Библиотека электромонтера

Г. Е. Хромченко

Соединение и оконцевание медных и алюминиевых проводов и кабелей

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

С 915308

62131
Х 943

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 3

Г. Е. ХРОМЧЕНКО

СОЕДИНЕНИЕ И ОКОНЦЕВАНИЕ МЕДНЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1959 ЛЕНИНГРАД

ЭЭ-3-3

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Демков Е. Д., Долгов А. Н., Ежков В. В., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

В брошюре изложены вопросы соединения и оконцевания проводов и кабелей с медными и алюминиевыми токопроводящими жилами. В ней освещены опыт монтажных организаций Главэлектромонтажа Министерства строительства РСФСР, а также разработки Московского и Ленинградского проектно-экспериментальных отделений института «Тяжпромэлектропроект и Научно-исследовательского института кабельной промышленности.

с 915308 и

Государственная публичная
библиотека
им. В.Г. Белинского
г. Свердловск

Автор — *Григорий Ефимович Хромченко*

СОЕДИНЕНИЕ И ОКОНЦЕВАНИЕ
МЕДНЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

Редактор — *П. Ф. Соловьев* Техн. редактор *Г. И. Матвеев*

Сдано в набор 27/XII 1958 г. Подписано к печати 9/III 1959 г.
Бумага 84×108¹/₃₂ Объем 2 п. л. Уч.-изд. л. 2,5
Т-02867 Тираж 24 000 экз. Цена 1 р. 25 к. Зак. 2

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Необходимость выпуска литературы для многочисленного отряда электромонтеров, ведущих ответственную работу по электрификации народного хозяйства нашей Родины, в последние годы чувствуется очень остро.

Госэнергоиздат приступает к выпуску «Библиотеки электромонтера» и выражает уверенность, что массовое распространение электротехнических знаний среди рабочих, бригадиров и мастеров будет способствовать выполнению исторических задач по строительству коммунизма, принятых XXI съездом КПСС.

В «Библиотеку электромонтера» войдут брошюры как для квалифицированных монтеров, имеющих большой практический опыт, так и для монтеров, имеющих необходимую теоретическую подготовку, но не имеющих достаточного опыта работы.

Цель этой библиотеки — объяснить, как работают электрические устройства и аппараты, показать, как выполняются простейшие электротехнические расчеты, почему в данных условиях приняты те или иные решения в части конструкций, схем и методов монтажа и эксплуатации, а также отразить передовой опыт изобретателей и рационализаторов по монтажу, наладке и эксплуатации электротехнических установок.

Издательство просит читателей присылать в редакцию свои замечания по вышедшим брошюрам и предложения о желательной тематике «Библиотеки электромонтера».

Предложения об издании брошюр вместе с кратким их содержанием следует направлять по адресу: Москва Ж-114, Шлюзовая набережная, д. 10, Госэнергоиздат, «Библиотека электромонтера».

ВВЕДЕНИЕ

Соединения и оконцевания токопроводящих жил проводов и кабелей являются весьма важными операциями при монтаже электроустановок. От правильного выполнения этих операций в значительной мере зависит надежность работы электроустановок. Персонал, соприкасающийся с соединениями, ответвлениями и оконцеваниями проводов и кабелей, должен быть знаком с теорией неподвижных электрических контактов и хорошо освоить технологию опрессования, сварки и пайки медных и алюминиевых токопроводящих жил.

Соединения, ответвления и оконцевания жил проводов и кабелей должны обладать необходимой механической прочностью и малым электрическим сопротивлением, которое не должно быть больше сопротивления целого участка жилы такой же длины. В эксплуатации контактные соединения подвержены действию тока нагрузки, величина которого обычно изменяется в весьма широких пределах. Это приводит к тому, что контактные соединения проводов и кабелей циклически нагреваются и охлаждаются. При коротких замыканиях кратковременный нагрев жил может достигать значительной величины. По действующим в нашей стране нормам кратковременный нагрев жил проводов и кабелей при коротких замыканиях допускается до 150° С при резиновой или полихлорвиниловой изоляции и до 250° С — при бумажной.

Большое воздействие оказывает на контактное соединение окружающая среда, в которой изменяются температура и влажность воздуха, могут находиться газы, пары с содержанием кислот и щелочей, могут иметь место вибрации или сотрясения, вызванные действующим оборудованием.

Контактные соединения будут надежными в эксплуатации лишь в том случае, если они обладают малым электрическим сопротивлением и необходимой механической прочностью не только после выполнения, но и в условиях эксплуатации, устойчиво сохраняют эти свойства длитель-

ное время, не расшатываясь и не нарушаясь под действием среды и протекающего тока.

Материалами для изготовления токопроводящих жил изолированных проводов и кабелей служат алюминий и медь. Алюминий по сравнению с медью обладает известными преимуществами: он менее дефицитен и при одинаковой пропускной способности по току проводник из алюминия легче и дешевле медного. Однако алюминий отличается от меди некоторыми физико-механическими особенностями, которые вызывают затруднения при выполнении контактных соединений.

Алюминий, как и медь, в воздухе окисляется (соединяется с кислородом воздуха) и на его поверхности появляется пленка окиси. У меди в обычных условиях пленка окиси образуется медленно, она легко удаляется и оказывает незначительное влияние на ухудшение контактного соединения. Пленка же окиси алюминия образуется в воздухе очень быстро, обладает большой твердостью и значительным электрическим сопротивлением, вследствие чего состояние контактного соединения быстро ухудшается. Пленка окиси алюминия тугоплавка (температура плавления пленки — около 2 000° С, алюминия 565—678° С) и препятствует пайке и сварке.

Алюминий обладает низким пределом текучести. Это означает, что алюминий, находящийся под давлением, бóльшим определенной величины, начинает как бы течь из области с бóльшим давлением в соседние, находящиеся под меньшим давлением. Из этого следует, что если алюминиевое контактное соединение чрезмерно затянуть болтом, то с течением времени контактное соединение ослабнет вследствие того, что некоторая часть металла «вытечет» в соседние области, находящиеся под небольшим давлением. Алюминий при соединениях с медью и другими металлами образует гальваническую пару, в результате действия которой происходит разрушение алюминия электрохимический коррозией. Это обстоятельство оказывает немаловажное влияние на ухудшение контактов в соединениях и оконцеваниях алюминиевых жил.

Как известно, в гальваническом элементе один из электродов является положительным полюсом, другой — отрицательным. Если в качестве электродов приняты медная и цинковая пластины, то медная пластина всегда будет положительным полюсом, а цинковая — отрицательным.

В гальваническом элементе пластина, являющаяся отрицательным полюсом, постепенно теряет частицы металла, т. е. подвергается постепенному разрушению. В соединении с большинством применяемых в электротехнике металлов алюминий является отрицательным полюсом, т. е. во всех случаях алюминий будет подвергаться постепенному разрушению.

Представим себе в увеличенном виде контактное соединение меди и алюминия (рис. 1). Даже при самой тщательной обработке контактных поверхностей фактическое касание (контакт) будет иметь место лишь в отдельных точках (*1*, *2* и *3*), как это представлено на рис. 1. Между точками касания остаются пустоты, заполненные воздухом, в котором могут быть водяные пары, газы, окиси соединяемых металлов и другие загрязнения, могущие при известном сочетании образовать электролит. Таким образом, как это видно на рис. 1, при электродах из разных металлов, наличии между ними электролита и замкнутой в трех точках цепи между электродами будут циркулировать токи, а это приведет к постепенному разрушению алюминия и ухудшению, естественно, контактного соединения.

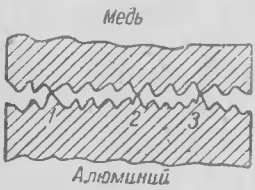

Рис. 1. Соединение двух контактных поверхностей (сильно увеличено).

В случае касания алюминия с другим металлом для предотвращения разрушения алюминия от электрохимической коррозии необходимо либо покрыть обе контактные поверхности каким-нибудь третьим металлом или сплавом (например, оловом, тогда будет происходить контакт между одноименными металлами), либо предотвратить возможность доступа воздуха и влаги в пустоты между контактными точками. Последнее может быть достигнуто, например, обмазкой контактных поверхностей перед их сборкой бескислотным вазелином.

ОПРЕССОВАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОЕДИНЕНИИ И ОКОНЦЕВАНИИ ЖИЛ

При опрессовании токопроводящая жила (медная или алюминиевая) вводится в трубчатую часть наконечника (при оконцевании) или в соединительную трубчатую гиль-

зу (при соединении или ответвлении)) и обжимается таким образом, что между жилой и трубкой создается надежный электрический контакт.

В настоящее время у нас в Союзе способ опрессования применяется при оконцевании и соединении медных и многопроволочных алюминиевых жил проводов любых сечений. Этот способ применяется также для оконцевания жил кабелей: медных — при напряжении до 10 *кв*, а алюминиевых — при напряжении до 1 *кв*, при соединениях мед-

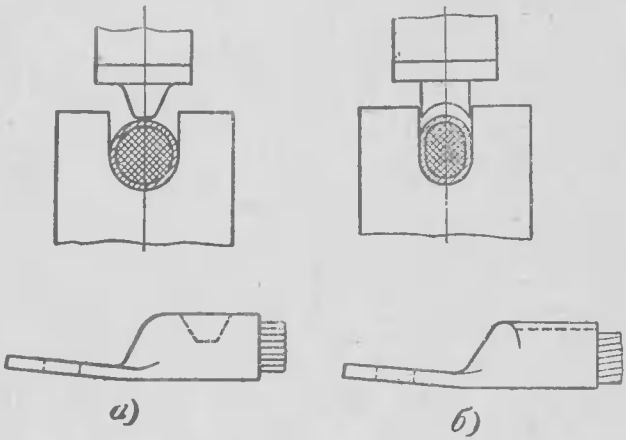

Рис. 2. Наконечники, опрессованные на жиле провода.
а — местным вдавливанием; *б* — сплошным обжатием;

ных и алюминиевых жил кабелей — до 1 *кв*. В некоторых зарубежных странах способ опрессования применяется при соединениях и оконцеваниях кабелей при напряжении до 138 *кв*. Есть основания полагать, что и в СССР этот высокопроизводительный и надежный способ в ближайшее время найдет более широкое применение.

На рис. 2 изображены наконечники, опрессованные по способу местного вдавливания (*а*) и по способу сплошного обжатия (*б*). В первом случае получается сосредоточенный контакт с большим удельным давлением на сравнительно небольшой площади; во втором случае — контактная площадь представляет собой цилиндрическую поверхность, охватывающую почти всю трубчатую часть наконечника. Сплошное обжатие требует больших усилий, и для его выполнения необходимы более мощные инструменты и механизмы, чем при местном вдавливании. По этой

причине сплошное обжатие выполняется на жилах большого сечения не сразу на всей длине, а последовательно на отдельных участках (в два или несколько приемов). Возможны и другие способы опрессования. В некоторых странах применяется опрессование, при котором обжатое место принимает форму шестигранника или отдельных колец и т. п.

Следует иметь в виду, что надежность контактного соединения определяется не способом опрессования, а надлежащим выбором размеров наконечника, соединительной гильзы, рабочего инструмента, степени обжатия и герметизации места соединения. Все эти условия могут быть соблюдены, если все размеры наконечника (гильзы) и инструмента тщательно подбираются экспериментальным путем для каждого сечения и типа жилы. Исполнителям остается лишь, руководствуясь имеющейся маркировкой, правильно применить соответствующий наконечник (гильзу) и рабочий инструмент и выполнить простейшие операции по оконцеванию или соединению.

Решающее значение для хорошей работы контактного соединения имеют чистота контактной поверхности и контактное давление. Чистота контактной поверхности достигается путем удаления с жил, гильз и наконечников грязи, а также остатков резиновой и подобной ей изоляции. Пленка окиси меди механически разрушается в процессе опрессования вследствие растягивания поверхности. При соединении и оконцевании алюминиевых жил дополнительное разрушение пленки окиси достигается тем, что перед опрессованием в наконечник или гильзу вводится паста, состоящая из механической смеси мелких твердых частиц кварцевого песка или окиси цинка и вазелина. Твердые частицы разрушают пленку окиси алюминия, а вазелин предотвращает образование пленки окиси вновь.

Контактное давление должно быть достаточным для того, чтобы переходное сопротивление контактного соединения было малым. Обратимся вновь к рис. 1. На этом рисунке видно, что при малом давлении контакт имеет место в трех точках. С повышением давления контактные поверхности в точках *1*, *2* и *3* сближаются, так как контактные точки превращаются в контактные площадочки, а вследствие этого возникают новые контактные точки, что приводит к снижению переходного сопротивления в контакте. Но повышение давления не должно быть чрезмерным, так как при слишком большом давлении сжатие

металла выходит за пределы упругости его, а это приводит к деформации контактной поверхности, при которой металл начинает течь, в результате чего переходное сопротивление контакта не только не уменьшается, но может даже увеличиться. Следовательно, опрессованные контактные соединения должны быть обжаты в меру. Недостаточное обжатие дает высокое переходное сопротивление. При протекании тока по такому соединению оно перегревается, что является причиной дальнейшего его ухудшения. При слишком большом обжатии соединения может возникнуть чрезмерная течь металла, а при многопроволочной жиле могут быть также переломлены отдельные проволоки жилы, что приводит к снижению механической прочности и устойчивости контактного соединения при циклических нагревах и охлаждениях. Поэтому чрезмерное обжатие также недопустимо.

В настоящее время у нас в Союзе все токоведущие выводы электрических машин и аппаратов для присоединения к ним проводов и кабелей выполняются из меди. Присоединения к этим выводам желательно также осуществлять медью во избежание образования электролитической пары, о нежелательности которой сказано выше. С этой точки зрения желательно было бы провода и кабели с алюминиевыми жилами оконцовывать путем напрессования на них медных наконечников. Это, однако, нецелесообразно по следующей причине. Представим себе, что алюминиевая жила обжата медным трубчатым наконечником. Так как коэффициент объемного теплового расширения алюминия примерно в 1,5 раза больше величины этого коэффициента для меди, то при нагревании прирост объема алюминия значительно больше прироста объема меди. Вследствие этого резко увеличится давление алюминия на медную оболочку наконечника. При значительном нагреве, что имеет место при коротких замыканиях, давление может настолько повыситься, что алюминий выйдет за пределы упругости и начнет вытекать из наконечника. При последующем охлаждении между поверхностью медного наконечника и алюминиевой жилой образуется «щель». Это вызывает увеличение переходного сопротивления контакта, его перегрев и постепенное расшатывание. В конечном итоге соединение выходит из строя.

Правильное решение было найдено путем применения наконечников из алюминия и так называемых медно-алюминиевых наконечников (см. ниже).

497—1

Следует отметить, что всякого рода примеси к алюминию, которые иногда применяют для улучшения литейных свойств его, в значительной мере изменяют физико-механические свойства алюминия. Опыт показал, что при применении наконечников или соединительных гильз из такого алюминия опрессованные соединения не выдерживают длительного циклического нагрева. Гильзы и наконечники должны изготовляться только из чистого алюминия марок А1 и АО.

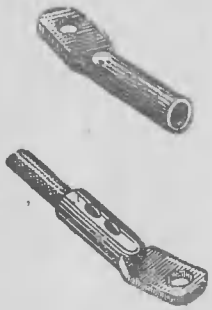

Рис. 3. Алюминиевый наконечник на жиле опрессованный двойным местным вдавливанием.

Чтобы предотвратить нарушение алюминиевых опрессованных контактов вследствие ползучести металла, контактные соединения при алюминии выполняются на большей поверхности, чем при меди, т. е. при меньшем удельном контактном давлении (удельным называется давление, приходящееся на единицу площади). Для этого при сплошном обжатии удлиняется трубчатая часть алюминиевого наконечника, при местном вдавливании производится обжатие двух мест в два приема (рис. 3). Кроме того, алюминиевые наконечники и соединительные гильзы выполняют в трубчатой части с толщиной стенок, почти в 2 раза большей, чем у медных.

Таким образом, особенности опрессования оконцеваний и соединений алюминиевых жил в отличие от медных заключаются в применении кварце-вазелиновой или цинково-вазелиновой пасты, выполнении наконечников и соединительных гильз из чистого алюминия с увеличенными длиной и толщиной трубчатой части и большей, чем у меди, площади опрессования.

2. СОЕДИНЕНИЕ ЖИЛ СЕЧЕНИЕМ 16 *мм*² И БОЛЕЕ

Медные наконечники для оконцевания медных жил проводов и кабелей сечением 16 *мм*² и более способом опрессования выпускаются по ГОСТ 7386-55. Изготовляются они из стандартных медных трубок.

Выбор наконечников для медных жил проводов нормальной гибкости (как у проводов марки ПР) и секторных жил кабелей производится согласно имеющейся на наконечниках маркировке. Для гибких и особо гибких жил, имеющих бóльший диаметр по сравнению с нормальной

жилой такого же сечения, наконечники применяются на одну ступень выше, т. е. для гибкой жилы сечением 50 *мм*^{2} применяют наконечник, предназначенный для нормальной жилы сечением 70 *мм*^{2}, и т. д. Для таких жил применяются также специальные наконечники.

Технология оконцевания жилы опрессованием очень проста. На участке жилы, равном длине трубчатой части наконечника с превышением в 2—3 *мм*, снимается изоляция. Затем оголенный от изоляции участок жилы вводится в трубчатую часть наконечника до отказа и обжимается

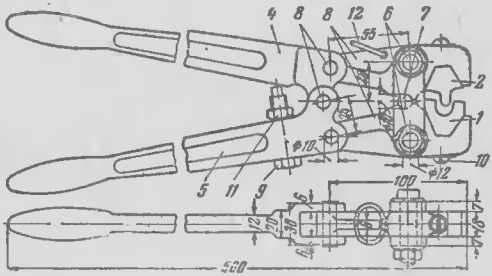

Рис. 4. Ручные клещи ПК-1.

1—матрица; *2*—пуансон; *3*—рычаг; *4* и *5*—рукоятка; *6*—ось; *7*—ролик; *8*—палец; *9* и *10*—винт; *11*—контргайка; *12*—кольцо для закрепления ремня.

с помощью ручных клещей или гидравлического пресса (при надлежащем образом выбранных рабочем инструменте, матрице и пуансоне).

Соединения медных жил опрессованием производятся аналогичным образом в трубчатых соединительных гильзах по ГОСТ 7388-55. Обжатие гильзы производится на каждой из соединяемых жил, введенных в гильзу.

Для опрессования жил сечением16—50 *мм*^{2}, а также для перекусывания жил сечением до 70 *мм*^{2} применяются ручные клещи типа ПК-1* (рис. 4), снабженные соответствующим набором матриц и пуансонов. При приложении к концам рукояток усилия 20 *кг* клещи развивают усилие при опрессовании около 2 *т*. Вес клещей 2,5 *кг*. Незначительная регулировка глубины вдавливания (опрессования) выполняется с помощью имеющегося на клещах стопорного винта *9*.

---

* Изготовляются Московским заводом электромонтажных инструментов Главэлектромонтажа Министерства строительства РСФСР.

Для опрессования соединений и оконцеваний жил сечением 16—240 *мм*² применяют ручной гидравлический пресс марки РГП-7м*. Он состоит из цилиндра *1* (рис. 5) с поршневым насосом, встроенным в цилиндр масляного резервуара *3*, являющегося одновременно рукояткой гидропресса, рукоятки *4* и вилки *5*, в которой закрепляется матрица и располагается опрессованный наконечник или соединительная гильза.

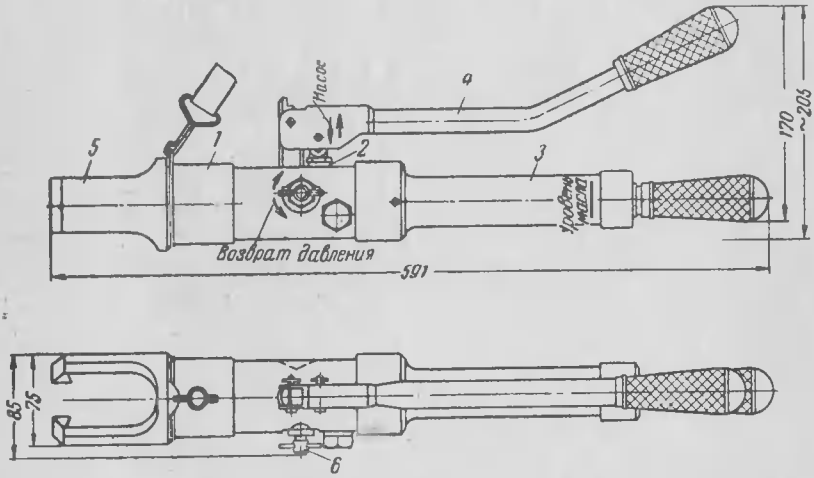

Рис. 5. Гидропресс типа РГП-7М:
1—цилиндр; *2*—главный поршень; *3* — масляный резервуар; *4* — рукоятка; *5* — вилка; *6*—кран возврата поршня.

Работа гидропресса производится путем качания рукоятки *4* после предварительного поворота крана *6* вправо до отказа. При этом главный поршень *2* с закрепленным на нем пуансоном перемещается по направлению к матрице и производит опрессование с усилием, достигающим *7 т*. Качание рукоятки *4* продолжают до момента посадки буртика пуансона на заплечики матрицы. Для установки главного поршня в исходное состояние кран *6* поворачивается влево на 2—3 оборота.

В качестве рабочей жидкости в гидропрессе применяют тщательно отфильтрованный автол. Допускается

* Изготовляется Московским заводом электромонтажных инструментов Главэлектромонтажа Министерства строительства РСФСР.

Таблица 1

Размеры (*мм*) алюминиевых наконечников для опрессования (рис. 6)

Типоразмер наконечника	Сечение жилы, *мм*²	*а*	*б*	*в*	*г*	$г_1$	*Д*	*d*	d_1	*R*
		не менее								
ТА-16	16	17	2,6	55	32	20	6,5	5,2	10	10
ТА-25	25		4,0	60	32		8,5	6,8	12	
ТА-35	35	20	5	65	32	24	8,5	7,9	14	12
ТА-50	50		5	75	37		10,5	9,7	16	
ТА-70	70	25	6,5	85	40	30	10,5	11,5	18	15
ТА-95	95	28	7,0	92	44		13	14	21	
ТА-120	120	34	7,0	95	48	36	13	15,5	22,5	18
ТА-150	150	34	7,5	97	50		17	17	24	
ТА-185	185	36	7,5	106	53	41	17	19	26	20
ТА-240	240	40	8,5	120	60	41	21	21	28	23

Таблица 2

Размеры (*мм*) алюминиевых соединительных гильз для опрессования (рис. 7)

Типоразмер гильзы	Сечение жилы, *мм*²	*а*	*d*	d_1	Типоразмер гильзы	Сечение жилы, *мм*²	*а*	*d*	d_1
ГА-16	16	60	5,2	10	ГА-95	95	85	13	21
ГА-25	25	60	6,8	12	ГА-120	120	95	15,5	22,5
ГА-35	35	60	7,7	14	ГА-150	150	100	17	24
ГА-50	50	71	9,2	16	ГА-185	185	105	19	26
ГА-70	70	77	11	18	ГА-240	240	117	21	28

также применение машинного масла марки Л или трансформаторного масла.

Гидропресс снабжается набором матриц и пуансонов для соединения и оконцевания жил сечением 16—240 *мм*^{2} и перекусывания жил сечением до 185 *мм*^{2}. Вес гидропресса — около 6,5 *кг*.

Представляет интерес ручной гидропресс, применяемый судостроительной промышленностью, состоящей из двух самостоятельных узлов: насоса, приводимого в действие ножной педалью, и цилиндрической головки пресса. Насос и головка соединены резиновым шлангом, выдерживающим высокое давление. Головка пресса представляет собой цилиндр, в котором под давлением масла может перемещаться поршень, снабженный уплотняющими манжетами для предотвращения утечки масла. Внутри цилиндра находится пружина, возвращающая поршень в исходное положение. Ножной гидропресс особенно удобен в работе при выполнении опрессований в траншее, на высоте, в стесненных местах. В этих случаях насос устанавливается на полу или земле и обслуживается одним монтером. Второй монтер удерживает в руках легкую (вес около 3,5 *кг*) головку сравнительно малых размеров и производит опрессовку.

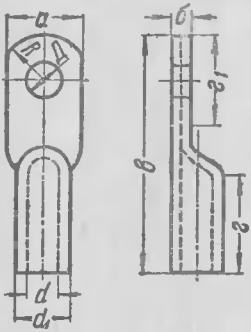

Рис. 6. Алюминиевый наконечник для опрессования.

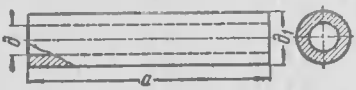

Рис. 7. Алюминиевая соединительная гильза для опрессования

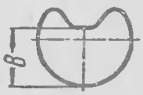

Рис. 8. Проверка глубины вдавливания.

На наконечники и соединительные гильзы для алюминиевых жил государственные стандарты отсутствуют. Они пока изготовляются по ведомственным техническим условиям (рис. 6 и 7 и табл. 1 и 2).

Проверка качества соединений и оконцеваний, выполненных опрессованием, состоит во внешнем осмотре их и измерении конечных размеров обжатых мест. При опрессо-

497. 2

Таблица 3

Данные для проверки качества опрессования (рис. 8)

Сечение жилы, *мм*²	Размеры для меди, *мм*			Размеры для алюминия, *мм*		
	Первоначальный наружный диаметр	*B*	Глубина вдавливания	Первоначальный наружный диаметр	*B*	Глубина вдавливания
16	7	4,3	2,7	10	4,6	5,4
25	10	4,5	5,4	12	6,1	5,9
35	11	6,1	4,9	14	7,0	7,0
50	13	7,0	6,0	16	8,2	7,8
70	15	8,2	6,8	18	9,1	8,9
95	18	9,1	8,9	21	10,2	10,8
120	22	10,2	11,8	22,5	10,2	12,3
150	24	12,6	11,4	24	11,6	12,4
185	25	13,0	12,0	26	13,0	13,0
240	28	14,4	13,6	28	14,4	13,6

Примечание. Для приведенных в таблице размеров допустимы отклонения в пределах ±5%.

вании по способу местного вдавливания степень обжатия контролируется путем измерения глубины вдавливания. Она представляет собой разность между первоначальным наружным диаметром трубчатой части наконечника (гильзы) и толщиной, измеренной специальным кронциркулем (рис. 8) в месте вдавливания. Соответствующие данные приведены на рис. 8 и в табл. 3.

3. СОЕДИНЕНИЕ ЖИЛ СЕЧЕНИЕМ ДО 10 *мм*²

Многопроволочные медные жилы сечением до 10 *мм*² могут соединяться по способу обжатия в тонкой медной или латунной ленте [1]. В настоящее время этот способ широко применяется у нас в Союзе в осветительных сетях для соединения и ответвления медных многопроволочных жил шнуров сечением 1,5 и 2,5 *мм*². Технология выполнения соединения по этому способу очень проста. Очищенные от изоляции концы соединяемых жил скручиваются, укладываются внахлестку (рис. 9), обертываются медной или латунной лентой. Затем соединение обжимают с помощью ручных клещей типа ПК-2* (рис. 10), в которых закреп-

[1] Разработан Московским проектно-экспериментальным отделением (МОПЭО) института «Тяжпромэлектропроект» по предложению работников треста «Центроэлектромонтаж» А. И. Хохлова и Н. И. Ривкина.

* Изготовляются Московским заводом электромонтажных инструментов Главэлектромонтажа Министерства строительства РСФСР.

лены гребенчатая матрица и пуансон. Для обертывания соединения применяется медная или латунная лента шириной 18—20 *мм* и толщиной 0,2—0,3 *мм*. Жесткие сорта ленты должны быть предварительно отожжены. При толщине ленты менее 0,2 *мм* соединение обертывается двумя

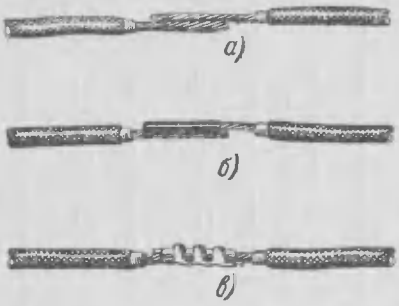

Рис. 9. Соединение медных жил обжатием в тонкой ленте.

а—подготовка соединяемых концов; *б*—обертывание тонкой медной или латунной лентой; *в*—обжатие клещами типа ПК-2.

витками ленты, а при толщине ленты 0,3 *мм* можно ограничиться одним витком.

Указанный способ соединения и ответвления многопроволочных жил применяется также и при соединении однопроволочных медных жил сечением 1,5 и 2,5 *мм*^{2}. В принципе он может быть применен и для соединения однопроволочных жил сечением 4—10 *мм*^{2}, но с другими матрицами и пуансонами и более мощными клещами. Клещами типа ПК-2 обжатие места соединения однопро-

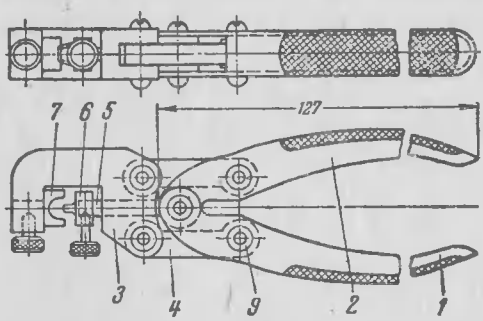

Рис. 10. Клещи типа ПК-2 для опрессования.

1 и *2*—рычаг; *3*—головка; *4*—тяга; *5*—шток; *6* и *7*—пуансон и матрица; *8*—заклепка; *9*—винт.

волочных медных проводов сечением 4—10 *мм*² необходимо выполнять в несколько приемов: после первого вдавливания при каждом последующем клещи поворачивают на 180° по отношению к их предыдущему положению и перемещают вдоль соединения.

Опыты соединения обжатием алюминиевых жил, обернутых тонкой медной, латунной или алюминиевой лентой, не дали положительных результатов.

Изображенные на рис. 10 клещи типа ПК-2 предназначены для опрессования как соединений и ответвлений, так и оконцеваний многопроволочных медных жил сечением 1,5 и 2,5 *мм*² блочными наконечниками (пистонами) (рис. 11). Для оконцевания пистонами многопроволочная жила освобождается от изоляции, скручивается и укладывается в канавку пистона. Затем пистон обжимается клещами типа ПК-2, в которых закрепляются специальные матрицы и пуансоны, размеры которых соответствуют определенным сечениям жил и диаметру контактного винта аппарата или прибора, к которому производится присоединение оконцовываемого провода.

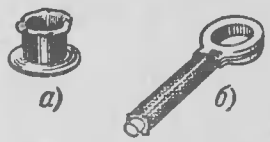

Рис. 11. Блочный наконечник.
а—до опрессования; *б*—опрессован на колечке провода.

Заводы судостроительной промышленности выпускают ручные клещи, предназначенные для обжатия блочных наконечников (пистонов). Кроме того, они выпускают ручные клещи, аналогичные клещам типа ПК-2, для опрессования соединений и оконцеваний медных многопроволочных жил сечением до 10 *мм*². Соединение жил на этих заводах выполняется в трубчатых соединительных гильзах, а для оконцевания применяются наконечники такой же конструкции, как изготовляемые по ГОСТ 7386-55 (см. рис. 2).

СВАРКА

4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При сварке соединяемые проводники образуют либо цельнометаллическое соединение, получающееся путем сплавления соединяемых концов проводников (горячая сварка), либо такое сближение очищенных поверхностей соединяемых проводников, при котором между их поверхностями возникают силы связи металлического типа (холодная сварка). В первом случае соединение осуществляется так называемым контактным разогревом, электриче-

Государственная публичная
библиотека
им. В.Г. Белинского
г. Свердловск

С915308

407—1

ской дугой от источников постоянного или переменного тока или газовой сваркой, во втором соответствующим давлением при комнатной температуре на свариваемые проводники без их нагрева.

При соединении и оконцевании медных жил могут быть применены все виды сварки нагревом и в первую очередь электросварка. Применение газовой сварки в электромонтажной практике сопряжено с затруднениями: наличие горючих газов (ацетилен, пропан и др.) и кислорода, необходимость создания газового хозяйства. При сварке алюминиевых жил непосредственный нагрев их электрической дугой или пламенем газовой горелки недопустим, так как это приводит к пережогу и расплавлению проволок жилы. Поэтому при соединении алюминиевых жил получили распространение способ сварки их контактным разогревом и способ сварки, при котором алюминиевая жила, заключенная в угольную или металлическую формочку, нагревается электрической дугой, пламенем газовой горелки или контактным разогревом.

Наиболее удобным и совершенным способом соединения и оконцевания алюминиевых жил сваркой является способ контактного разогрева жил электрическим током от сварочного трансформатора напряжением 6—12 *в*. Тепло выделяется при этом способе в месте контакта угольного электрода с торцом расплавляемой жилы при прохождении по ним тока.

Способ сварки давлением в настоящее время имеет еще ограниченную область применения — при соединениях алюминиевых однопроволочных проводов сечением до 10 *мм*^{2}.

Для оконцевания алюминиевых жил сваркой применяются стандартные алюминиевые наконечники по ГОСТ 7387-55.

Для защиты изоляции проводов и кабелей от перегрева при электросварке применяются специальные охладители, которые отводят от жилы часть тепла. Для жил сечением до 150 *мм*^{2} охладители выполняются в виде клещей, а для жил сечением более 150 *мм*^{2} — в виде разъемных алюминиевых сегментов, снабженных комплектом сменных, соответствующих различным сечениям бронзовых втулок. Половины (сегменты) охладителей соединяются шарниром. Охладители служат также для подвода тока к свариваемым жилам при контактном разогреве, поэтому сегменты электрически связываются гибкой медной перемычкой. Для создания хорошего контакта между жилой и

охладителем они снабжены зажимным винтом (рис. 12).

Для защиты изоляции проводов и кабелей от непосредственного действия на них пламени при газовой сварке применяются дисковые экраны из жести, закрепляемые на жиле перед охладителем.

Сварка алюминиевых жил, а также наварка на них алюминиевых наконечников могут быть осуществлены успешно только при применении флюсов для удаления пленки окиси с поверхности алюминия. В большинстве случаев применяется флюс ВАМИ (Всесоюзного института алюминия и магния), состоящий из 50% хлористого калия, 30% хлористого натрия и 20% криолита марки К-1. Этот флюс плавится в начале сварки, покрывает поверхность алюминия жидкой пленкой и образует в дальнейшем корку шлака. Флюс ВАМИ менее опасен в отношении коррозии алюминия, чем другие, и поэтому широко применяется в электромонтажной практике.

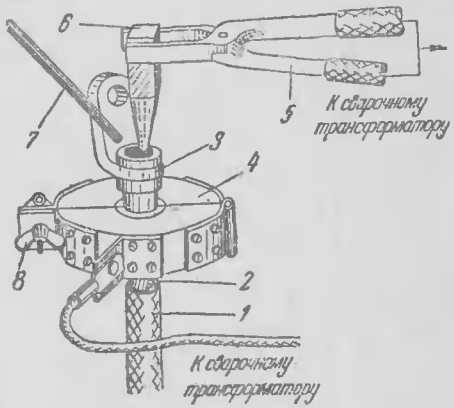

Рис. 12. Схема наварки алюминиевого наконечника на алюминиевую жилу.

1—провод; *2*—оголенная алюминиевая жила; *3*—алюминиевый наконечник; *4*—охладитель; *5*—клещи; *6*—угольный электрод; *7*—присадочный алюминиевый пруток; *8*—зажим.

Другой флюс — марки АФ-4а, состоит из 28% хлористого натрия, 50% хлористого калия, 14% хлористого лития и 8% фтористого натрия. Этот флюс весьма активно растворяет пленку окиси, но представляет бо́льшую опасность в отношении коррозии, чем флюс ВАМИ, поэтому он применяется только для соединений жил кабелей в муфтах, куда, как известно, не может попадать воздух, а следовательно, отпадает и опасность коррозии в соединении.

Флюсы хранятся в порошкообразном виде в герметически закрытых банках. Употребляются они в виде пасты, имеющей густоту сметаны. Для приготовления пасты на 100 частей порошкообразного флюса по весу добавляются примерно 35 частей воды (также по весу). Паста пригодна для применения в течение одного рабочего дня. На

свариваемые жилы и присадочные алюминиевые прутки флюс в виде пасты наносится при помощи волосяной кисточки непосредственно перед сваркой.

Следует иметь в виду, что излишнее количество флюса увеличивает опасность коррозии, не принося никакой пользы при сварке; поэтому флюс наносят тонким слоем только на свариваемые поверхности. После сварки места соединения или оконцевания очищают проволочной щеткой от остатков флюса и шлаков, опиливают на них неровности напильником и тщательно промывают бензином. Промывка водой не допускается, так как это может вызвать коррозию в соединении.

Во всех случаях, за исключением соединений алюминиевых жил в кабельных соединительных муфтах, место сварки защищают от коррозии следующим образом. Очищенное и тщательно промытое место соединения обильно покрывают влагостойким лаком (например, глифталевым лаком № 1154, полихлорвиниловым, асфальтовым изоляционным или эмалевым лаком), затем обматывают изоляционной лентой с покрытием каждого слоя ленты тем же лаком. Обмотка выполняется так, чтобы она перекрывала заводскую изоляцию жилы и наконечник, за исключением его контактной части.

Проверка качества выполненных соединений и оконцеваний сваркой производится путем наружного осмотра после очистки мест сварки проволочной щеткой. Все проволоки наружного повива жилы должны входить в монолитную часть сварки без сужения сечения: на них не должно быть следов подплавлений, пережога и раковин.

5. ЭЛЕКТРОСВАРКА ОДНОПРОВОЛОЧНЫХ ЖИЛ

Электросварка однопроволочных медных и алюминиевых жил проводов сечением до 2,5 *мм*² выполняются по способу, предложенному Ф. Д. Небесным и С. Н. Вольфсоном. Для этого применяются паяльный трансформатор мощностью 300 *вт* с напряжением 220/12 *в*, угольный электрод, электрододержатель с медным зажимом для присоединения провода к паяльному трансформатору и плоскогубцы с медными губками. Ручки их защищены изоляционными трубками и имеют зажим для присоединения провода к паяльному трансформатору. Общая схема электросварки однопроволочных жил представлена на рис. 13. Сварка выполняется следующим образом.

С концов жил, подлежащих соединению, удаляют изо-

ляцию: у медного провода — на участке длиной 30 *мм*, у алюминиевого — 50 *мм*. Концы жил соединяемых проводов зачищают до металлического блеска, и алюминиевую жилу наматывают тремя витками на медную, как показано на рис. 14. При этом конец медного провода должен выступать примерно на 10 *мм*.

Подготовленные концы жил зажимают в плоскогубцах на участке между витками и изоляцией. Обмазав соедине-

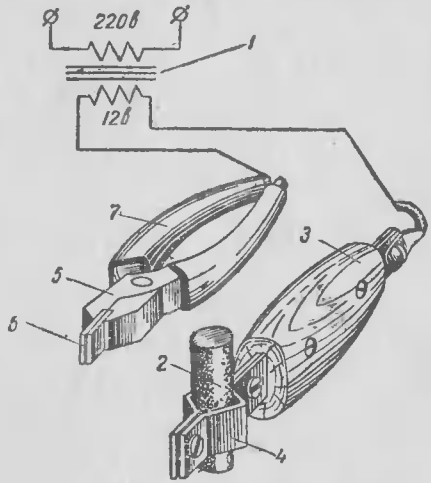

Рис. 13. Схема электросварки медных и алюминиевых однопроволочных жил проводов.

1—трансформатор; *2*—угольный электрод; *3*—электрододержатель; *4*—медный зажим электрода; *5*—плоскогубцы; *6*—медные губки; *7*—изоляционные трубки на ручках плоскогубцев.

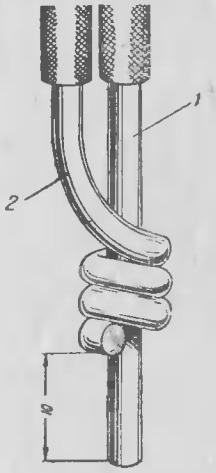

Рис. 14. Подготовка к сварке алюминиевой и медной жил проводов.

1—медная жила; *2*—алюминиевая жила.

ние флюсом, к концу медной жилы прикасаются угольным электродом, в результате чего конец медной жилы нагревается и плавится. После оплавления витка алюминиевой жилы электрод отводится от соединяемых жил, а место соединения еще продолжает плавиться до образования медноалюминиевого шарика. После этого место соединения защищают от коррозии так же, как при сварке многопроволочных алюминиевых жил.

Приведенным способом можно осуществить также сварку двух однопроволочных алюминиевых жил.

Соединение однопроволочных алюминиевых жил сечением 4—10 *мм*^{2} производится путем сплавления их в ме-

таллических формах-обоймах (рис. 15) в стержень. Для этого форма-обойма нагревается углями паяльных клещей, присоединенных ко вторичной обмотке паяльного трансформатора напряжением 6—12 *в*.

Перед сваркой очищенные до блеска проволочной щеткой концы соединяемых жил укладываются, как показано на рис. 16, обертываются полоской жести толщиной 0,5—0,8 *мм* размером 15×150 *мм*, образующей обойму; при этом жилы выступают из обоймы на 2 *мм*. Обойма

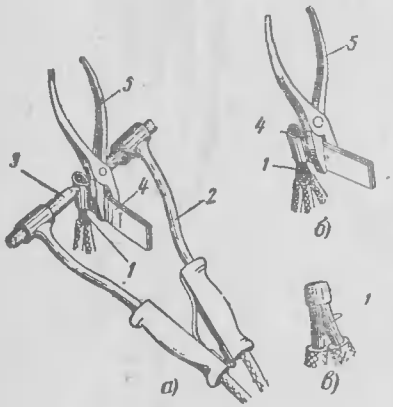

Рис. 15. Электросварка однопроволочных алюминиевых проводов.

а—сварка соединения в обойме; *б*—сварка ответвления в обойме (клещи не показаны); *в*—годовое соединение; *1*—жилы; *2*—сварочные клещи; *3*—угольный электрод; *4*—обойма; *5*—плоскогубцы.

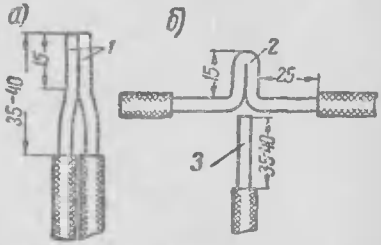

Рис. 16. Подготовка концов однопроволочных алюминиевых жил к сварке.

а—при соединении; *б*—при ответвлении; *1*—жилы; *2*—магистральный провод; *3*—провод ответвления.

обжимается плоскогубцами, и на торцы провода наносится небольшое количество флюса. Затем верхняя часть обоймы с введенными в нее проводами зажимается между углями клещей паяльного трансформатора и включается ток[1]. Нагрев обоймы производится до расплавления концов проводов, что легко узнать по осадке металла в обойме, после чего немедленно отключают ток и разжимают клещи. После остывания металла обойма снимается, соединение очищается от остатков флюса и шлака и защищается от коррозии, как указывалось ранее.

Ответвления выполняются так же, как и соединения; при этом в обойму вводятся три жилы, так как магистральный провод изгибается, как указано на рис. 16.

[1] Для соединения жил сечением 4 *мм*² используется ступень напряжения 6 *в*. Для соединения жил сечением 6 и 10 *мм*², а также ответвления жил сечением 4, 6 и 10 *мм*² используется ступень напряжения 12 *в*.

6. ЭЛЕКТРОСВАРКА МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ ЖИЛ

При контактном способе разогрева жил собирают схему, приведенную на рис. 17. Угольный электрод закрепляют в электрододержателе, присоединенном при помощи гибкого провода к обмотке 6—12 *в* трансформатора; второй конец провода трансформатора присоединяют к охладителю, установленному на оголенных участках жил у места сварки.

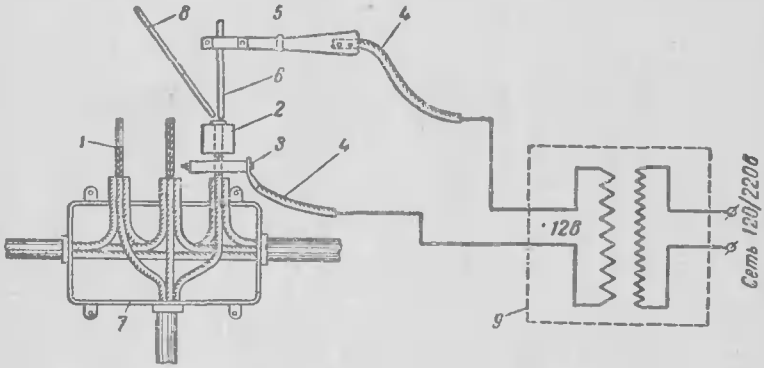

Рис. 17. Схема электросварки контактным разогревом.

1—жилы; *2*—форма; *3*—охладительные клещи; *4*—провода к трансформатору; *5*—электрододержатель; *6*—угольный электрод; *7*—коробка; *8*—присадочный пруток; *9*—трансформатор.

Для сварки применяются выпускаемые промышленностью установки типов УСАП-1 (для жил сечением до 120 *мм*^{2}) и УСАП-2 (для жил сечением до 240 *мм*^{2}). Каждая установка состоит из: сварочного трансформатора типа ТС-150 (при установке УСАП-1) или типа ТС-300 (при установке УСАП-2); одноэлектродного держателя (для сварки многопроволочных жил при токах до 200 *а*) или двухэлектродного держателя (для сварки однопроволочных проводов и многопроволочных проводов сечением 16—35 *мм*^{2}, а также напайки медных наконечников на медные жилы); сварочных проводов; охладительных клещей; защитных очков; запасных частей и чемодана для всей установки.

На рис. 18 показана последовательность наварки на алюминиевую многопроволочную жилу алюминиевого наконечника; схема наварки была приведена на рис. 12. С конца жилы удаляют изоляцию, после чего ослабляют с помощью пассатижей повив проволок на конце жилы. При сварке жил кабелей с бумажной пропитанной изоляцией

удаляют на концах их пропиточный состав бензином при помощи шприца или тряпкой, смоченной бензином (промывания бензином жил, покрытых резиновой или полихлорвиниловой изоляцией, не требуется). Жилу устанавливают вертикально и вводят ее в наконечник, внутренняя поверхность которого очищена металлической щеткой (ершом). Конец жилы должен выступать из наконечника на 2—3 *мм*.

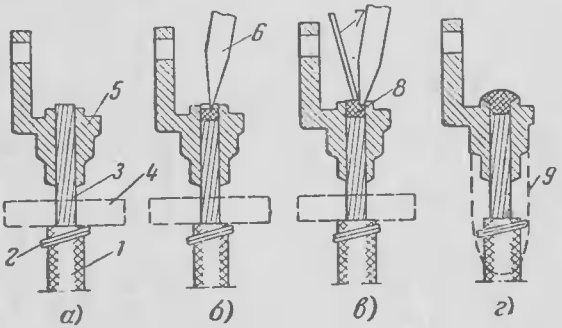

Рис. 18. Последовательность операций при наварке алюминиевого наконечника на алюминневую жилу.

а—оконцеванне подготовлено; *б*—расплавленне торцов проволок; *в*—ввод в расплавленный алюминнй присадочного прутка; *г*—оконцевание закончено (пунктиром показана герметизирующая обмотка) *1*—провод; *2*—подмотка; *3*—оголенная жила; *4*—охладитель; *5*—наконечник; *6*—угольный электрод; *7*—присадочный -стержень; *8*—сварочная ванна; *9*—герметизирующая оболочка.

Устанавливают ниже наконечника охладитель, торец жилы обмазывают тонким слоем флюса. Расплавление жилы достигается плотным касанием электродом торца жилы без образования дуги. В начале расплавления электрод удерживают на одном месте до появления очага плавления, после чего электрод перемещают по торцу жилы, расплавляя последовательно все проволочки. После образования сплошной жидкой ванночки в расплавленный металл под конец электрода вводят присадку алюминия путем погружения алюминиевого прутка, покрытого флюсом. Плавку перемешивают круговым движением электрода до расплавления венчика наконечника и образования сверху наконечника небольшого сферического наплыва. После этого отключают ток, не отрывая электрода во избежание появления дуги.

Соединение многопроволочных алюминиевых жил про-

407—1

изводится в два приема. Сначала концы соединяемых жил сплавляются в стержень, затем сплавленные концы жил сваривают в открытой форме.

На рис. 19 приведены схема и последовательность операций соединения многопроволочных жил, предварительно сплавленных в стержень. Сплавление жил в стержень производят так же, как при оконцевании многопроволочных жил, но на жилу вместо наконечника надевают разъемную угольную или металлическую цилиндрическую форму. На жилу, вводимую в форму, наматывают асбест так, чтобы конец провода на участке, сплавляемом в монолит, был без обмотки. Конец провода должен быть на одном уровне с верхним краем формы. Половинки формы скрепляются при помощи проволочного бандажа или металлического хомутика.

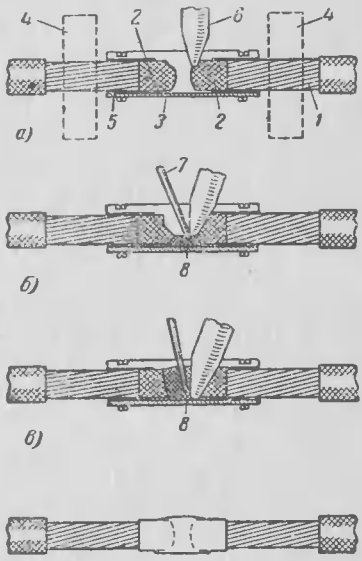

Рис. 19. Последовательность операций при соединении многопроволочных алюминиевых жил.

а—начало расплавления жил; *б*—образование ванночки; ввод присадочного прутка; *в*—перемешивание плавки; *г*—готовое соединение; *1*—жилы; *2*—предварительно оплавленный монолитный стержень; *3*—открытая форма; *4*—охладители; *5*—асбест; *6*—угольный электрод; *7*—присадочный пруток; *8*—сварочная ванна.

Для сварки концов проводов, сплавленных в стержни, их укладывают в открытую желобчатую форму. Предварительно обматывают жилы асбестом для уплотнения формы так, чтобы асбест покрывал участки жилы, находящиеся в форме, включая половину длины стержней. Между торцами соединяемых жил оставляют зазор, равный половине диаметра жилы. На жилах устанавливают охладители, и на верхнюю часть сплавляемых жил наносится тонкий слой флюса. Расплавление стержней производится поочередным касанием к ним угольным электродом в течение 5—10 *сек*; электрод плотно прижимают к проводу во избежание образования дуги. После появления на дне формы жидкого металла в него вводится присадочный алюминиевый пруток, предварительно смазанный флюсом.

Перемешивание плавки производится концом электрода. Плавку продолжают до образования на соединении сферического наплыва, после чего ток отключают. После того как соединение остынет, форма снимается и производится удаление с соединения остатков флюса и шлака. В необходимых случаях место соединения защищают от коррозии, как указывалось ранее.

7. ГАЗОВАЯ СВАРКА

Газовая сварка осуществляется с помощью пламени ацетилено-кислородной или бензино-кислородной установки.

При ацетилено-кислородной сварке горючий газ — ацетилен — поступает из специальных заводских баллонов или переносных газогенераторов, устанавливаемых на месте работы.

В ацетиленовых баллонах (окрашиваются в белый цвет с надписью красной краской «ацетилен») содержатся пористая масса и ацетон. Пористая масса уменьшает опасность взрыва, а ацетон имеет свойство растворять ацетилен в больших количествах, причем растворимость увеличивается с увеличением давления в баллоне.

В ацетиленовом генераторе ацетилен получается из карбида кальция при разложении его при взаимодействии с водой. Для предотвращения проникновения пламени в генератор при обратных ударах в сварочных горелках имеется водяной затвор, являющийся ответственной частью ацетиленового генератора.

Кислород для ацетилено-кислородной сварки поступает из заводских кислородных баллонов, окрашенных в голубой цвет и имеющих надпись черными буквами «кислород». Эти баллоны испытываются каждые 3 года под давлением 225 *ати*, нормальное рабочее их давление 150 *ати*. С такой же периодичностью испытываются ацетиленовые баллоны, но при испытательном давлении 30 *ати*, нормальное рабочее их давление 16 *ати* при температуре 20° С.

Для понижения давления кислорода и ацетилена, содержащихся в баллонах, до рабочего давления при сварке (обычно около 2,5 *ати*) служит кислородный редуктор (окрашивается в голубой цвет) и ацетиленовый редуктор (окрашивается в белый цвет).

Ацетилен и кислород подводятся к сварочной горелке, в которой они смешиваются для поддержания устойчивого

пламени. Горелка снабжена ацетиленовым и кислородным вентилями для регулировки и мундштуком для направления пламени.

Бензино-кислородная установка специально выпускается для сварки соединений и оконцеваний алюминиевых

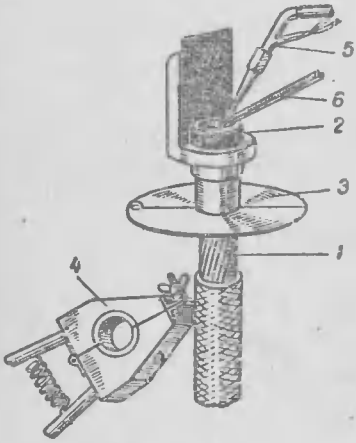

Рис. 20. Оконцевание многопроволочной алюминиевой жилы алюминиевым наконечником с помощью газовой сварки.

1—жила; *2*—форма-экран; *3*—защитный экран; *4*—охладитель; *5*—горелка; *6*—присадочный алюминиевый пруток.

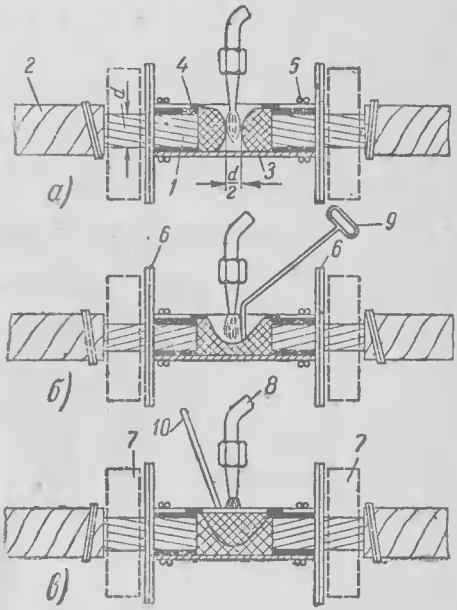

Рис. 21. Соединение сваркой встык многопроволочных алюминиевых жил, предварительно сплавленных в стержень.

1—жила; *2*—изоляция провода или кабеля; *3*—форма; *4*—асбестовая обмотка; *5*—проволочный бандаж; *6*—защитные экраны; *7*—охладители; *8*—горелка; *9*—металлическая мешалка; *10*—присадочный алюминиевый пруток.

жил проводов и кабелей. В этой установке горючий газ — пары бензина — поступает из бензобачка, а кислород — из кислородного баллона. Бензобачок и кислородный редуктор с помощью бензинового и кислородного шлангов соединяются с горелкой, снабженной двойным наконечником.

Технология соединения и оконцевания многопроволочных алюминиевых жил газовой сваркой аналогична описанной выше технологии сварки таких жил контактным разогревом и отличается от последней следующим. При оконцеваниях жил на венчик кабельных наконечников надевают стальные формы-экраны и на жилах устанавливаются

защитные экраны (рис. 20). При соединениях на каждой жиле устанавливают защитный экран и охладитель (рис. 21). Эти экраны предназначены для защиты наконечника и жил от непосредственного воздействия пламени. Перемешивание плавки производится проволочной мешалкой.

8. СВАРКА ДАВЛЕНИЕМ

В процессе сварки под большим давлением соединяемые металлы текут подобно жидкости; при этом образуется монолитное соединение, в котором исчезают поверхность раздела между соединяемыми металлами и переходное электрическое сопротивление. Сваркой давлением можно

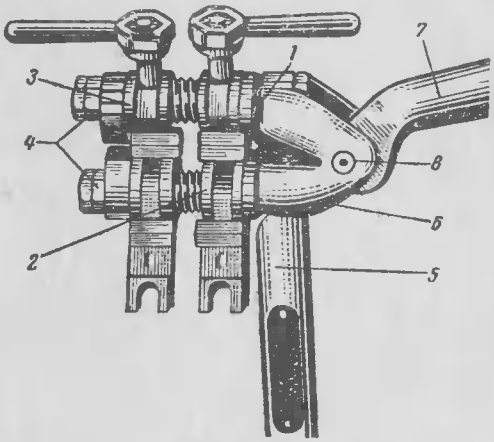

Рис. 22. Клещи типа КС-6 для сварки давлением.

выполнять соединения встык или внахлестку как медных, так и алюминиевых однопроволочных проводов.

Для стыковой сварки давлением однопроволочных алюминиевых проводов сечением 2,5—10 *мм*^{2} и медных проводов сечением 2,5—4 *мм*^{2} применяют клещи типа КС-6, разработанные Институтом электротехники Академии наук УССР.

В клещах типа КС-6 (рис. 22) концы соединяемых проводов, закрепленные в зажимных плашках, сдавливают торцами с большим усилием. Левая неподвижная ручка *5* составляет одно целое с корпусом клещей *6*. Правая поворотная ручка *7* служит рычагом и вместе с кулачком пово-

рачивается вокруг оси *8*. В корпусе закреплены два штока *1*, которые являются направляющими для зажимов — правого подвижного *2* и левого неподвижного *3*. Положение неподвижного зажима *3* регулируется гайками *4*, навинченными на концах штоков *1*. С помощью этих гаек регулируются предел перемещения подвижного зажима *2* и предел осадки соединяемых проводов при сварке. Сварка производится перемещением рычага *7* влево и заканчивается сближением ручек *5* и *7* до упора их свободных концов.

Клещи имеют 4 комплекта сменных зажимных плашек для сварки однопроволочных проводов сечением 2,5—10 *мм*^{2}.

Сварка осуществляется следующим образом. С концов соединяемых проводов снимают изоляцию на участке длиной 30—35 *мм*; торцы проводов опиливают обезжиренным напильником, причем плоскость торца должна быть перпендикулярна оси провода. После зачистки на торцы жил не должны попадать грязь, влага и особенно масло; к ним нельзя прикасаться даже чистыми руками. Зачищенные провода закрепляют в зажимных плашках так, чтобы длина выступающих из плашек концов была равна диаметру провода. Закрепление проводов производится поворотом на полоборота рукоятки. Затем производится нажатие на ручки клещей до сближения плашек в упор.

Имеются клещи для сварки давлением однопроволочных проводов внахлестку. Одни из них напоминают по своей конструкции клещи типа ПК-1 (см. рис. 4), но имеют более длинные рукоятки и снабжены специальным инструментом (матрицами и пуансонами).

Достоинством сварки проводов встык являются малые размеры места соединения, что облегчает размещение соединений в коробках. При сварке же внахлестку после соединения остаются свободные концы жилы, которые закручивают вокруг провода, что значительно увеличивает механическую прочность соединения, но в то же время увеличивает длину соединения. Таким образом, сварка внахлестку более удобна при открытой прокладке (например, на роликах) проводов, когда размеры соединения не имеют существенного значения.

9. МЕДНО-АЛЮМИНИЕВЫЕ КОНТАКТНЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Как уже отмечалось, оконцевание алюминиевой жилы путем опрессования на ней медного наконечника не дает положительных результатов. Однако осуществление пере-

хода с алюминия на медь для присоединения к медным выводным зажимам электрических машин, аппаратов и приборов является весьма желательным. Такие переходы были бы достаточно надежными, если бы в самом наконечнике образовывалось цельнометаллическое соединение меди с алюминием так, чтобы алюминиевая часть наконечника служила для опрессования в ней алюминиевого провода или приварки к ней алюминиевой жилы, а медная часть его — для присоединения к медному выводному зажиму машины, аппарата или прибора. Разрешением этой задачи занималось Ленинградское проектно-экспериментальное отделение института «Тяжпромэлектропроект». Оно разработало, испытало и внедрило в опытную эксплуатацию на Череповецком металлургическом заводе следующие исполнения медно-алюминиевых переходных наконечников.

На этом заводе были применены переходные медно-алюминиевые наконечники (рис. 23), изготовленные контактно-стыковой сваркой меди с алюминием. Сварка выполнялась на специально приспособленных для этой цели машинах. Процесс изготовления переходных наконечников сводится к сварке встык медных и алюминиевых трубок и обжатию на прессе медной трубки для образования плоской части наконечника (лапки).

Кроме того, были применены наконечники для опрессования с медной шайбой, закрепляемой на лапке наконечника сваркой давлением (рис. 24). Эти наконечники такие же, как и обычные алюминиевые трубчатые наконечники для опрессования, но к контактной части лапки их со стороны присоединения к выводу машины, аппарата или прибора прикреплена сваркой давлением медная шайба. Соединение осуществляется путем вдавливания в медную шайбу в нескольких точках соответствующих пуансонов на глубину, равную двух-трехкратной толщине шайбы.

Были также применены наконечники для приварки к алюминиевой жиле, которые изготовляются способом литья алюминия в кокиль, в котором на специальном пальце предварительно устанавливают медную втулку (рис. 25). Эта втулка имеет такие размеры и так устанавливается, что она образует центральную часть лапки наконечника. Для обеспечения цельнометаллического соединения алюминия с медной втулкой последняя очищается от грязи и окислов механическим или химическим путем, после чего ее облуживают и покрывают флюсом для алюминия.

В тех случаях, когда переходные наконечники, изготовленные контактно-стыковой электросваркой, применяют в сырых помещениях, место перехода меди на алюминий

Рис. 23. Трубчатый медно-алюминиевый наконечник, выполненный контактной стыковой сваркой.

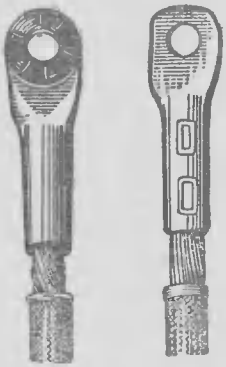

Рис. 24. Алюминиевый наконечник для опрессования, в лапке которого сваркой давлением закреплена медная шайба.

Рис. 25. Алюминиевый наконечник для приварки, снабженный медной втулкой.

защищают влагостойкими покрытиями (например, лаком ПХВ-26 по грунту 138) во избежание образования в этом месте электрохимической коррозии.

ПАЙКА

При пайке концы соединяемых проводников не расплавляются, как при сварке. Соединение проводников осуществляется металлическим сплавом — припоем, температура плавления которого обычно ниже, чем металла соединяемых проводников.

Основными условиями получения надежных паяных контактных соединений являются надлежащий выбор припоя и удаление перед пайкой (у меди) или в процессе самой пайки (у алюминия) пленки окиси с соединяемых контактных поверхностей.

Припои в зависимости от их температуры плавления подразделяются на мягкие (150—450° С) и твердые (500° С и выше). Для пайки меди применяют главным образом мягкие оловянисто-свинцовые припои. Эти припои

имеют буквенное обозначение ПОС, за которым следует двухзначная цифра, указывающая на процентное содержание в припое олова. Для пайки медных наконечников и соединительных гильз на медных жилах применяют припой марки ПОС-30, редко — марки ПОС-18.

Мягкие припои для пайки алюминия обычно содержат в своем составе цинк, олово, легкоплавкие металлы и — иногда — до 20% алюминия. Удельный вес этих припоев 5,5—9, температура плавления 150—450° С. Пайка такими припоями производится без применения флюса. Удаление пленки окиси алюминия осуществляется путем натирания палочкой припоя разогретой поверхности. Пайки, выполненные припоем для алюминия, в эксплуатации достаточно устойчивы только при отсутствии среды, вызывающей коррозию (влажный воздух, водные растворы). Поэтому после пайки этими припоями необходимо места соединений обматывать изоляционной лентой и покрывать лаком, например асфальтовым.

Твердые припои для алюминия обычно изготовляются с большим содержанием алюминия; они имеют удельный вес 2,7—3 и температуру плавления 540—630° С. При пайке твердыми припоями обязательно применение таких же флюсов, как и при сварке алюминия. Пайки, выполненные этими припоями, отличаются механической прочностью и устойчивостью против коррозии, поэтому места соединения после пайки не защищают от коррозии.

В электромонтажной практике для пайки алюминия наиболее часто применяют мягкие припои А и Б, а также припой Мосэнерго, занимающий промежуточное положение между мягкими и твердыми припоями. Сведения о припоях приведены в табл. 4.

Припой Мосэнерго, являющийся наиболее тугоплавким среди приведенных припоев, обладает также недостаточной противокоррозийной стойкостью. Поэтому этот припой

Таблица 4

Припои для алюминия

Наименование припоя	Состав припоя, % (по весу)				Температура плавления, °С
	Цинк	Олово	Медь	Алюминий	
А	58—58,5	40	1,5—2	—	400—425
Б	80	—	8	12	410
Мосэнерго	85	—	—	15	450—500

407—1

имеет ограниченную область применения. Его применяют для соединения жил кабелей в муфтах. В этом случае отсутствуют условия для коррозии соединения.

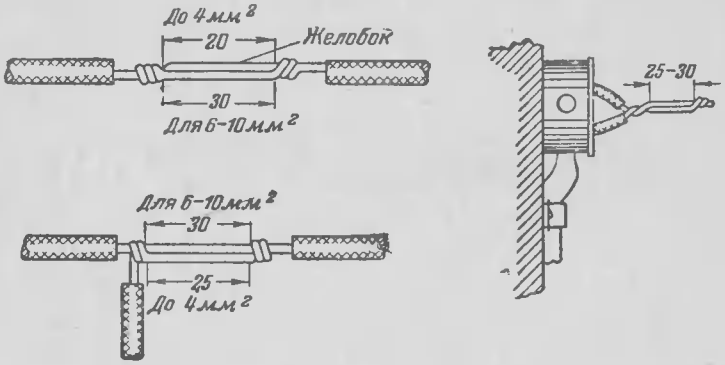

Рис. 26. Соединение и ответвление алюминиевых однопроволочных жил пайкой.

Припои А и Б применяют во всех случаях для пайки и лужения алюминиевых жил.

Твердые припои для алюминия в электромонтажной практике распространения не нашли.

При пайке медных проводников удаление пленки окиси меди производится путем зачистки спаиваемых поверхностей напильником или наждачной шкуркой. В недоступных местах (например, внутренние проволоки многопроволочной жилы) механическая зачистка не обязательна. При пайке медных проводников в качестве флюса применяют канифоль, которая способствует получению пайки высокого качества и без механической очистки спаиваемых поверхностей проводников.

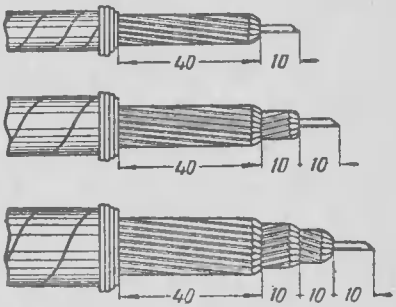

Рис. 27. Размеры ступенчатой разделки многопроволочных алюминиевых жил при пайке.

Применение в качестве флюса соляной кислоты не допускается, так как она разрушающе действует не толь-

ко на пленку окиси меди, но и на основной проводниковый материал.

При пайке алюминиевых проводников пленка окиси удаляется либо механическим путем — натиранием разогретой поверхности палочкой припоя или металлической кисточкой в пламени паяльной лампы, либо химическим

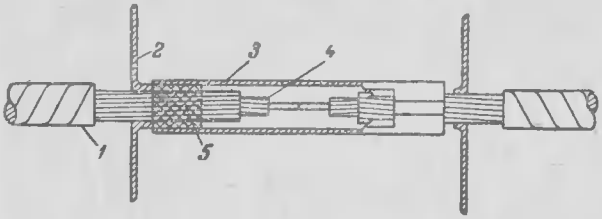

Рис. 28. Соединение многопроволочных алюминевых жил пайкой.

1—изоляция провода; *2*—защитный экран; *3*—форма; *4*—ступенчатая разделка жилы; *5*—асбестовая подмотка.

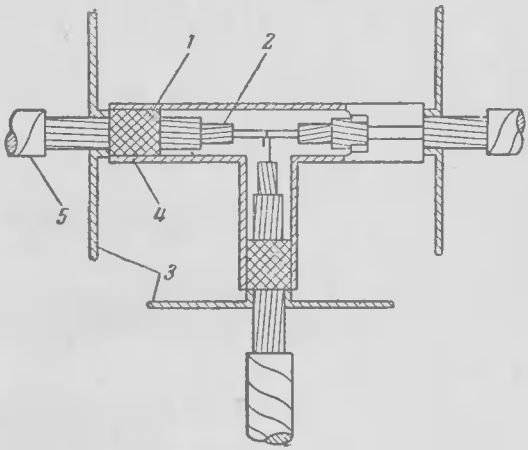

Рис. 29. Ответвление многопроволочных алюминиевых жил пайкой.

1—асбестовая подмотка; *2*—жила; *3*—защитные экраны; *4*—форма; *5*—изоляция провода.

путем — применением таких же флюсов, как и при сварке алюминия.

Пайку соединений и ответвлений одноироволочных алюминиевых жил производят следующим образом. Оголенные концы соединенных жил укладывают внахлестку и соединяют двойной скруткой (рис. 26) так, чтобы в ме-

сте касания жил образовался желобок. Затем место соединения нагревают пламенем бензиновой паяльной лампы до температуры, близкой к температуре плавления припоя, после чего палочкой припоя, введенной в пламя, с усилием

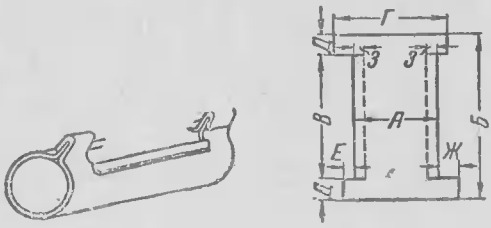

Рис. 30. Форма-обойма из кровельной стали для соединения.

натирают поверхность соединения. В результате этого желобок очищается от пленки окиси, облуживается и заливается припоем. Такую же операцию производят на другой стороне желобка и в местах скрутки жил.

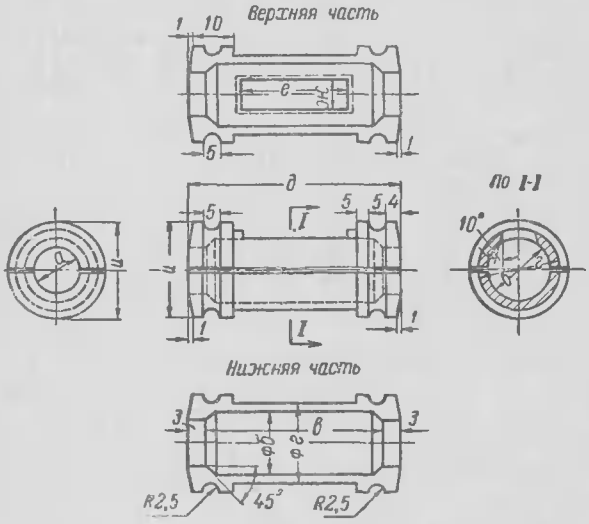

Рис. 31. Разъемная металлическая форма для соединения.

Пайка соединений, ответвлений и оконцеваний многопроволочных алюминиевых жил производится с предварительным облуживанием всех проволок конца жилы. Для этого конец жилы разделывается ступенями по повивам

497—2

с соблюдением размеров, указанных на рис. 27. Перед лужением край изоляции жилы обматывается несколькими витками асбестового шнура. Затем жилу нагревают в пламени бензиновой паяльной лампы до температуры, близкой к температуре плавления припоя, и палочкой припоя, введенной в пламя, натирают всю ступенчатую поверхность повивов и их торцы. Более эффективно эта операция выполняется с помощью металлической кисточки в пламени паяльной лампы с одновременным натиранием жилы палочкой припоя.

При соединениях и ответвлениях облуженные концы соединяемых многопроволочных жил вводятся в разъем-

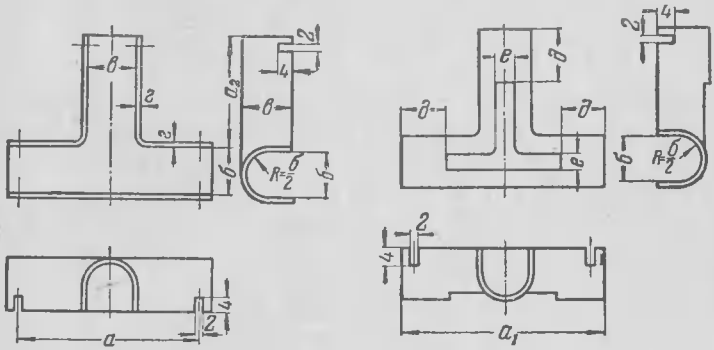

Рис. 32. Формы из кровельной стали для ответвления.

ную металлическую форму или форму из кровельной стали так, чтобы центральные проволоки соприкасались (рис. 28 и 29). Перед употреблением внутреннюю поверхность формы окрашивают кокильной краской и высушивают.

Перед надеванием формы на соединение или ответвление на жилы в местах, совпадающих с концами формы, наматывают уплотнения из листового или шнурового асбеста. Разъемные формы закрепляются на месте с помощью проволочного бандажа. Для предохранения изоляции соединяемых жил от воздействия пламени на жилах устанавливают защитные стальные экраны (толщина 0,5 *мм*, диаметр 100—110 *мм*).

Форму нагревают в средней ее части пламенем паяльной лампы. Через литниковое отверстие формы в пламя паяльной лампы вводят пруток припоя, который расплавляется и заполняет форму до верха литникового отвер-

стия. В процессе пайки специальным крючком перемешивают припой и удаляют шлаки.

Данные о формах приведены на рис. 30—32 и в табл. 5—7.

Таблица 5

Формы-обоймы из кровельной стали для соединений (рис. 30)

Сечение жилы, мм²	Размеры, мм							
	А	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*Ж*	*З*
10	30	60	40	45	10	5	10	3
16	33	60	40	48	10	5	10	3
25	39	60	40	54	10	5	10	3
35	41	60	40	56	10	5	10	3
50	47	80	60	62	10	5	10	5
70	52	80	60	67	10	5	10	5
95	58	80	60	73	10	5	10	5
120	71	100	80	86	10	5	10	5
150	78	100	80	93	10	5	10	5

Таблица 6

Разъемные металлические формы для соединений (рис. 31)

Сечение жилы, мм²	Размеры, мм								
	а	*б*	*в*	*г*	*д*	*е*	*ж*	*з*	*и*
10	4,5	8	70	11	80	40	4	5	18
16	6	8	70	11	80	40	4	5	18
25	7	10	70	13	80	40	5	5	19
35	8,5	12	70	15	80	40	6	5	21
50	9,5	14	70	17	80	40	7	5	23
70	11	16	70	19	80	40	8	5	25
95	12,5	18	70	21	80	40	9	5	27
120	15	21	70	24	80	40	9	5	30
150	17	23	80	26	92	50	9	6	32
185	19	26	80	29	94	50	9	7	35
240	21	29	80	32	95	50	10	7,5	38

Таблица 7

Формы из кровельной стали для ответвлений (рис. 32)

Сечение жилы, мм²	Размеры, мм							
	а	a_1	a_2	*б*	*в*	*г*	*д*	*е*
16—25	50	44	25	8	10	1	10	4
35—50	70	64	35	10,5	13	1,5	14	5
70—95	70	64	35	14	17	1,5	14	5

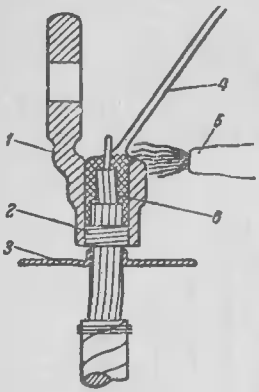

Рис. 33. Оконцевание многопроволочной алюминиевой жилы пайкой.

1—наконечник; *2*—асбестовая подмотка; *3*—защитный экран; *4*—пруток припоя; *5*—паяльная лампа; *6*—расплавленный припой.

Для оконцевания алюминиевых многопроволочных жил пайкой применяют те же наконечники, что и при сварке, но размер наконечников берут на одну ступень больше сечения жилы, т. е. для жилы сечением 50 *мм*^{2} применяют наконечник 70 *мм*^{2}. Это необходимо для обеспечения достаточного зазора между жилой и стенками наконечника, заполняемого при пайке припоем. Процесс пайки показан на рис. 33.

Место соединения, ответвления или оконцевания проводов и оголенный участок жилы 2 раза тщательно покрывают влагоупорным лаком, обматывают изоляционной лентой и вновь покрывают лаком. При соединениях жил кабелей в муфтах обмотка соединения лентой и покрытие его лаком не требуются.

С помощью пайки могут быть получены цельнометаллические соединения медных проводников с алюминиевыми. При этом пайку производят припоями, применяемыми для соединения пайкой алюминиевых проводников, т. е. припоями А, Б или Мосэнерго. Предварительное облуживание производят: медной жилы (или медного наконечника) — припоем ПОС-60, а алюминиевой жилы — припоем А или Б.

СОДЕРЖАНИЕ

От издательства 3
Введение 4
Опрессование 6
1. Общие сведения о соединении и оконцевании жил . . 6
2. Соединение жил сечением 16 *мм*² и более 10
3. Соединение жил сечением до 10 *мм*² 15
Сварка 17
4 Общие сведения 17
5. Электросварка однопроволочных жил 20
6. Электросварка многопроволочных жил 23
7. Газовая сварка 26
8. Сварка давлением 28
9. Медно-алюминиевые контактные переходы 29
Пайка 31

„БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА“

Готовятся к печати

Амосов Б. В. — Устройство и эксплуатация сварочных генераторов и трансформаторов

Боярченков М. А.— Магнитные усилители и их работа в системах автоматики

Ильинский Н. В.— Расчет и выбор пусковых сопротивлений для электродвигателей

Каминский Е. А.— Изоляция оперативных цепей

Каминский Е. А.— Как сделать проект простейшей электроустановки

Камнев В. С.— Как работают подшипники электрических машин

Карпов Ф. Ф.— Как проверить допустимость подключения короткозамкнутого электродвигателя к сети

Карпов Ф. Ф.— Как выбрать сечение проводов и кабелей

Константинов Б. А. и Шулятьева Г. Н.— Коэффициент мощности ($\cos\varphi$) и способы его повышения на промышленных предприятиях

Ларионов В. П.— Грозозащита сооружений и зданий

Лившиц Д. С.— Нагрев проводников и защита предохранителями в электросетях до 1 000 *в*

Найфельд М. Р.— Что такое защитное заземление и как его выполнять

Образцов В. А.— Уход за контактами низковольтных аппаратов

Осколков К. Н.— Электроизмерительные приборы и как ими пользоваться

Ривлин Л. Б.— Как определить неисправность асинхронного электродвигателя

Рябикин Б. П.— Скрытые виды проводок

Славенчинский И. С. и Хромченко Г. Е. — Пробивка отверстий и борозд в бетоне

Федотов Б. Н.— Схемы включения электрических счетчиков

Харитонов М. Г.— Опыт обслуживания и ремонта КРУ Запорожского завода

Черепенин П. Г.— Монтаж асинхронных электродвигателей небольшой мощности

Шапиро Е. А.— Пружины электрических аппаратов

Цена 1 р. 25 к.

29092