевременно производить замену фильтрующих элементов.

Рис. 9.6. Защитная маска EUROLUX COOL

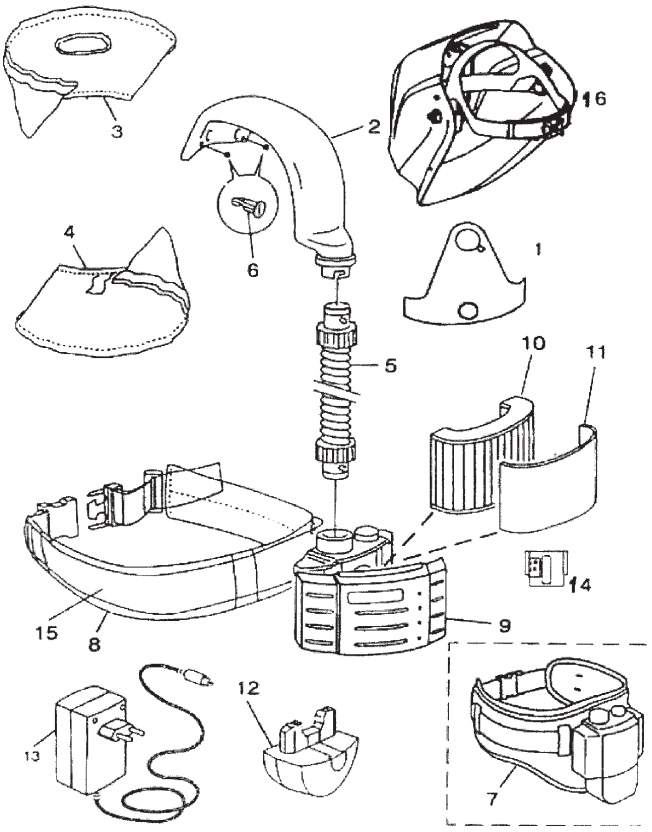


Рис. 9.7. Система поддува EUROLUX COOL: 1 — держатель шланга; 2 — система воздухораспределения; 3 — дымозащитная преграда головы; 4 — дымозащитная преграда лица; 5 — шланг; 6 — держатели воздухораспределителя; 7 — пояс комфорт (большая модель); 8 — пояс комфорт (малая модель); 9 — система поддува; 10 — главный фильтр; 11 — предварительный фильтр; 12 — аккумуляторная батарея; 13 — зарядное устройство; 14 — индикатор степени загрязнения фильтра; 15 — пояс; 16 — маска

9.4. Требования безопасности при выполнении электросварочных работ

При производстве электросварочных и газопламенных работ необходимо выполнять требования СНиП 12-03—99, ГОСТ 12.3.003, ГОСТ 12.3.036 и ППБ 01.

Сварочные работы должны выполняться сварщиками, выдержавшими испытания в соответствии с Правилами аттестации сварщиков и имеющими удостоверение установленного образца.

Электросварщики и лица, допускаемые к эксплуатации электросварочных машин, должны иметь группу по электробезопасности не ниже второй (до 1000 В), подтвержденную удостоверением.

К месту производства электросварочных работ не должны допускаться посторонние люди.

При выполнении сварочных работ сварщики и их подручные должны применять спецодежду и другие средства индивидуальной защиты в зависимости от вида сварки и условий ее применения.

Электросварочные посты должны иметь приспособления для укладки на них электрододержателей при кратковременных перерывах в работе.

Места производства сварочных работ вне постоянных сварочных постов должны определяться письменным разрешением руководителя или специалиста, отвечающего за пожарную безопасность.

Места производства сварочных работ должны быть обеспечены средствами пожаротушения.

Не допускается производить сварочные работы ближе 10 м от легковоспламеняющихся и огнеопасных материалов, в том числе вблизи свежеокрашенных мест.

Места производства электросварочных работ должны быть освобождены от сгораемых материалов в радиусе не менее 5 м, а от взрывоопасных материалов и оборудования (газогенераторов, газовых баллонов и т. п.) — не менее 10 м.

Перед началом электросварочных работ электросварщик должен проверить исправность заземляющего устройства.

Сварочный кабель, подводящий ток от сварочного агрегата к месту сварки, должен быть исправным и защищен от воздействия высокой температуры и механических повреждений.

При резке элементов конструкций должны быть приняты меры против случайного обрушения отрезанных элементов.

Сварка емкостей из-под горючих и легковоспламеняющихся жидкостей без соответствующей обработки их до удаления следов этих жидкостей и контроля состояния воздушной среды в них запрещается. Сварка таких емкостей должна производиться с наполнением и подпиткой их во время сварки нейтральными газами и обязательно при открытых пробках (крышках).

Для дуговой сварки необходимо применять изолированные гибкие кабели, рассчитанные на надежную работу при максимальных электрических нагрузках с учетом продолжительности цикла сварки.

Соединение сварочных кабелей следует производить опрессовкой, сваркой или пайкой с последующей изоляцией мест соединений.

Подключение кабелей к сварочному оборудованию должно осуществляться при помощи опрессованных или припаянных кабельных наконечников.

Сварочные провода от источника тока до рабочего места сварщика должны быть защищены от механических повреждений. При прокладке или перемещении сварочных проводов необходимо принимать меры против повреждения их изоляции и соприкосновения с водой, маслом, стальными канатами и горячими трубо-

проводами. Расстояние от сварочных проводов до горячих трубопроводов и баллонов с кислородом должно быть не менее 0,5 м, а с горючими газами — не менее 1 м.

Переносить провод от сварочного аппарата под напряжением запрещается.

Рабочее место сварщика в помещении при сварке открытой дугой должно быть отделено от смежных рабочих мест и проходов несгораемыми экранами (ширмами, щитами) высотой не менее 1,8 м. При сварке на открытом воздухе ограждения следует ставить в случае одновременной работы нескольких сварщиков вблизи друг от друга и на участках интенсивного движения людей.

В ненастную погоду сварочные работы должны производиться под навесами или под прикрытиями, обеспечивающими безопасность работ. Сварочные работы на открытом воздухе во время дождя, снегопада должны быть прекращены.

Запрещается производить электросварочные работы на сосудах работающих под давлением, за исключением электросварочных работ, которые производятся по специальной инструкции.

При работе электросварщика внутри емкостей (резервуарах, котлах, цистернах, отсеках сосудов, а также в колодцах, тоннелях и т. п.) вне емкости должен находиться специально проинструктированный помощник сварщика для оказания помощи в случае необходимости.

При выполнении электросварочных работ внутри емкостей или полостей конструкций рабочие места надлежит обеспечивать вытяжной вентиляцией. Скорость движения воздуха внутри емкости (полости) должна быть при этом 0,3—1,5 м/с.

Одновременное производство электросварочных и газопламенных работ внутри емкостей не допускается.

При работе внутри стальных конструкций, имеющих хорошее соединение с землей, сварщику необходимо надеть диэлектрические калоши или боты, или подкладывать под ноги диэлектрический коврик.

При производстве сварочных работ в плохо проветриваемых помещениях малого объема, в закрытых емкостях, колодцах и т. п. необходимо применение средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Электросварочные работы на действующих взрывоопасных и пожароопасных объектах допускаются в исключительных случаях по специальному письменному разрешению компетентного лица, когда эти работы невозможно производить в специально отведенных для этих целей местах и если это не создает угрозы взрыва или пожара. Электросварочные работы во взрывоопасных и пожароопасных производствах должны производиться только в дневное время.

Освещение при производстве сварочных работ внутри металлических емкостей должно осуществляться с помощью светильников, установленных снаружи, или ручных переносных ламп напряжением не более 12 В.

В электросварочных аппаратах и источниках их питания элементы, находящиеся под напряжением, должны быть закрыты оградительными устройствами.

Электрододержатели, применяемые при ручной дуговой электросварке металлическими электродами, должны соответствовать требованиям ГОСТ 14651—78 на эти изделия.

Вставлять электрод в электрододержатель следует только в сухих брезентовых рукавицах, а в перерывах электрододержатель надо подвешивать на специальный штатив.

Конструкция винтового или пружинного зажима обратного провода к изделию должна обеспечивать надежный электрический контакт и исключать возможность искрения и прижога металла при включенном токе в сварочной цепи.

При обработке сварных швов должен применяться исправный абразивный инструмент, прошедший испытания в соответствии с правилами применения абразивных кругов.

Электросварочная установка (преобразователь, сварочный трансформатор и т. п.) должна присоединяться к источнику электрической энергии, например, к сети переменного тока, через рубильник и предохранители или автоматический выключатель, а при напряжении холостого хода более 70 В необходимо применять автоматическое отключение сварочного трансформатора.

Металлические части электросварочного оборудования, не находящиеся под напряжением, а также свариваемые изделия и конструкции на все время сварки должны быть заземлены, а у сварочного трансформатора, кроме того, заземляющий болт корпуса должен быть соединен с зажимом вторичной обмотки, к которому подключается обратный провод.

Корпус каждого сварочного преобразователя или трансформатора на передвижной электростанции, корпус прицепного сварочного агрегата должны быть надежно заземлены перед началом работ путем забивки в землю металлического стержня длиной 1 м с соединительным проводом, входящих в комплект сварочного оборудования и оснастки.

В качестве обратного провода или его элементов могут быть использованы стальные конструкции, если их сечение обеспечивает безопасное состояние, по условиям нагрева, от протекающего сварочного тока.

Соединение между собой отдельных элементов, применяемых в качестве обратного провода, должно быть надежным и выполняться на болтах, зажимах или временной подводкой-сваркой.

Запрещается использовать провода сети заземления, трубы санитарно-технических сетей (водопровод, газопровод и др.), металлические конструкции зданий, технологическое оборудование в качестве обратного провода электросварки.

При производстве работ на высоте сварщик обязан надеть верхолазный пояс со страховочным канатом, привязанным к металлоконструкции. Сварка с приставных лестниц запрещается

После окончания работы необходимо отключить сварочное оборудование от питающей электросети, свернуть сварочные кабели в бухту и убрать их в отведенное для этого место. Почистить и убрать инструмент и приспособления. Привести в порядок рабочее место.

После окончания электросварочных работ обследовать все места, куда могут долететь раскаленные частицы металла, искры и вызвать возгорание, убедиться, что после работы не осталось тлеющих предметов.

Литература

Авторский коллектив Сварка и резка материалов. Академия, 2001.

АО СпецЭлектрод. Электроды для дуговой сварки, наплавки и резки. Каталог.

Бабусенко С. М. и Степанов В. А. Современные способы ремонта машин. М.: Колос, 1977.

Глебов Н. В. Безопасность сварочных и наплавочных работ. М.: «Колос», 1976.

Жадан В. Т., Гринберг Б. Г., Никонов В. Я. Технология металлов и других конструкционных материалов. М.: Высшая школа, 1970.

Кортес А. Сварка, резка, пайка металлов. Аделант, 2000 г.

Под редакцией Казакова Ю. В. Сварка и резка металлов. Академия, 2001.

Титов О. И. Справочник электрогазосварщика. 2001.

Содержание

Предисловие **3**

1. ЭЛЕКТРОСВАРКА **5**

1.1. История сварки 5
1.1.1. История развития сварки 5
1.1.2. История разработки процессов сварки плавлением 6
1.1.3. Электроды с железным порошком в покрытии 10
1.1.4. Первые сварные конструкции 11

1.2. Сущность процесса сварки 13

1.3. Классификация видов сварки 16

1.4. Принцип действия электродуговой сварки 18

1.5. Основные сведения о сварочной дуге 19

1.6. Процессы в металле, сопровождающие сварку 21
1.6.1. Строение металла в зоне сварки 21
1.6.2. Сварка деталей из углеродистых и легированных сталей . . . 23
1.6.3. Стали системы Fe-C-Cr (хромистые стали) 25
1.6.4. Аустенитные коррозионностойкие стали 27
1.6.5. Аустенитно-ферритные нержавеющие стали 27
1.6.6. Сварка разнородных сталей 27

1.7. Типы сварных соединений и классификация сварных швов. Технологические термины 28

1.8. Параметры режима дуговой сварки 31

1.9. Ручная дуговая сварка 35
1.9.1. Технология ручной дуговой сварки 35
1.9.2. Особенности сварки и наплавки углеродистых и легированных сталей 47
1.9.3. Особенности сварки тонкостенных стальных деталей 50
1.9.4. Сварка в условиях низких температур 51
1.9.5. Правила приварки усиливающих накладок при изготовлении и ремонте металлоконструкций 52
1.9.6. Заварка трещин и технологических отверстий 53
1.9.7. Особенности сварки труб из коррозионностойких хромоникелевых сталей аустенитного класса. 56
1.9.8. Подготовка поверхности металла к сварке 58
1.9.9. Ручная дуговая сварка оцинкованного металла 59

1.9.10. Сварка чугуна 60
1.9.11. Сварка с глубоким проплавлением 64
1.9.12. Ремонтная сварка при невозможности индификации стали 65
1.9.13. Повышение производительности ручной дуговой сварки покрытыми металлическими электродами 66
1.9.14. Сварка алюминия и его сплавов электродами ОЗА-1 и ОЗА-2 66
1.9.15. Сварка алюминия и его сплавов электродами УАНА 67
1.9.16. Сварка стали переменным током электродами постоянного тока 68
1.9.17. Наплавка резцов и фрез 68

1.10. Сварка угольным электродом 69

1.11. Дефекты, образующиеся при сварке 73

1.12. Неразрушающий контроль качества сварных соединений 74
1.12.1. Виды контроля качества сварных соединений 74
1.12.2. Визуальный метод 75
1.12.3. Магнитнопорошковый метод 75
1.12.4. Капиллярный метод 75
1.12.5. Акустический метод 76
1.12.6. Вихретоковый метод 77
1.12.7. Метод ионизированного излучения 77
1.12.8. Контроль герметичности 78

1.13. Напряжения и деформации при сварке и меры борьбы с ними 78
1.13.1. Причины возникновения сварочных напряжений и деформаций 78
1.13.2. Влияние пористости швов на характеристики сварных соединений 80
1.13.3. Меры борьбы со сварочными напряжениями и деформациями 80

1.14. Расчет необходимого количества электродов для ручной сварки 82
1.14.1. Сварные соединения без скоса кромок 83
1.14.2. Первый и подварочный проход при сварке V-образным соединением 83
1.14.3. V-образные односторонние сварные соединения 84
1.14.4. Угловые соединения 84
1.14.5. Тавровые соединения 85

1.15. Расчет температуры предварительного подогрева 86

1.16. Маркировка сталей 86
1.16.1. Общая классификация 86

1.16.2. Классификация углеродистых сталей 87
1.16.3. Маркировка сталей по назначению 93

2. Классификация электродов 97

2.1. Классификация электродов по ГОСТ 97

2.2. Классификация покрытых электродов с для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей по ГОСТ 9466—75 и ГОСТ 9467—75 98

2.3. Классификация электродов для сварки легированных теплоустойчивых сталей по ГОСТ 9466—75 и ГОСТ 9467—75 . . . 100

2.4. Классификация электродов для сварки высоколегированных сталей по ГОСТ 9466—75 и ГОСТ 10052—75 101

2.5. Классификация электродов для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами по ГОСТ 9466—75 и ГОСТ 10051—75 103

2.6. Классификация покрытых электродов в соответствии с EN 499 (европейский стандарт) 105

2.7. Классификация электродов для наплавки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в соответствии с DIN 8555 (стандарт ФРГ) 107

2.8. Классификация электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в соответствии с DIN 1913)стандарт ФРГ) 109

2.9. Классификация электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в соответствии с ISO 2560 (международный стандарт) 112

2.10. Классификация электродов для сварки легированных теплоустойчивых сталей в соответствии с ISO 3580 (международный стандарт) 114

2.11. Классификация электродов для сварки высоколегированных сталей в соответствии с ISO 3581 (международный стандарт) . . . 115

2.12. Классификация электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в соответствии с AWS 5.1 (стандарт США) 117

3. ЭЛЕКТРОДЫ 119

3.1. Условные обозначения положения сварки 119

3.2. Классификация и характеристика покрытых электродов 119
3.2.1. Классификация покрытых электродов 119
3.2.2. Характеристики электродов 121

3.3. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей 130
3.3.1. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей общего назначения 131
3.3.2. Характеристики электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей общего назначения 141
3.3.3. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей специализированного назначения . . 176
3.3.4. Характеристики электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей специализированного назначения 180

3.4. Электроды для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности 189
3.4.1. Характеристики электродов для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности (с последующей термической обработкой) 191
3.4.2. Характеристики электродов для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности, обеспечивающие получение металла шва с аустенитной структурой (без последующей термической обработки) 197

3.5. Электроды для сварки теплоустойчивых сталей 200
3.5.1. Характеристики электродов для сварки теплоустойчивых сталей 204

3.6. Электроды для сварки высоколегированных сталей и сплавов . . 212
3.6.1. Электроды для сварки высоколегированых коррозионно-стойких сталей и сплавов 212
3.6.2. Характеристики электродов для сварки высоколегированых коррозионно-стойких сталей и сплавов 224
3.6.3. Электроды для сварки высоколегированных жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов 252
3.6.4. Электроды для сварки высоколегированных жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов 260

3.7. Электроды для сварки специализированных сталей 277
3.7.1. Характеристики электродов для сварки специализированных сталей 280

3.8. Электроды для сварки разнородных сталей и сплавов 287
3.8.1. Электроды для сварки разнородных сталей и сплавов 294

3.9. Электроды для наплавки 310
3.9.1. Характеристики электродов для наплавки 318

3.10. Электроды для сварки и наплавки чугуна 341
3.10.1. Электроды для сварки и наплавки чугуна 343

3.11. Электроды для сварки цветных металлов 351
3.11.1. Электроды для сварки алюминия и его сплавов 351
3.11.2. Характеристики электродов для сварки алюминия и его сплавов 353
3.11.3. Электроды для сварки меди и ее сплавов 357
3.11.4. Характеристики электродов для сварки меди и ее сплавов 359
3.11.5. Электроды для сварки никеля и его сплавов 364
3.11.6. Характеристики электродов для сварки меди и ее сплавов 365
3.12. Электроды для резки металлов 367
3.12.1. Характеристики электродов для резки сталей, чугунов, меди, алюминия и их сплавов 367
3.13. Электроды с железным порошком в покрытии 369
3.14. Аналоги электродов ESAB (Швеция) 375

4. ЭЛЕКТРОДЫ ESAB (ШВЕЦИЯ) 374

4.1. Область применения электродов ESAB 374
4.2. Электроды для сварки углеродистых сталей 376
4.2.1. Электроды с целлюлозным покрытием 376
4.2.2. Характеристика электродов с целлюлозным покрытием . . . 376
4.2.3. Электроды с большой глубиной проплавления 378
4.2.4. Характеристики электродов с большой глубиной проплавления 379
4.2.5. Высокопроизводительные электроды с рутиловым покрытием 379
4.2.6. Характеристики высокопроизводительных электродов с рутиловым покрытием 379
4.2.7. Высокопроизводительные электроды с основным покрытием 381
4.2.8. Характеристики высокопроизводительных электродов с основным покрытием 382
4.2.9. Электроды для гравитационной сварки 384
4.2.10. Характеристики электродов для гравитационной сварки . . 385
4.2.11. Электроды с рутиловым покрытием 386
4.2.12. Характеристики электродов с рутиловым покрытием . . . 386
4.2.13. Электроды с основным покрытием 388
4.2.14. Характеристики электродов с основным покрытием 390
4.3. Электроды для сварки низколегированных высокопрочных сталей 397
4.3.1. Характеристики электродов для сварки низколегированных высокопрочных сталей 400

4.4. Электроды для сварки нержавеющих и жаростойких сталей . . . 409
4.4.1. Характеристики электродов для сварки нержавеющих и жаростойких сталей . . . 413
4.5. Электроды для трудносвариваемых сталей и разнородных сварных соединений . . . 428
4.5.1. Характеристики электродов для трудносвариваемых сталей и разнородных сварных соединений . . . 430
4.6. Электроды для сварки чугуна и сплавов на основе никеля . . . 432
4.6.1. Характеристики электродов для сварки чугуна и сплавов на основе никеля . . . 434
4.7. Электроды для сварки меди и ее сплавов . . . 437
4.7.1. Характеристика электродов для сварки меди и ее сплавов . . . 438
4.8. Электроды для сварки алюминия и его сплавов . . . 439
4.8.1. Характеристики электродов для сварки алюминия и его сплавов . . . 439
4.9. Электроды для резки и строжки . . . 441
4.9.1. Характеристики электродов для резки и строжки . . . 441

5. ЭЛЕКТРОДЫ ПРОИЗВОДСТВА MAILAM INDIA LIMITED . . . 442

5.1. Электроды для низколегированной высокопластичной стали . . . 442
5.1.1. Характеристики электродов для низколегированной высокопластичной стали . . . 444
5.2. Низкоуглеродистые электроды . . . 452
5.2.1. Характеристики низкоуглеродистых электродов . . . 453
5.3. Электроды для сварки трубопроводов . . . 458
5.3.1. Характеристики электродов для сварки трубопроводов . . . 458
5.4. Электроды для коррозионностойкой и жаростойкой стали . . . 461
5.4.1. Характеристики электродов для коррозионностойкой и жаростойкой стали . . . 463
5.5. Электроды для сварки чугуна . . . 471
5.5.1. Характеристики электродов для сварки чугуна . . . 471
5.6. Электроды для наплавки твердых покрытий . . . 473
5.6.1. Характеристики электродов для наплавки твердых покрытий . . . 474
5.7. Электроды для резки и строжки . . . 477
5.8. Электроды для сварки с низкими тепловложениями . . . 477
5.8.1. Электроды для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей . . . 477

5.8.2. Электроды для сварки высокопрочных сталей 482
5.8.3. Электроды для сварки чугуна 485
5.8.4. Электроды для сварки никеля и никелевых сплавов 488
5.8.5. Электроды для наплавки износостойких и агрессивно стойких поверхностей 490
5.8.8. Электроды для сварки меди и бронзы 496
5.8.7. Электроды для резки и строжки 498

6. ЭЛЕКТРОДЫ ANYKSCIU VARIS (ПОЛЬША) 501

6.1. Электроды для сварки низколегированных сталей 501
6.1.1. Характеристики электродов для сварки низколегированных сталей 502

6.2. Электроды для нержавеющих сталей 505
6.2.1. Характеристики электродов для нержавеющих сталей 506

6.3. Электроды для нержавеющих жаростойких сталей 509
6.3.1. Характеристики электродов для нержавеющих жаростойких сталей 510

6.4. Электроды для сварки чугуна 511
6.4.1. Характеристики электродов для сварки чугуна 511

6.5. Электроды для сварки алюминия 514
6.5.1. Характеристики электродов для сварки алюминия 514

6.6. Электроды для наплавки 516
6.6.1. Характеристики электродов для наплавки 517

7. ЭЛЕКТРОДЫ ПРОИЗВОДСТВА OERLIKON (ШВЕЙЦАРИЯ) 518

7.1. Прокалка электродов перед использованием 518

7.2. Электроды с целлюлозным и рутиловым покрытием для низкоуглеродистых сталей 519
7.2.1. Характеристики электродов с целлюлозным и рутиловым покрытием для низкоуглеродистых сталей 521

7.3. Никелевые электроды для нержавеющей стали 524
7.3.1. Характеристики никелевых электродов для нержавеющей стали 527

7.4. Электроды для ремонта 534
7.4.1. Электроды для сварки чугуна 534
7.4.2. Характеристики электродов для сварки чугуна 535
7.4.3. Электроды для сварки разнородных сталей 536
7.4.4. Характеристики электродов для сварки разнородных сталей 536

7.5. Электроды для наплавки износостойких покрытий 537
7.5.1. Характеристики электродов для наплавки износостойких покрытий 539
7.6. Электроды для резки металла 543
7.7. Электроды для низкоуглеродистой стали с основным типом покрытия и низким уровнем водорода 544
7.7.1. Характеристики электродов для низкоуглеродистой стали с основным типом покрытия и низким уровнем водорода . . . 545
7.8. Низколегированные высокопрочные электроды 548
7.8.1. Характеристики низколегированных высокопрочных электродов 549
7.9. Электроды для сварки высокопрочных легированных сталей . . . 552
7.9.1. Характеристики электродов для сварки высокопрочных легированных сталей 553
7.10. Низколегированные жаростойкие электроды 555
7.10.1. Характеристики низколегированных жаростойких электродов 557
7.11. Электроды для атмосферостойких сталей 561
7.11.1. Характеристики электродов для атмосферостойких сталей 562

8. ИСТОЧНИКИ СВАРОЧНОГО ТОКА 563

8.1. Единая система обозначения и классификации источников . . . 563
8.2. Вольт-амперные характеристики 564
8.2.1. Эффективность используемой энергии 566
8.3. Источники питания для дуговой сварки 566
8.3.1. Сварочные трансформаторы 566
8.3.2. Трансформатор сварочный для ручной дуговой справки ТДМ-22 (малогабаритный переносной) 567
8.3.3. Сварочный трансформатор ТДС-140 568
8.3.4. Сварочный трансформатор ТДС-125 568
8.3.5. Малогабаритный сварочный трансформатор МСТ 569
8.2.6. Трансформатор сварочный ТДМ-25 569
8.3.7. Трансформатор сварочный ТДМ 570
8.3.8. Трансформатор сварочный ТДМ-140 570
8.3.9. Трансформатор сварочный ТДМ-169 571
8.3.10. Трансформатор сварочный ТДМ-180 572
8.3.11. Трансформатор сварочный ТДМ-250 573
8.3.12. Переносной сварочный трансформатор ТСМ-250. 573
8.3.13. Малогабаритный сварочный трансформатор СТШ-250 . . 574
8.3.14. Сварочный трансформатор СТШ-500 574

8.3.15. Малогабаритный сварочный трансформатор ТДМ-121 . . . 575
8.3.16. Сварочный трансформатор ТДМ-317 576
8.3.17. Сварочный трансформатор ТДМ-403 576
8.3.18. Сварочный трансформатор ТДК-315 577
8.3.19. Трансформатор сварочный ТДМ-259 577
8.3.20. Трансформатор сварочный ТДМ-300 578
8.3.21. Трансформатор сварочный ТДМ-315 579
8.3.22. Трансформатор сварочный ТДМ-403 580
8.3.23. Трансформатор сварочный ТДМ-411 580
8.3.24. Трансформатор сварочный ТДМ-505 582
8.3.25. Сварочный трансформатор ТДФЖ-1002 582
8.3.26. Сварочный трансформатор ТДФЖ-2002 583
8.3.27. Сварочный трансформатор СТШ-250СГД 583
8.3.28. Сварочный трансформатор СТШ-252СГД 584
8.3.29. Сварочный трансформатор СТШ-500СГД 585

8.4. Сварочные выпрямители 585
8.4.1. Выпрямитель сварочный ВД-306С 588
8.4.2. Выпрямитель сварочный ВД-306У3 588
8.4.3. Выпрямитель ВДЭ-315 589
8.4.4. Выпрямитель ВД-251 590
8.4.5. Выпрямитель ВД-306 590
8.4.6. Дуга 318 591
8.4.7. Выпрямитель сварочный ВС-300Б (БА) — способ сварки MIG/MAG 592
8.4.8. Выпрямитель сварочный ВД-131 — способ сварки ММА 593
8.4.9. Выпрямитель сварочный ВД-250 — способ сварки ММА 594
8.4.10. Выпрямитель сварочный ВД-306с — способ сварки ММА 595
8.4.11. Выпрямитель сварочный ВД-306Д — способ сварки ММА/TIG 596
8.4.12. Выпрямитель сварочный ВД-306ДК — способ сварки ММА/TIG/MIG/MAG 597
8.4.13. Выпрямитель сварочный ВД-306М — способ сварки ММА 598
8.4.14. Выпрямитель сварочный ВД-309 — способ сварки ММА 599
8.4.15. Выпрямитель сварочный ВД-313 — способ сварки ММА 600
8.4.16. Выпрямитель сварочный ВД-506Д — способ сварки ММА/TIG 601
8.4.17. Выпрямитель сварочный ВД-506ДК — способ сварки ММА/TIG/MIG/MAG 602

8.4.18. Выпрямитель сварочный ВДГ-303-3 — способ сварки MIG/MAG 603
8.4.19. Выпрямитель сварочный ВДГ-401 — способ сварки MIG/MAG 604
8.4.20. Выпрямитель сварочный ВДГИ-302 — способ сварки MIG/MAG 605
8.4.21. Выпрямитель сварочный многопостовой ВД2×313 — способ сварки ММА 606
8.4.22. Выпрямитель сварочный многопостовой ВДМ-6303с — способ сварки ММА 607
8.4.23. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-1250 — способ сварки SAW/GMAW 608
8.4.24. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-506с — способ сварки ММА/MIG/MAG 609
8.4.25. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-601с — способ сварки ММА/MIG/MAG 610
8.4.26. Выпрямитель сварочный ВДГ-303 610
8.4.27. Выпрямитель сварочный ВДГ-304 611
8.4.28. Выпрямитель сварочный ВДМ-1202 611
8.4.29. Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ-1202 612
8.4 30. Выпрямитель сварочный ВДУ-506 613
8.4.31. Выпрямитель сварочный ВМГ-5000 614
8.4.32. Выпрямитель ВС-300Б для сварки в углекислом газе . . . 614
8.4.33. Выпрямитель ВС-632 615

8.5. Резонансные источники питания 616
8.5.1. Резонансный сварочный источник питания «Хобби-110» 616
8.5.2. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-153» . . . 617
8.5.3. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-153-Т3» 618
8.5.4. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-160м» 618
8.5.5. Резонансный сварочный источник «РСИ-180п» 619
8.5.6. Резонансный сварочный источник питания «РСИ-200» . . . 620

8.6. Сварочные инверторы 621
8.6.1. Высокочастотн ый транзисторный преобразователь «КОРАЛ-154м» 621
8.6.2. Высокочастотный транзисторный преобразователь «КОРАЛ-163-И» 622
8.6.3. Высокочастотный транзисторный преобразователь «КОРАЛ-301-2» 623
8.6.4. Ручной малогабаритный инструмент для дуговой сварки «МИКРОША-3/80» 624

8.6.5. Сварочные аппараты Discovery 140, Discovery 150 (WECO, Италия) . . . 625
8.6.6. Сварочные аппараты Discovery 160, Discovery 200 (WECO, Италия) . . . 626
8.6.7. Сварочные аппараты Presto 135 Plus, Presto 165 (Air Liquide Welding, Франция) . . . 627
8.6.8. Сварочные аппараты Presto 250 (Air Liquide Welding, Франция) . . . 628
8.6.9. Сварочные аппараты серии SAXO (Air Liquide Welding, Франция) . . . 629
8.7. Комбинированные источники сварочного тока . . . 630
8.7.1. Источник резонансный дуговой комбинированный «РДК-300М» . . . 630
8.8. Сварочные генераторы . . . 631
8.8.1. Автономные источники сварочного тока (SPARKY, Болгария) . . . 632
8.8.3. Автономный сварочно-технологический комплекс «АСТК-8» . . . 633
8.8.2. Дизельный сварочный агрегат АДД-4001С . . . 634
8.9. Вспомогательные устройства для электросварки . . . 635
8.9.1. Стабилизатор сварочной дуги — СД . . . 635
8.9.2. Ограничитель-стабилизатор сварочной дуги — ТОН2-СД (РФ) . . . 635
8.9.3. Устройство стабилизации горения дуги — УСГД (РФ) . . . 636
8.9.4. Трансформаторный ограничитель напряжения — ТОН2 А (РФ) . . . 636
8.9.5. Блок снижения напряжения холостого хода БСН-10 (РФ) . . . 637
8.9.6. Блок снижения напряжения холостого хода сварочных трансформаторов БСНТ (РФ) . . . 637
8.9.7. Реостат балластный РБ-302 (РФ) . . . 638
8.9.8. Выбор сварочного кабеля . . . 638
8.9.9. Электрододержатели производства Air Liquide Welding (Франция) . . . 639

9. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ . . . 641

9.1. Вредные факторы . . . 641
9.1.1. Опасность отравления . . . 641
9.1.2. Опасность поражения электрическим током . . . 642
9.1.3. Электромагнитные поля . . . 644
9.1.4. Опасность поражения глаз и ожоги . . . 645
9.1.5. Сварочные дымы и газы . . . 646

9.1.6. Шум 647
9.2. Рабочее место 647
9.2.1. Организация рабочего места 647
9.2.2. Вентиляция рабочего места 647
9.2.3. Средства защиты глаз 648
9.3. Защитные маски сварщика 649
9.3.1. Назначение и выбор затемнения светофильтра 649
9.3.2. Защитные маски EUROLUX ACTIVE (Air Liquide Welding, Франция) 650
9.3.3. Защитные маски EUROLUX PASSIVE (Air Liquide Welding, Франция) 651
9.3.4. Система поддува EUROLUX COOL (Air Liquide Welding, Франция) 652
9.4. Требования безопасности при выполнении электросварочных работ 654
Литература 657

Книги издательства «СОЛОН-Пресс» можно приобрести в Москве и Московской области:

Торговый Дом «Библио-Глобус»
Адрес: ул. Мясницкая, д. 6.
Тел.: 928-35-67.

Магазин «Московский Дом Книги»
Адрес: Новый Арбат, д. 8.
Тел.: 203-82-42, 291-78-32.

Магазин «Дом технической книги»
Адрес: Ленинский пр-т, д. 40.
Тел.: 137-60-38, 137-60-39.

Магазин «Молодая Гвардия»
Адрес: ул. Б. Полянка, д. 28.
Тел.: 238-26-86, 238-50-01.

Магазин «Дом книги на Соколе»
Адрес: Ленинградский пр-т, д. 78, к. 1.
Тел.: 152-82-82, 152-45-11.

Магазин «Дом книги на Войковской»
Адрес: Ленинградское шоссе, д. 13, стр. 1.
Тел.: 150-99-92, 150-69-17.

Торговый дом книги «Москва»
Адрес: ул. Тверская, д. 8, стр. 1.
Тел.: 797-87-16, 229-73-55.

Магазин «Дом книги на Новой»
Адрес: Шоссе Энтузиастов, д. 24/43.
Тел.: 361-68-34, 362-25-16.

Магазин «Дом книги в Медведково»
Адрес: Заревый проезд, д. 12.
Тел.: 478-48-97.

Магазин «Дом книги в Бибирево»
Адрес: ул. Мурановская, д. 12.
Тел.: 407-95-55, 406-47-77.

Магазин «Мир печати»
Адрес: ул. 2-я Тверская-Ямская, д. 54.
Тел.: 978-50-47.

Магазин «Дом книги на Преображенке»
Адрес: Преображенский вал, д. 16, стр. 1.
Тел.: 964-42-26.

Магазин «Дом книги в Сокольниках»
Адрес: ул. Русаковская, д. 27.
Тел.: 264-81-21.

Магазин «Мир школьника»
Адрес: ул. Шоссейная, 1.
Тел.: 179-57-17.

Магазин «Дом книги в Измайлово»
Адрес: Измайловская пл., д. 2, к. 1.
Тел.: 166-69-96.

Магазин «Дом Книги у Красных Ворот»
Адрес: ул. Садовая-Черногрязская, д. 5/9.
Тел.: 975-47-49.

Магазин «Фолиант»
Адрес: Шоссе Энтузиастов, д. 60А.
Тел.: 276-06-53.

Магазин «Радиотехника»
Адрес: ул. Новокузнецкая, д. 17/19.
Тел.: 953-69-53.

Internet-магазин «ДЕССИ»
Адрес: 107113, г. Москва, а/я 10.
Тел.: 304-72-31.

ООО «Дом деловой книги»
Адрес: ул. Марксистская, д. 9.
Тел.: 270-54-20, 270-54-21.

ООО «КУМ»
Адрес: ул. Ярцевская, д. 34, к. 1.
Тел.: 140-44-25.

Магазин «Алекс и Ко»
Адрес: г. Зеленоград, Панфиловский пр-т, к. 1106-Б. Тел.: 532-96-69.

ПБОЮЛ Тимохина И.Ю.
Адрес: г. Зеленоград, корп. 1420, кв. 60.
Тел.: 533-44-44, 537-60-59.

Магазин «Дом книги»
Адрес: г. Подольск, пр-т Ленина, д. 158.
Тел.: (276) 300-76.

Магазин «Книга»
Адрес: г. Балашиха, ш. Энтузиастов, д. 11.
Тел.: 529-56-25.

ООО «Элара»
Адрес: г. Сергиев-Посад.
Тел.: (254) 212-52, 455-05.

Книги издательства «СОЛОН-Пресс» можно приобрести в городах России и ближнего зарубежья:

Магазин «Санкт-Петербургский Дом Книги»
Адрес: г. Санкт-Петербург, Невский проспект, д. 28.
Тел.: 318-49-15, 312-01-84.

Магазин «Техническая книга»
Адрес: г. Санкт-Петербург, Пушкинская пл., д. 2.
Тел.: 164-65-65, 164-62-77.

ООО «Elkom»
Адрес: г. Астрахань, ул. Красная, д. 12/2.
Тел.: 39-08-53.

ООО «Книжный меридиан»
Адрес: г. Красноярск, ул. Дубровинского, д. 52А.
Тел.: 27-14-29.

ЧП Ващенко С.В.
Адрес: г. Липецк, рынок 9-го микрорайона, контейнер 37; пр-т Победы, 29, «Дом быта», 2-й этаж, «Бизнес-книга».
Тел.: 77-04-25, 46-33-34.

ООО «Книжный мир»
Адрес: г. Нальчик, ул. Захарова, 103. Тел.: 5-52-01.

ООО «Топ книга»
Адрес: г. Новосибирск. Тел.: 36-10-26, 36-10-27.

Магазин «На Бульваре»
Адрес: г. Орел, ул. Московская, д. 36. Тел.: 43-54-69.

Магазин «Ампир»
Адрес: г. Орел, Бульвар Победы, д. 1. Тел.: 5-89-90.

Комаров Виктор Анатольевич
Адрес: Пермская обл., г. Лысьва, ул. Озерная, д. 11, кв. 89. Тел.: 44-56-41.

Магазин «Чакона»
Адрес: г. Самара, ул. Чкалова, 100.
Тел.: 42-96-28, 42-96-29.

Магазин радиодеталей «Элком»
Адрес: г. Самара, пр-т Кирова, 229; ул. Ивана Булкина, 81. Тел.: 59-85-14; 24-25-04.

Магазин «Электроника»
Адрес: г. Уфа, пр-т Октября, д. 108. Тел.: 33-10-29.

ЧП Вологин В.
Адрес: г. Запорожье.
Тел.: (10380612) 96-63-21.
e-mail: book@book.marka.net.ua.

ООО «АКМА»
Адрес: г. Пермь, ул. Г. Хасана, д. 16.
Тел.: 90-45-60, 90-93-02.

ООО «ЛИТЭКС»
Адрес: г. Красноярск, ул. Дудинская, д. 3А.
Тел.: 55-5035, 55-50-36.

ООО «Элко-М»
Адрес: г. Чебоксары. Тел.: 64-99-22, 64-99-33.

Свердловская областная организация Добровольного общества любителей книги РФ
Адрес: г. Екатеринбург, ул. Антона Валека, д. 8А.
Тел.: 71-72-72.

Магазин радиодеталей «ДЕЛЬТА»
Адрес: г. Новокузнецк, ул. Воровского, д. 13.
Тел.: 74-59-49.

ЧП Кудь А.Я.
Адрес: г. Харьков. Тел.: 776-43-29.

ГУП Красноярский магазин «Академкнига» торговой фирмы «Академкнига» РАН
Адрес: г. Красноярск, ул. Сурикова, д. 45.
Тел.: 27-03-90.

ЧП Гергерт Е.В.
Адрес: г. Тюмень, ул. Республики, д. 143.
Тел.: 22-81-95.

ЧП Антропов В.П.
Адрес: г. Омск, ул. 10 лет Октября, д. 48.
Тел.: (3812) 31-05-83.

Магазин ОАО «Курскккнига»
Адрес: г. Курск, ул. Ленина, д. 11.
Тел.: (0712) 22-38-42, 22-77-23.

ИП Ольхова О.Г.
Адрес: г. Н. Новгород, ул. Бекетова, д. 71, кв. 39.
Тел.: (8312) 33-02-91.

ГУП «Чувашский республиканский бибколлектор» Госкомпечати Чувашской Республики
Адрес: г. Чебоксары, ул. Петрова, д. 7.
Тел.: (8335) 62-15-67.

ООО «ТД Чародей»
Адрес: г. Томск, ул. Белинского, д. 55/НТБ ТПУ.
Тел.: (3822) 41-57-72.

МУП «Книжный магазин № 14»
Адрес: г. Екатеринбург, ул. Челюскинцев, д. 23.
Тел.: (3432) 53-24-89.

«Дом книги»
Адрес: г. Екатеринбург, ул. Валека, д. 12.
Тел.: (3432) 58-12-00.

ОАО «Уралкнига»
Адрес: г. Екатеринбург, ул. Аршинская, д. 23а.
Тел.: (3432) 71-25-24.

ГУП «Облбибколлектор»
Адрес: г. Екатеринбург, ул. Первомайская, д. 70.
Тел.: (3432) 74-27-47.

ООО «Амиталь»
Адрес: г. Воронеж, Ленинский пр-т, д. 157.
Тел.: (0732)23-00-02, 23-63-26.

ООО «Азбука»
Адрес: г. Петрозаводск, ул. Дзержинского, д. 4.
Тел.: (8142)78-55-03.

«Тезей»
Адрес: г. Мурманск. Тел.: (8152) 43-76-96

маг. Микроника
Адрес: Киев, ул. Марины Расковой, д. 13.
Тел.: (044) 517-73-77

ООО «Импульс»
Адрес: г. Тольятти, ул. Дзержинского, д.70.
Тел.: 32-74-85

ООО «ДОМО «ГЛОБУС»
Адрес: г. Казань, пр-д Коммуны, д. 10/72.
Тел.: 36-74-81; 99-50-74

ООО «ТАИС»
Адрес: г. Казань, ул. Гвардейская, д. 9, корп. А.
Тел.: (8432) 72-34-55

Магазин «ЭХО»
Адрес: г. Петрозаводск, ул. Андропова, д. 9.
Тел.: (8142) 78-36-01

Серия «Ремонт»
Выпуск 73

Владимир Леонидович Лихачев

ЭЛЕКТРОСВАРКА

Справочник

Ответственный за выпуск
В. Митин

Научный редактор
Д. Соснин

Макет и верстка
С. Тарасов

Обложка
Е. Холмский

ООО «СОЛОН-Пресс»
123242, г. Москва, а/я 20
Телефоны:
(095) 254-44-10, (095) 252-36-96, (095) 252-25-21
E-mail: Solon-Avtor@coba.ru

По вопросам приобретения обращаться:
ООО «Альянс-книга»
Тел: (095) 258-91-94, 258-91-95
www.abook.ru

ООО «СОЛОН-Пресс»
127051, г. Москва, М. Сухаревская пл., д. 6, стр. 1 (пом. ТАРП ЦАО)
Формат 70×100/16. Объем 42 п. л. Тираж 1500

ООО «Арт-диал»
Москва, Б. Переяславская, 46
Заказ №