СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ЛИТЕЙЩИКА

Е. Г. БАРБАШИНА, Г. Ф. ФОКИН

СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ЛИТЕЙЩИКА

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА»
Москва 1967

6П4.1
Б24
УДК 621.74

В справочнике содержатся основные сведения о производстве отливок из стали, чугуна и цветных сплавов, краткие характеристики материалов и оборудования, используемых в литейных цехах. Даются рекомендации для составления формовочных и стержневых смесей, шихт, красок, припылов и т. д.

В тексте имеются ссылки на используемую литературу и ГОСТы, что дает возможность более широко изучить интересующий вопрос.

Во втором издании материал переработан и дополнен в соответствии с новыми достижениями науки и техники.

Справочник предназначен для учащихся профессионально-технических училищ и молодых рабочих-литейщиков.

Все замечания и пожелания по справочнику просьба направлять по адресу: *Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».*

3—12—2
90 —67

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Глава I

Литейные металлы и сплавы

1. Краткие сведения о металлах и сплавах 5
2. Классификация литейных металлов и сплавов 11
3. Черные металлы 14
4. Цветные сплавы 27

Глава II

Шихтовка и плавка металлов

1. Металлическая шихта 48
2. Топливо 66
3. Флюсы 71
4. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы 73
5. Плавильные печи и плавка металлов 78

Глава III

Модели, стержневые ящики и опоки

1. Материалы для изготовления 104
2. Классификация 110
3. Технология изготовления 117
4. Литейные опоки 119

Глава IV

Формовочные и стержневые материалы и смеси

1. Исходные материалы 122
2. Связующие материалы (крепители) 127
3. Определение свойств формовочных материалов 138
4. Формовочные смеси 142
5. Стержневые смеси 147
6. Вспомогательные формовочные материалы 153
7. Оборудование для приготовления смесей 155

Глава V

Изготовление литейных форм

1. Формовочные инструменты и приспособления 169
2. Ручная формовка в почве и опоках 171
3. Машинная формовка 185

Глава VI

Изготовление стержней

1. Классификация стержней 199
2. Технология изготовления 202
3. Характеристика стержневых машин 203

Глава VII

Сушка форм и стержней

1. Способы сушки 210
2. Сушильные печи 212

Глава VIII

Литниковые системы

1. Виды и расчет литниковых систем 217
2. Прибыли фасонных отливок 228
3. Холодильники 233

Глава IX

Разливка жидкого металла в формы

1. Основные правила разливки 235
2. Типы разливочных ковшей 235
3. Выбор температуры 237
4. Время и скорость 239

Глава X

Специальные виды литья

1. Литье в металлические формы 242
2. Литье под давлением 252
3. Центробежное литье 259
4. Литье по выплавляемым моделям 263
5. Литье в оболочковые формы 266
6. Литье методом вакуумного всасывания 270
7. Непрерывное литье 271

Глава XI

Выбивка, очистка и обрубка литья

1. Выбивка отливок из форм 274
2. Очистка 279
3. Обрубка 289
4. Контроль и испытание отливок 293

Глава XII

Термическая обработка отливок

1. Термообработка для снятия внутренних напряжений . . . 295
2. Графитизирующий отжиг ковкого чугуна 296
3. Термообработка для улучшения качества отливок 299
4. Химико-термическая обработка 299
5. Печи для термической обработки 302

Глава XIII

Причины, предупреждение и устранение брака

1. Основные виды брака 304
2. Методы устранения брака 312
Литература 315

ПРЕДИСЛОВИЕ

Директивы по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 гг., утвержденные XXIII съездом КПСС, предусматривают дальнейшее развитие экономики во всех областях производства.

В предстоящем пятилетии будут построены более мощные металлургические комбинаты с применением более производительных методов и технологических процессов выплавки металла. Намечены крупные мероприятия по повышению качества металла. В несколько раз увеличится выплавка высококачественной стали, алюминия, меди, цинка. Планируется увеличение общего объема литья в текущем пятилетии за счет оснащения литейных цехов новым современным оборудованием, более полного использования существующих цехов и строительства новых, механизации и автоматизации основных процессов литейного производства.

Перед промышленностью поставлена задача — выпускать продукцию отличного качества. Для этого нужны технически грамотные, высококвалифицированные рабочие. Вот почему дальнейшее улучшение обучения молодых рабочих, повышение их квалификации является одним из важнейших участков работы.

Настоящий «Справочник молодого литейщика» содержит необходимые сведения о выплавке металлов и печах, в которых производится плавка, о технологии изготовления литейной оснастки, о материалах, применяемых при изготовлении отливок, форм и стержней; изложены способы ручной и машинной формовки и технология разливки жидкого металла по формам.

В справочнике отражены также специальные виды литья, систематизирован и обобщен материал о видах и причинах возникновения брака и указаны меры его предупреждения.

При составлении справочника были использованы ГОСТы, технические условия, справочники, заводские нормали и другие материалы.

Более широко во втором издании отражены достижения передовых литейных цехов заводов им. Лихачева, «Станколит», Изолит» и др.

При пользовании настоящим справочником следует иметь в виду, что согласно ГОСТ 9867—61 в СССР с 1 января 1963 г. введена новая Международная система единиц измерения (СИ). Предпочтительное применение этой системы рекомендуется во всех областях

науки, техники и народного хозяйства. Новая система единиц измерения позволяет устранить существующую множественность единиц измерения, упростить измерения и расчеты, так как из расчетных формул исключаются многочисленные коэффициенты, зависящие от выбора единиц.

Системой единиц называется совокупность основных и производных единиц измерения. Производные единицы образуются из основных единиц в соответствии с физическими законами или зависимостями между величинами в их простейшей форме.

Основными шестью единицами измерения новой системы являются следующие величины: длина, измеряемая метрами (*м*), масса — килограммами (*кг*), время — секундами (*сек*), сила тока — амперами (*а*), термодинамическая температура — градусами Кельвина (°К) и сила света — свечами (*св*).

Ниже приводятся некоторые из величин, измеряемые производными единицами: сила — ньютонами (*н*), работа — джоулями (*дж*), мощность — ваттами (*вт*), плотность — килограммами на кубический метр ($кг/м^3$), удельный вес — ньютонами на кубический метр ($н/м^3$), скорость — метрами в секунду (*м/сек*), давление и напряжение — ньютонами на квадратный метр ($н/м^2$).

Глава I. ЛИТЕЙНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ

В машиностроении применяют металлы и сплавы в зависимости от их свойств. Ниже приводятся некоторые сведения о физических, механических, химических и литейных свойствах металлов и сплавов.

Физические свойства

Физические свойства чистых химических элементов, входящих в состав сплавов, а также свойства некоторых материалов, используемых при плавке, приведены в табл. 1—3.

Плотность — количество вещества в единице объема.

Удельный вес — вес единицы объема, т. е. отношение веса материала к его объему.

Теплопроводность — способность металлов и сплавов проводить тепло.

Удельное электрическое сопротивление — сопротивление проводника сечением 1 $мм^2$ и длиной 1 *м*, выраженное в омах.

Температура плавления — степень нагрева, при которой металлы или сплавы переходят из твердого состояния в жидкое.

Механические свойства

Механические свойства оценивают прочность, твердость, упругость и пластичность металлов и сплавов.

Прочность определяется силой P, необходимой для разрушения образца, имеющего определенные размеры и форму (рис. 1). Усилие относят к площади сечения образца в 1 $мм^2$ и в зависимости от метода испытания различают:

предел прочности при растяжении ($\sigma_в$ *кГ/мм²*);
предел прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$ *кГ/мм²*);
предел прочности при изгибе ($\sigma_и$ *кГ/мм²*);
предел прочности при скручивании ($\sigma_{кр}$ *кГ/мм²*).

Таким образом, под прочностью металла или сплава понимают его свойство сопротивляться разрушению под действием внешних сил.

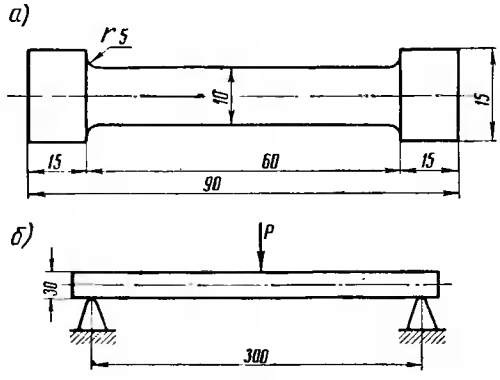


Рис. 1. Образцы для механических испытаний:
а — на разрыв, *б* — на изгиб

Твердость чаще всего определяют на прессе Бринелля, на котором стальной закаленный шарик вдавливают в зачищенную поверхность образца. Величина, полученная делением приложенного на прессе усилия на площадь отпечатка, оставленного шариком на образце, характеризует твердость и обозначается *НВ*.

Ударная вязкость — способность металлов и сплавов оказывать сопротивление действию ударных нагрузок.

Упругость — способность металлов и сплавов принимать первоначальную форму и размеры после прекращения действия нагрузки.

Пластичность (вязкость) — способность металлов и сплавов изменять первоначальные формы и размеры под действием нагрузки и сохранять приданные размеры и форму после прекращения ее действия.

Относительное удлинение — способность металлов и сплавов к деформациям при испытании на разрыв. Относительное удлинение — процентное отношение приращения длины образца в момент разрыва к его первоначальной длине.

Таблица 1

Физические свойства чистых элементов, входящих в состав литейных сплавов [21]*

Вещество	Химическое обозначение	Атомный вес	Плотность при 20° С, *г/см³*	Температура плавления, °С
Азот	N_2	28,02	1,026	—209,8
Алюминий	Al	26,97	2,70	660
Берилий	Be	9,02	1,73	1300
Ванадий	V	50,35	5,96	1710
Висмут	Bi	209,0	9,8	271
Водород	H_2	2,16	0,07	—259,1
Вольфрам	W	183,92	19,3	3370
Железо	Fe	55,81	7,86	1535
Кадмий	Cd	112,41	8,65	320,9
Кальций	Ca	40,08	1,55	810
Кислород	O_2	32,0	1,462	—218,4
Кобальт	Co	58,94	8,9	1480
Кремний	Si	28,06	2,00	1420
Магний	Mg	24,32	1,74	651
Марганец	Mn	54,93	7,20	1260
Медь	Cu	63,54	8,92	1083
Молибден	Mo	95,95	10,2	2620
Никель	Ni	58,69	8,90	1452
Ниобий	Nb	92,51	8,57	2415
Олово	Sn	118,70	7,31	231,85
Свинец	Pb	207,21	11,337	327,5
Сера	S	32,06	2,05	120,0
Сурьма	Sb	121,76	6,684	630,5
Титан	Ti	47,90	4,50	1800
Углерод	C	12,01	1,8—3,5	3500
Фосфор	P	123,92	1,82	44,1
Хлор	Cl_2	70,91	1,56	—101,6
Хром	Cr	52,01	7,1	1890
Церий	Ce	140,13	6,8	630
Цирконий	Zr	91,22	6,14	1700
Цинк	Zn	65,38	7,14	419,4

Примечание. Для газов N_2, H_2, O_2, Cl_2 вместо плотности указан вес в граммах 1 *л* газа при t=0° С и давлении 760 *мм рт. ст.*

* Порядковый номер используемой книги, указанной в списке литературы в конце справочника.

Таблица 2

Насыпной вес материалов, употребляемых в литейном производстве [13], [21]

Материал	Насыпной вес, кг/м³
Лом алюминиевых сплавов	590—630
Лом магниевых сплавов	190—220
Лом медных сплавов	2300—2500
Лом цинковых сплавов	200—240
Чугун чушковый	2400—2800
Лом чугунный	1600—2000
Лом стальной	1600—2200
Стружка стальная прессованная	850—1000
Антрацит сортовой	800—950
Каменный уголь	800—950
Кокс литейный и доменный	420—470
Известняк кусковой	1200—1500
Песок сухой кварцевый	1400—1600
Глина огнеупорная, сухая, молотая	1400—1600
Смесь формовочная рыхлая	1000—1200
Кирпич огнеупорный шамотный	1650—1700
Кирпич строительный	700—1400

Таблица 3

Плотность и температура плавления литейных сплавов [21]

Сплав	Плотность г/см³	Температура плавления, °С
Чугун серый	7,0—7,3	1150—1200
„ белый	7,5—7,7	1180—1220
„ ковкий	7,1—7,4	1180—1220
Сталь углеродистая	7,7—7,85	1400—1525
Сталь высоколегированная	7,7—8,1	1450—1500
Алюминиевые:		
медистые	2,8—2,9	640—650
кремнистые	2,5—2,6	570—630
магниевые	2,6—2,7	620—640
цинковые	2,8—2,95	610—620
Магниевые	1,7—1,85	610—625
Цинковые	6,8—6,9	360—390

Продолжение табл. 3

Сплав	Плотность, г/см³	Температура плавления, °С
Медные:		
свинцовистые бронзы	8,9—9,7	1020—1040
оловянные „	8,6—8,9	1010—1040
латунн	8,6—8,7	950—1050
алюминиевые бронзы	7,4—7,6	1040—1060
марганцевые „	7,7—8,0	1060—1080
кремнистые „	8,2—8,4	1040—1050

Технологические свойства

Под технологическими свойствами сплавов понимают: усадку, жидкотекучесть, склонность к ликвации, прокаливаемость и др.

Усадкой называют уменьшение линейных размеров и объема сплава при кристаллизации и дальнейшем охлаждении отливки.

В табл. 4 приведена величина свободной усадки различных литейных сплавов.

Таблица 4

Свободная усадка сплавов [21]

Сплав	Усадка, %	
	линейная	объемная
Алюминиевые сплавы	1,25—1,35	3,90—4,06
Бронзы оловянные	1,28—1,54	3,90—4,50
„ алюминиевые	2,30—2,45	7,20—7,40
Латуни	1,92—2,05	5,77—6,15
Магниевые сплавы	1,35—1,60	4,06—4,81
Сталь (С 0,2—0,3%)	1,60—2,00	5,00—6,00
Цинковые сплавы	1,50—1,60	4,50—4,80
Чугун серый	0,80—1,04	2,90—3,12
белый	1,40—1,50	4,00—4,50

При отливке сложных деталей и недостаточной податливости литейной формы и стержней наблюдается механическое торможение усадки и уменьшение ее величины, что ведет к образованию внутренних напряжений, а иногда и появлению трещин.

Жидкотекучестью называют способность сплава заполнять полость литейной формы и точно воспроизводить ее конфигурацию. Жидкотекучесть зависит от химического состава, температуры, степени окисленности и газонасыщенности сплава. Кроме того, на заполнение формы металлом влияют материал, температура и состояние поверхности литейной формы и стержней.

В табл. 5 приведены величины жидкотекучести различных литейных сплавов, залитых по стандартной спирали (рис. 2). Сплав заливается в песчаные сырые или металлические формы.

Таблица 5

Жидкотекучесть литейных сплавов [21], [10]

Сплав	Форма	Температура заливки, °С	Жидкотекучесть, *см* (длина спирали, залитая металлом)
Чугун с содержанием кремния и углерода (C+Si):			
6,2%	Песчаная	1300	180
5,9%	„	1300	130
5,2%	„	1300	100
5,0%	„	1300	90
4,2%	„	1300	60
Сталь с 0,4% углерода	„	1600	10
То же	„	1640	20
Алюминий	Металлическая при 300° С	680	40
Силумин	То же	680—720	70—80
Магниевые сплавы с алюминием и цинком	Песчаная	700	40—60
Бронза ОЦ 10-2	„	1040	42
„ ОЦСН 3-7-5-1	„	980	19,5
„ ОЦСН 3-7-5-1	„	1100	34
Латунь кремнистая	„	1100	100

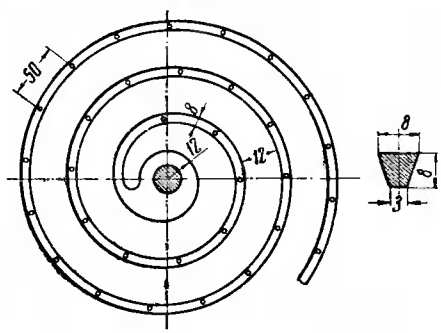


Рис. 2. Стандартная спираль для проверки жидкотекучести сплава

Высокой жидкотекучестью отличаются серый чугун, алюминиево-кремнистые сплавы, медные и цинковые сплавы; средней жидкотекучестью — белый чугун, латунь, модифицированный чугун; пониженной жидкотекучестью — сталь.

Под обрабатываемостью резанием понимают способность металлов и сплавов более или менее легко обрабатываться различными режущими инструментами.

Ковкостью называют способность металлов поддаваться обработке давлением без нарушения целостности.

Химические свойства

Под химическими свойствами понимают способность металлов и сплавов вступать в соединения с различными веществами и особенно с кислородом.

Чем больше склонность металлов вступать в химические соединения, тем быстрее они разрушаются. Разрушение металлов и сплавов под действием окружающей среды называется коррозией.

Ликвацией называется склонность сплавов при кристаллизации образовывать неоднородные по химическому составу структуры: по углероду, сере и фосфору — в стали и чугуне, по свинцу — в медных сплавах.

Большую склонность к ликвации проявляют высокоуглеродистые и легированные стали, чугуны с высоким содержанием фосфора и свинцовистые бронзы.

Уменьшить ликвацию можно быстрым и равномерным охлаждением отливки в форме в момент кристаллизации.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИТЕЙНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Литейными называются металлы и сплавы, обладающие хорошими литейными свойствами и применяющиеся для изготовления литых заготовок и изделий. По химическому составу литейные металлы и сплавы разделяются на две обособленные группы: черные и цветные.

Черные литейные металлы и сплавы также в зависимости от химического состава подразделяются на железо и железоуглеродистые сплавы. Железоуглеродистые сплавы, содержащие более 2% углерода, называются чугунами, а содержащие менее 2% углерода — сталями. Классификация сталей, чугунов и цветных металлов по ГОСТ 5200—50 приводится в табл. 6.

Таблица 6

Классификация металлов и сплавов

Наименование	Разновидность	Подразделение
	Стали	
Железо	Железо техническое	—
Сталь углеродистая	Низкоуглеродистая	—
	Среднеуглеродистая	—
	Высокоуглеродистая	—
Сталь легированная	Марганцевая	Хромованадиевая
	Хромовая	Хромоникелевая
	Никелевая и др.	Хромовольфрамовая и др.
	Чугуны	
Чугун нелегированный	Серый	Ферритный
	Ковкий	Перлитный
	Белый	Белый
Чугун легированный	Кремнистый	Кремнистомолибденовый
	Никелевый	Хромокремнистый
	Хромовый	Хромованадиевый
		Хромоникелевый
	Цветные сплавы	
Алюминий и его сплавы	Алюминий	—
	Алюминиевые сплавы деформируемые	—
	Алюминиево-магниевые	Альмаги: АМЦ, АМГ, АМГ 5*n*
	Алюминиево-медно-магниевые	Дюралюмины
	Алюминиево-цинко-медно-магниевые	Высокопрочные сплавы
	Многокомпонентные сплавы	Ковочные
	Литейные алюминиевые сплавы:	
	алюминиево-магниевые	АЛ8, АЛ13
	алюминиево-кремнистые	АЛ2, АЛ4, АЛ4В, АЛ9, АЛ9В
	алюминиево-медные	АЛ7, АЛ7В, АЛ12

Продолжение табл. 6

Наименование	Разновидность	Подразделение
	алюминиево-кремний-медные	АЛ3, АЛ5, АЛВ, АЛ9В, АЛ14В, АЛ15В
	алюминиево-никелево-цинковые и др.	АЛ1, АЛ11, АЛ16В, АЛ17В, АЛ18
Магний и его сплавы	Магний	—
	Магниевые сплавы:	
	деформируемые	МА1, МА2, МА3, МА4, МА5, МА8
	литейные	МЛ1, МЛ2, МЛ3, МЛ4, МЛ5, МЛ6, МЛ7—1
Медь и ее сплавы	Медь	—
	Медные сплавы:	
	латуни (медноцинковые)	Обыкновенные латуни, специальные латуни с алюминием, кремнием, никелем, свинцом и т. д.
		Специальные литейные латуни
	оловянные бронзы (двойные и многокомпонентные)	Литейные деформируемые
	безоловянные бронзы	Алюминиевые
		Марганцовистые
		Никелевые
		Железно-никелевые
		Свинцовистые и. т д.
Никель и его сплавы	Никель	—
	Никелевые сплавы:	
	никель-марганец, хром-железо-алюминий	Алюмель, Хромель, Нихром, Ферронихром
	медно-никелевые	Монель, Копель, Константан, Мельхиор
Оловянные и свинцовые	Подшипниковые	
	Литейные	
	Типографские	Баббиты
	Припои	Оловянные
	Легкоплавкие	Свинцовые

Продолжение табл. 6

Наименование	Разновидность	Подразделение
Титан и его сплавы	Титан	—
	Титановые сплавы	ВТ3, ВТ3-1, ВТ4, ВТ5, ВТ6, ВТ8, ОТ4, ОТ4-1, ВТ5-1
Цинк и его сплавы	Цинк	—
	Цинковые сплавы:	
	деформируемые	ЦМ1, ЦМ4, АА15,
	литейные	ЦАИ2-4, ЦАМ2-5,
	типографские	ЦАМ4-1, ЦАМ4-3,
	антифрикционные	ЦАМ10-5, ЦАМ9-1,5

3. ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

В зависимости от содержания элементов черные металлы в соответствии с ГОСТ 5200—50 делятся на стали и чугуны.

Стали

Железо — химический элемент, железо с примесями (в том числе и углерод), входящими в его состав лишь в качестве технических загрязнений общим количеством до 0,06%.

Сталь — сплав, состоящий из железа с содержанием углерода до 2% и других примесей.

Стали для фасонного литья в свою очередь можно разделить на углеродистые, не содержащие легирующих элементов, и на легированные, в состав которых, входят легирующие элементы.

Углеродистые стали (ГОСТ 977—58) делятся также в зависимости от содержания углерода на:

низкоуглеродистые с содержанием С до 0,25%;

среднеуглеродистые с содержанием С от 0,25 до 0,6%;

высокоуглеродистые с содержанием С от 0,6 до 2,0% (табл. 7 и 8).

Легированные стали (ГОСТ 2176—57) подразделяются в зависимости от содержания легирующих веществ на:

низколегированные с суммарным содержанием легирующих элементов до 2,5% (табл. 9);

среднелегированные с суммарным содержанием легирующих элементов от 2,5 до 10,0%;

высоколегированные (ГОСТ 2176—57) с суммарным содержанием легирующих элементов более 10%.

Таблица 7

Классификация и назначение углеродистых литейных сталей по качеству (ГОСТ 977—58)

Группа качества	Качество отливок	Характеристика отливок	Содержание примесей, %, не более					
			сера			фосфор		
			Способ выплавки					
			основной	кислый	конверторный	основной	кислый	конверторный
I	Обыкновенное	Детали, не воспринимающие больших нагрузок. Размеры сечений определяются конструктивными и технологическими соображениями. Контроль отливок только по химическому составу, внешнему виду, размерам	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,09
II	Повышенное	Детали, воспринимающие статические или динамические нагрузки. Размеры отливки расчетные. В отливках контролируется химический состав, механические свойства, размеры и внешний вид	0,045	0,06	0,06	0,04	0,06	0,08
III	Особое	Детали, работающие при высоких статических или динамических нагрузках или в особых условиях; повышенные или пониженные температуры, высокое давление. Помимо контроля обязательного, для II группы проводятся испытания, обусловленные техническими условиями	0,045	0,05	—	0,04	0,05	—

Таблица 8

Химический состав, механические свойства и область применения литейных углеродистых сталей (ГОСТ 977—58)

Марка стали	Химический состав, %			Вид термической обработки	Механические свойства, не ниже					Назначение
	углерод	марганец	кремний		предел прочности при растяжении $\sigma_в$, кГ/см²	предел текучести $\sigma_т$, кГ/см²	относительное удлинение, %	относительное сужение ψ, %	ударная вязкость, $a_к$, кГм/см²	
15Л	0,12—0,20	0,35—0,65	0,17—0,37	Нормализация	40	20	24	35	5,0	Комбинированные сварные конструкции автосцепки; детали турбин, трубопроводов котельных арматур; станины прокатных станов; корпуса; обоймы
20Л	0,17—0,25	0,35—0,65	0,17—0,37		42	22	22	35	5,0	
25Л	0,22—0,30	0,50—0,80	0,17—0,37		45	24	19	30	4,0	
30Л	0,27—0,35	0,50—0,80	0,17—0,37		48	26	17	30	3,5	
35Л	0,32—0,40	0,50—0,80	0,17—0,37	Отжиг	50	28	15	25	3,5	Гидротурбины; станины прокатных станов; детали, работающие с трением и с высокой ударной нагрузкой, зубчатые колеса, червячные передачи
40Л	0,37—0,45	0,50—0,80	0,17—0,37		53	30	14	25	3,0	
45Л	0,42—0,50	0,50—0,80	0,17—0,37		55	32	12	20	3,0	
50Л	0,47—0,55	0,50—0,80	0,17—0,37	Отжиг или нормализация	58	34	11	20	2,5	Детали, работающие с повышенным трением и высокими нагрузками
55Л	0,52—0,60	0,50—0,80	0,17—0,37	Отжиг или нормализация	60	35	10	18	2,5	Детали грузоподъемных, дорожных и строительных машин, работающие с трением

Примечание. Определение механических свойств отливок обязательно не должно превышать 0,3% каждого вещества.

для II и III групп качества. Содержание примеси хрома, никеля и меди

Химический состав, механические свойства и область при
сталей (ГОСТ

Таблица 9

менения конструкционных низколегированных литейных
7832—55)

Марка стали	Химический состав, %							Температура нагрева при термообработке, °С		Механические свойства, не менее (после термообработки)					Назначение
	углерод	марганец	кремний	фосфор (не более)	сера (не более)	хром	никель	нормализация или закалка	отпуск	предел прочности при растяжении $\sigma_в$, кГ/мм²	предел текучести $\sigma_т$, кГ/мм²	относительное удлинение ε, %	относительное сужение ψ, %	ударная вязкость, $a_к$, кГм/см²	
27ГЛ	0,20—0,30	1,10—1,50	0,17—0,32	0,05	0,05	—	—	зак. 860	580	65	45	10	20	5,0	Детали, работающие с трением и ударными нагрузками: лопасти турбин, детали повышенной прочности
35ГЛ	0,30—0,40	1,20—1,60	0,17—0,32	0,04	0,04	0,3	0,3	зак. 850	625	60	35	14	30	5,0	
20ГСЛ	0,16—0,22	1,00—1,30	0,60—0,80	0,03	0,03	0,3	0,4	норм. 880	580	55	30	18	30	3,0	
30ГСЛ	0,25—0,35	1,10—1,40	0,60—0,80	0,04	0,04	0,3	0,4	зак. 880	580	65	40	14	30	5,0	
30ХГСТЛ	0,25—0,35	1,00—1,30	1,00—1,30	0,04	0,04	0,3	0,4	зак. 910	650	70	55	12	25	4,0	
20ХМЛ	0,15—0,25	0,50—0,80	0,17—0,37	0,04	0,04	0,4—0,7	0,3	норм. 890	630	45	25	18	30	5,0	Толстостенные детали, работающие при повышенной температуре, зубчатые колеса, венцы, втулки, бегунки
35ХМЛ	0,30—0,40	0,50—0,80	0,17—0,37	0,04	0,04	0,8—1,1	0,3	зак. 870	630	70	55	12	25	4,0	
35ХНЛ	0,30—0,40	0,50—0,80	0,17—0,37	0,04	0,04	0,5—0,8	0,7—1,0	зак. 870	580	70	50	12	25	4,0	
40ХНЛ	0,35—0,45	0,50—0,80	0,17—0,37	0,04	0,04	0,5—0,8	1,0—1,5	зак. 850	580	70	50	12	25	4,0	
40ХНТЛ	0,38—0,45	0,50—0,80	0,17—0,37	0,04	0,04	0,7—1,0	1,5—1,9	зак. 840	580	90	70	10	20	4,0	
30ХНМЛ	0,28—0,35	0,50—0,80	0,17—0,37	0,04	0,04	1,3—1,6	1,3—1,6	зак. 860	630	80	65	10	20	4,5	Толстостенные детали, работающие при повышенных температурах, зубчатые колеса
30ХНВЛ	0,28—0,35	0,50—0,80	0,17—0,37	0,04	0,04	1,3—1,6	1,3—1,6	зак. 860	630	80	65	10	20	4,5	
30ДХСНЛ	0,25—0,35	0,25—0,50	0,70—1,10	0,03	0,03	0,7—1,0	1,3—1,6	зак. 860	630	90	70	10	20	4,0	
40ХЛ	0,35—0,45	0,50—0,80	0,17—0,37	0,04	0,04	1,8—1,1	0,4	зак. 860	630	65	50	12	25	4,0	

Медь	Другие элементы
—	—
0,3	—
0,3	—
0,3	—
0,3	Ti 0,05—0,10
0,3	Mo 0,4—0,6
0,3	Mo 0,2—0,3
0,3	—
0,3	—
0,3	Ti 0,02—0,10
0,3	Mo 0,2—0,3
0,3	W 0,5—0,8
1,3—1,6	—
0,3	—

Примечание. При выплавке стали в печах с кислой футеровкой содержание фосфора и серы может быть повышено на 0,01%.

Таблица 10

Составы обыкновенных модифицированных и высокопрочных чугунов (ГОСТ 1412—54 и ГОСТ 7293—54) [10]

Класс литья и марка чугуна	Химический состав, %				Механические свойства				Назначение
	углерод	кремний	марганец	фосфор, не более	сера, не более	предел прочности при сжатии $\sigma_в$, $кГ/мм^2$, не более	стрела прогиба, мм		твердость по Бринеллю НВ
							600	300	
Отливки из чугуна малой прочности:									Строительные колонны, рамы, фундаментные плиты, грузы и другие декоративные отливки
СЧ 00	3,3—3,6	1,8—2,5	0,6—1,0	0,1—0,8	0,08—0,17	—	—	—	—
СЧ 12-28	3,2—3,6	1,5—2,8	0,6—1,0	0,3—0,8	0,08—0,12	50	6	2	142—229
Отливки из чугуна средней прочности:									Машиностроительные отливки; автотракторное литье, электромашиностроительные отливки, станочное литье, сельскохозяйственные машины, корпуса насосов, компрессорное литье и др.
СЧ 15-32	3,2—3,4	1,5—2,6	0,6—1,0	0,2—0,5	0,08—0,12	65	8	2,5	163—229
СЧ 18-36	3,0—3,2	1,3—2,4	0,6—1,0	0,2—0,4	0,08—0,12	70	8	2,5	170—229
Отливки из чугуна повышенной прочности:									Водо- и паропроводные отливки, вентили, задвижки, крышки, напорные трубы, фитинги и другая арматура
СЧ 21-40	2,8—3,2	1,4—2,4	0,6—1,0	0,2—0,4	0,08—0,12	75	9	3	170—241
СЧ 24-44	2,8—3,0	1,2—2,2	0,6—1,0	0,2—0,4	0,08—0,12	85	9	3	170—241
Отливки из чугуна высокой прочности:									Машиностроительные отливки; паровозные и дизельные цилиндры, блоки автодвигателей и дизелей, корпуса и рабочие колеса насосов, коленчатые и кулачковые валы, рамы быстроходных двигателей и т. п.
СМЧ 28-48	3,0—3,3	1,4—1,8	0,8—1,0	До 0,13	До 0,13	100	9	3	170—241
СМЧ 32-52	2,9—3,2	1,2—1,7	0,8—1,1	„ 0,13	„ 0,13	110	9	3	197—248
СМЧ 35-56	2,8—3,1	1,0—1,5	1,0—1,3	„ 0,13	„ 0,13	120	9	3	197—248
СМЧ 38-60	2,7—3,0	0,7—1,3	1,0—1,3	„ 0,13	„ 0,13	130	9	3	207—262

Класс литья и марка чугуна	Химический состав, %			
	углерод	кремний	марганец	фосфор, не более
Высокопрочный магниевый чугун с шаровидным графитом:				
ВЧ 45-0	3,3—3,6	2,0—2,5		—
ВЧ 50-1,5	2,9—3,2	2,0—2,5	0,4—0,7	0,12—0,16
ВЧ 60-2	2,9—3,2	2,0—2,5		—
ВЧ 40-5	3,0—3,4	2,1—3,0	0,5—0,7	—
ВЧ 40-10	2,8—3,2	1,9—2,7	0,4—0,6	0,12—0,16

Примечание. Содержание серы в чугуне с шаровидным графитом после присадки магния снижается до 0,03%.

В последнее время широкое распространение получили низколегированные стали с небольшой присадкой марганца, хрома, никеля, кремния и др.

Эти стали имеют более высокие механические свойства, более коррозиеустойчивы и обладают лучшей свариваемостью. Применяются эти стали в химической, пищевой, авиационной промышленности, машиностроении, судостроении и т. д. Технология изготовления из них отливок почти не отличается от технологии изготовления отливок из углеродистых сталей. Отливки из низколегированных сталей немного дороже, но благодаря их высоким качествам детали можно делать более легкими и меньших размеров.

Отливки из средне- и высоколегированных сталей обходятся дороже и поэтому их применяют для изготовления деталей машин, работающих в особо тяжелых условиях — при больших нагрузках, высокой температуре, больших скоростях, в химических средах.

Чугуны

Чугун — сплав, состоящий из железа с содержанием углерода более 2% и других примесей (кремния, марганца, фосфора, серы) и легирующих веществ.

Нелегированный — серый чугун (ГОСТ 1412—54). Никаких легирующих веществ не содержит.

Продолжение табл. 10

сера, не более	Механические свойства: предел прочности при сжатии $\sigma_в$, кГ/мм², не более	стрела прогиба, мм: 600	стрела прогиба, мм: 300	твердость по Бринеллю, НВ	Назначение
—	—	—	—	187—255	Машиностроительные отливки металлургического оборудования, отдельные детали станкостроения и гидромашиностроения и др.
0,03	170—220	—	4—6	197—269	
—	—	—	—	—	
—	—	—	—	170—207	Отливки, заменяющие стальное литье; коленчатые валы, арматура, маслоты для поршневых колец и др.
0,03	170—120	—	8—3	156—197	

Легированный — это чугун, в состав которого входят, кроме углерода и примесей, легирующие вещества: никель, хром, титан, медь, марганец (более 2%), кремний (более 4%) и др.

Если общее содержание легирующих веществ в чугуне не превышает 2,5%, чугун называют низколегированным. При содержании легирующих веществ от 2,5 до 10% — среднелегированным и более 10% — высоколегированным.

Легированные и специальные чугуны с увеличенным содержанием хрома, марганца, кремния, никеля и других легирующих присадок дают возможность получать отливки с значительно лучшими свойствами. Детали из них обладают высокими механическими, жароупорными, кислотоупорными, магнитными свойствами или повышенным электросопротивлением (см. табл. 12).

Модифицированный чугун — это чугун, который в жидком виде подвергается обработке специальными присадками — модификаторами (ферросилиций, силикокальций, редкоземельные элементы и др.).

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ГОСТ 7293—54) получают путем присадки в жидкий металл магния или его лигатур (табл. 10).

К специальным видам чугуна относится также белый чугун (карбидного класса), имеющий большую твердость и износоупорность. Отливки из белого чугуна из-за большой твердости не могут подвергаться механической обработке, кроме шлифовки, поэтому должны отливаться с большей точностью по выплавляемым моделям и в оболочковую форму. Не поддаются механической обработке также аустенитные (марганцевые) чугуны.

Белые чугуны имеют малую вязкость и большую хрупкость, поэтому их применяют для изготовления деталей, работающих на истирание и при незначительных ударных нагрузках.

Ковким называется чугун, который получается при длительном отжиге (томлении) отливок из белого чугуна. При отжиге цементит (Fe_3C) разлагается, образуя феррит и углерод отжига, зерна которого имеют округленную форму. По ГОСТ 1215—59 ковкий чугун делится на следующие марки: черносердечный (ферритный) — КЧ 37-12, КЧ 35-10, КЧ 33-8, КЧ 30-6; белосердечный (перлитный) — КЧ 45-6, КЧ 50-4, КЧ 56-4, КЧ 60-3, КЧ 63-2.

Марки чугунов означают: КЧ — ковкий чугун, первое число — предел прочности при растяжении в *кГ/мм²*, второе число — относительное удлинение в %.

Ковкий чугун по сравнению с обычным серым чугуном имеет большую вязкость и относительное удлинение от 2 до 12%, что делает его особо пригодным для деталей, работающих с переменными и ударными нагрузками в частности для деталей сельскохозяйственных машин, автомобилей, тракторов и арматуры.

Для получения отливок с однородными свойствами толщину их стенок делают от 3 до 12 *мм* возможно более равномерного сечения. Перлитный ковкий чугун обладает достаточной износоустойчивостью при малых давлениях, поэтому применяется как заменитель антифрикционных материалов в подшипниках и втулках и т. д.

Ковкий чугун может подвергаться модифицированию присадкой алюминия, что сокращает цикл отжига на 25—40%, измельчают структуру и несколько улучшает механические свойства.

Отливки из ковкого чугуна могут подвергаться термообработке: нормализации, нормализации с отпуском, закалке с отпуском, а также поверхностной закалке, что повышает механические и эксплуатационные свойства отливок.

Ферритный ковкий чугун имеет несколько бо́льшую вязкость, но меньшую коррозиестойкость и износоустойчивость (табл. 11).

Таблица 11

Химический состав и механические свойства ковкого чугуна (ГОСТ 1215—59) [10]

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении $\sigma_в$, $кГ/мм^2$, не менее	Твердость по Бринеллю, *НВ*	Химический состав, %						Назначение
			углерод	кремний	марганец	сера	фосфор	хром	
						не более			
Ферритный:									
КЧ 37-12	37	163	2,7—3,1	0,7—1,1	0,3—0,6	—	—	—	Черносердечные (феррито - графитовые) ковкие чугуны для деталей с повышенной вязкостью, работающих с ударными нагрузками (детали автомобильные, тракторные и сельскохозяйственной промышленности)
КЧ 35-10	35	163	2,5—2,9	0,8—1,2	0,3—0,6	0,12	0,18	0,08	
КЧ 33-8	33	163	2,4—2,8	0,9—1,4	0,3—0,6	—	—	—	
КЧ 30-6	30	163	2,2—2,5	1,0—1,5	0,3—0,6	—	—	—	
Перлитный:									
КЧ 45-6	45	241	2,2—3,1						Белосердечный (перлитный) ковкий чугун для деталей повышенной прочности, работающих на износ (инструменты, водопроводная арматура и др.)
КЧ 50-4	50	241	2,2—3,1						
КЧ 56-4	56	269	2,2—3,1	0,7—1,5	0,3—0,6	0,12	0,18	0,2	
КЧ 60-3	60	269	2,2—3,1						
КЧ 63-2	63	269	2,2—3,1						

Таблица 12

Марки и составы легированных и специальных чугунов [10]

Наименование и назначение чугуна	Марка чугуна	Химический состав, %							
		углерод	кремний	марганец	фосфор	сера, не более	хром	никель	прочие элементы
Коррозионностойкий чугун для работы в щелочной среде	СЧШ1	3,2—3,6	1,2—1,5	0,5—0,8	До 0,30	0,10	0,6—0,8	0,8—1,0	—
	СЧШ2	3,2—3,6	1,5—1,9	0,4—0,8	До 0,30	0,10	0,4—0,6	0,3—0,5	—
Чугуны для деталей химического машиностроения в условиях воздействия серной кислоты и пр.	Ф15	0,5—0,8	14,5—16	0,3—0,8	0,1	0,07	—	—	Ферросилид
	Ф17	0,3—0,5	16—18	0,3—0,8	0,1	0,07	—	—	Ферросилид
То же, соляной кислоты	Антихлор МФ-15	0,5—0,8	14,5—16	0,3—0,4	0,1	0,07	—	—	Mo 3,5—4,0, Al не более 0,2
Жаростойкий (до 1100° С) коррозионностойкий и износоустойчивый чугун	Х28	0,5—1,0	0,5—1,3	0,5—0,8	0,1	0,08	26—30	—	—
	Х34	1,5—2,2	1,3—1,7	0,5—0,8	0,1	0,10	32—36	—	—
Износоустойчивый чугун (штампы)	ИХЗ-0,75	2,7—3,3	0,5—1,5	0,4—0,6	0,1	0,10	0,5—4,0	2—4	—
Износоупорный белый	ХТ4-02	2,4—2,7	0,9—1,2	0,4—0,6	До 0,18	До 0,12	3,5—4,5	До 0,2	Ti до 0,2
Немагнитный	—	2,7—3,5	2,0—3,0	5—6	0,5	0,5	—	10,0	Cu 1,5—2,8 Al 0,1—0,7

Таблица 13

Зависимость механических свойств чугуна от его структуры [10]

Механические свойства	Белый	Серый с равномерным пластинчатым графитом		Высокопрочный с шаровидным графитом		Ковкий	
		перлитная осиова	ферритная основа	перлитная основа	ферритная осиова	перлитная основа	ферритная основа
Предел прочности при растяжении $\sigma_в$, *кГ/мм²* . .	10—20	18—45	12—18	45—80	40—55	45—63	30—37
Предел текучести $\sigma_т$, *кГ/мм²*	—	—	—	37—60	24—32	25—42	18—27
Удлиинение Δl, %	—	—	—	1,5—5	5—30	2—6	6—12
Предел прочности при изгибе $\sigma_и$, *кГ/мм²*	30—50	36—80	24—36	80—140	—	60—110	—
Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, *кГ/мм²* . .	70—140	70—140	50—80	160—250	—	140—220	—
Твердость по Бринеллю *НВ*	300—700	180—350	120—140	190—400	150—200	170—350	100—200

Примечание. Максимальные значения механических свойств получаются только в случае легирования, модифицирования, термической обработки и других способах повышения механических свойств.

4. ЦВЕТНЫЕ СПЛАВЫ

Для получения фасонных отливок применяются следующие литейные сплавы:

на медной основе;
на алюминиевой основе;
на магниевой основе;
на цинковой основе и др.

Сплавы на основе меди

Медные сплавы делятся на три группы: латуни (ГОСТ 1019—47), бронзы (ГОСТы: 493—54, 5017—44, 613—50, 614—50) и сплавы для художественного литья (ГОСТ 4116—48).

Латунью называется медный сплав, в котором преобладающим легирующим веществом (15—30%) является цинк (табл. 14).

Бронзой называется медный сплав, в котором легирующими веществами, кроме цинка (12—10%), являются олово, никель, марганец, алюминий и др.

Бронзы подразделяются на две группы: оловянные, в которых преобладающим легирующим веществом является олово (2—7%), и безоловянные, в которых легирующими веществами являются никель, алюминий, марганец и др. (табл. 15—16).

Медные сплавы для художественного литья изготовляются из лома и отходов медного литья, имеют повышенную жидкотекучесть, красивую золотистую окраску и более низкие механические свойства по сравнению с другими медными сплавами.

Таблица 14

Химический состав, механические свойства и область применения литейных латуней (ГОСТ 1019—47)

Латунь	Марка латуни	Химический состав, %					(остальное цинк)		Способ литья	Механические свойства			Назначение
		медь	алюминий	железо	марганец	кремний	олово	свинец		предел прочности при растяжении $\sigma_в$, $кГ/мм^2$	относительное удлинение, %	твердость по Бринеллю HB	
Алюминиевая	ЛА67-2,5	66—68	2—3	—	—	—	—	—	В кокиль	40	15	100	Коррозионностойкие детали
									В землю	30	12	90	
Алюминиево-железисто-марганцовистая	ЛАЖМц66-6-3-2	64—68	6—7	2—4	1,5—2,5	—	—	—	В кокиль	65	7	130	Гайки нажимных винтов, массивных червячных винтов, работающих в тяжелых условиях
									В землю	60	7	120	
									Центробежный	70	7	150	
Железисто-алюминиевая	ЛАЖ60-1-1Л	58—61	0,8—1,5	0,8—1,5	0,1—0,6	—	0,2—0,7	—	В кокиль	42	18	100	Арматура, втулки, подшипники
									В землю	38	20	90	
Кремнисто-свинцовистая	ЛКС80-3-3	79—81	—	—	—	2,5—4,5	—	2—4	В кокиль	30	15	100	Арматура, зубчатые колеса, детали, подвергающиеся действию морской воды
									В землю	25	7	90	
Марганцовисто-свинцовистая	ЛМцС58-2-2	57—60	—	—	1,5—2,5	—	—	1,5—2,5	В кокиль	35	8	80	Литые вкладыши подшипников, втулки, ползуны
									В землю	25	10	70	
Марганцовисто-оловянно-свинцовистая	ЛМцОС58-2-2-2	56—60	—	—	1,5—2,5	—	1,5—2,5	0,5—2,5	В кокиль	30	4	100	Антифрикционные детали, втулки, подшипники, зубчатые колеса
									В землю	30	6	90	
Марганцовисто-железистая	ЛМцСЖ55-3-1	53—58	—	0,5—1,5	3—4	—	—	—	В кокиль	50	10	110	Гребные винты, лопасти, арматура, работающая при температуре до 300° С и давлении до 100 $кГ/мм^2$
									В землю	45	15	100	
Марганцовисто-железистая	ЛМцЖ52-4-1	50—55	—	0,5—1,5	4—5	—	—	—	В землю	50	15	100	Зубчатые колеса, авиадетали, работающие с большой нагрузкой
Марганцовисто-никеле-железистая	ЛМцНЖ52-2-2-1	50—54	Никель 1,5—2,5	0,5—1,5	1,5—2,5	—	—	—	В кокиль	55	15	130	Массивные детали, работающие с трением
									В землю	50	10	100	
Свинцовистая	ЛС 59-1Л	57—61	—	—	—	—	—	0,8—1,9	Центробежный	20	20	—	Втулки для подшипников

Химический состав, механические свойства и область

Таблица 15

применения литейных оловянистых бронз (ГОСТ 613—50)

Бронза	Марка бронзы	Химический состав, % (остальное медь)				Способ литья	Механические свойства			Назначение
		олово	цинк	свинец	никель		предел прочности при растяжении, $\sigma_в$, $кГ/мм^2$	относительное удлинение, %	твердость по Бринеллю HB	
							не менее			
Оловянно-цинко-свинцовистая с никелем	Бр.ОЦСН3-7-5-1	2,5—4,5	6,0—9,5	3,0—6,0	0,5—1,5	В землю В кокиль	18 21	8 5	60 60	Для арматуры, работающей в условиях морской и пресной воды и пара при давлении до 25 $кГ/мм^2$
Оловянно-цинко-свинцовистая	Бр.ОЦС3-12-5	2—4	8—15	3—6	—	В землю В кокиль	18 21	8 5	60 60	Для арматуры, работающей в условиях пресной воды и пара при давлении до 25 $кГ/мм^2$
То же	Бр.ОЦС6-6-3	5—7	5—7	2—4	—	В землю В кокиль	15 18	6 4	60 60	Антифрикционные детали, втулки, сальники, гайки, корпуса насосов
»	Бр.ОЦС5-5-5	4—6	4—6	4—6	—	В землю В кокиль	15 18	6 4	60 60	Антифрикционнные детали, подшипники, втулки, сальники, ползуны
»	Бр.ОЦС4-4-17	3,5—5,5	2—6	14—20	—	В землю	15	5	60	Антифрикционные детали, втулки, подшипники
»	Бр.ОЦС3,5-6-5	3,0—4,5	5—7	4—6	—	В землю В кокиль	15 18	6 4	60 60	Автотракторные детали, работающие с трением
Оловянно-цинковая	Бр.ОЦ10-2	9—11	2—4	—	—	В землю В кокиль	20 25	10 6	80 80	Арматура, работающая при высоком давлении, зубчатые колеса, втулки
Оловянно-фосфористая	Бр.ОФ10-1	9—11	Фосфор 0,8—1,2	—	—	В землю В кокиль	25 35	10 8	90 70	Антифрикционные детали, подшипники, червячные зубчатые колеса

| Химический состав, % (остальное медь) | | | | | | |

Химический состав, механические свойства и назначение

Бронза	Марка бронзы	Химический состав, % (остальное			
		алюминий	железо	марганец	кремний
Алюминиево-марганцовистая	Бр.АМц9-2Л	8—10	—	1,5—2,5	До 0,2
Алюминиево-марганцовистая	Бр.АМц10-2	9—11	—	1,5—2,5	„ 0,2
Алюминиево-железистая	Бр.АЖ9-4Л	8—10	2—4	До 0,5	„ 0,2
Алюминиево-железисто-марганцовистая	Бр.АЖМц 10-3-1,5	9—11	2—4	1—2	„ 0,1
Алюминиево-железисто-свинцовистая	Бр.АЖС7-1,5-1,5	6—8	1,0—1,5	До 0,3	„ 0,1
Алюминиево-железисто-никелевая	Бр.АЖМН 10-4-4Л	9,5—11	3,5—5,5	„ 0,5	„ 0,2
Алюминиево-железисто-никелевая	Бр.АЖН11-6-6	10,5—11,5	5,0—6,5	„ 0,5	„ 0,2
Свинцовистая	Бр.С30	—	—	—	„ 0,02
Свинцово-никелевая	Бр.СН60-2,5	—	—	—	—

Таблица 16

литейных безоловянных бронз (ГОСТ 493—54) [19], [22]

медь)			Механические свойства			
другие присадки	Допустимое содержание примесей, %, не более	Способ литья	предел прочности при растяжении, $\sigma_в$, кГ/мм²	относительное удлинение, %	твердость по Бринеллю НВ	Назначение
Никель до 1,0	2,8	В кокиль	40	20	80	Зубчатые колеса, втулки, подшипники, арматура
Никель до 1,0	2,8	В землю В кокиль	50	12	110	Те же детали, но работающие с большими нагрузками
Никель до 1,0	2,7	В землю В кокиль	40 50	10 12	100 100	Арматура, корпуса насосов, сальников, подшипники, втулки
Никель до 0,5	0,75	В кокиль	50	12	120	Венцы червячных колес, зубчатые колеса, ползуны
Свинец 1,0—1,5	1,5	В землю	30	18	—	Крупные сложные отливки, требующие чистой обработанной поверхности
Никель 3,5—5,5	1,5	В кокиль	60	5	170	Высокопрочные зубчатые колеса, подшипники, корпуса арматуры
Никель 5,0—6,5	1,5	В землю В кокиль	60	2	250	Подшипники с большой удельной нагрузкой
Свинец 27—33	0,9	В кокиль	6	4	25	Вкладыши подшипников
Никель 2,25—2,75 Свинец 57—63	1,25	В землю	3	5	14	Вкладыши подшипников

Алюминиевые сплавы

Сплавы на алюминиевой основе, так же как и магниевые, имеют малый удельный вес, что делает их особо пригодными для деталей приборов, самолетов, автомашин, морских судов и т. д. Алюминий имеет высокие антикоррозийные свойства, повышенную теплопроводность, электропроводность и хорошо поддается обработке. Чистый алюминий имеет малую механическую прочность и плохие технологические свойства, поэтому для литья не применяется. Алюминиевые сплавы получают путем присадки к алюминию меди, кремния и цинка. Кроме того, в этих сплавах содержатся в небольшом количестве железо, олово, марганец и др. Сразу после отливки алюминиевые сплавы имеют пониженную прочность и повышенную твердость. Поэтому они должны подвергаться естественному старению, т. е. вылеживанию в течение нескольких суток, или искусственному старению (нагреву с выдержкой), после чего их механические свойства улучшаются.

Алюминиевые сплавы также могут подвергаться термической обработке, что обеспечивает более устойчивую структуру и получение

Химический состав, ме ханические свойства (ГОСТ 2685

Группа сплава	Марка сплава	Химический состав, % (остальное алюминий)				
		магний	кремний	марганец	медь	прочие составляющие
I. Al + Mg	АЛ8	9,5—11,5	—	—	—	—
	АЛ27	9,5—11,5	—	—	—	Титан 0,05—0,15 Бериллий 0,05—0,15 Цирконий 0,05—0,15
	АЛ27-1	9,5—11,5	—	—	—	Титан 0,05—0,15 Бериллий 0,05—0,15 Цирконий 0,05—0,15
	АЛ13	4,5—5,5	0,8—1,3	0,1—0,4	—	Никель до 0,3

повышенных механических свойств. При отливке деталей в кокиль или под давлением механические свойства также улучшаются (табл. 17).

По химическому составу алюминиевые литейные сплавы (ГОСТ 2685—63) подразделяются на пять групп:

I группа: сплавы алюминиево-магниевые (Al+Mg), марки — АЛ8, АЛ13, АЛ22, АЛ23, АЛ23-1, АЛ27, АЛ27-1, АЛ-8 и АЛ29.

II группа: сплавы системы алюминиево-кремниевые (Al+Si), марки — АЛ2, АЛ4, АЛ4В, АЛ9 и АЛ9В.

III группа: сплавы алюминиево-медные (Al+Cu), марки — АЛ7, АЛ7В, АЛ19.

IV группа: сплавы алюминиево-кремниево-медные (Al+Si+Cu), марки — АЛ3, АЛ3В, АЛ5, АЛ6, АЛ10В, 0Л14В, АЛ15В.

V группа: сплавы алюминиевые многокомпонентные (Al+Si++Cu+Zn+Fe и др.), марки — АЛ1, АЛ11, АЛ16В, АЛ17В, АЛ18В, АЛ20, АЛ21, АЛ24, АЛ25, АЛ26 и АЛ30.

Таблица 17

и назначение алюминиевых сплавов —63) [26], [22]

Способ литья	Условное обозначение термообработки	Механические свойства: предел прочности при растяжении $\sigma_в$, кГ/мм²	Механические свойства: относительное удлинение, %	Механические свойства: твердость по Бринеллю HB	Всего примесей, не более	Назначение
ЗОВК	Т4	29	9	60	1,1	Детали машин, несущие ударные нагрузки, детали высокой коррозионной стойкости
ЗОК	Т4	32	12	75	0,6	То же
ЗОК	Т4	35	15	75	0,2	»
ЗД	—	15	1	55	1,8—2,0	Детали высокой коррозионной стойкости и для работы при высокой температуре
		17	0,5	55		

Продолжение табл. 17

Группа сплава	Марка сплава	Химический состав, % (остальное алюминий)					Способ литья	Условное обозначение термообработки	Механические свойства			Всего примесей, не более	Назначение
		магний	кремний	марганец	медь	прочие составляющие			предел прочности при растяжении $\sigma_в$, кГ/мм²	относительное удлинение, %	твердость по Бринеллю HB		
I. Al + Mg	АЛ22	10,5—13,0	0,8—1,2	—	—	Титан 0,01—0,05 Бериллий 0,03—0,05	ЗД	Т4	23	1,5	90	0,6—1,3	Детали высокой коррозионной стойкости, средней нагруженности
								—	20	1,0	90		
	АЛ23	6,0—7,0	—	—	—	Титан 0,05—0,15 Бериллий 0,3—0,7	ЗОКД	—	19	4	60	0,6	То же
								—	22	6	60		
								Т4	23	6	60		
	АЛ23-1	6,0—7,0	—	—	—	Титан 0,05—0,15 Бериллий 0,02—0,10 Цирконий 0,05—0,2	ЗО	—	20	5	60	0,2	Детали высокой коррозионной стойкости, средней нагруженности
							КД	—	24	10	60		
							ЗОК	Т4	25	10	60		
	АЛ28	4,8—6,3	—	0,4—1,0	—	Титан 0,05—0,15	ЗОВ	Т4	20	4	55	0,6—0,8	То же
	АЛ29	6,0—8,0	0,5—1,0	0,25—0,60	—	—	ЗОВ	—	21	5	55	1,0	
							КД	—	21	3,5	55		
							Д	—	21	3	60		
II. Al + Si	АЛ2	—	10,0—13,0	До 0,5	До 0,8	—	З	—	15	4	50	2,2—2,8	Детали сложной конфигурации средней нагрузки, детали, работающие в морской воде (меди менее 3%)
							К	—	16	2	50		
							Д	—	16	1	50		
	АЛ4	0,17—0,30	8,0—10,5	0,25—0,5	До 0,3	—	З	—	15	2	50	2,6—3,0	Крупные и средние детали двигателей, высокой нагруженности
							К	Т1	20	1,5	70		
							К	Т6	24	3	70		

Продолжение табл. 17

Группа сплава	Марка сплава	Химический состав, % (остальное алюминий)					Способ литья	Условное обозначение термообработки	Механические свойства			Всего примесей, не более	Назначение
		магний	кремний	марганец	медь	прочие составляющие			предел прочности при растяжении $\sigma_в$, кГ/мм²	относительное удлинение %	твердость по Бринеллю НВ		
II. Al + Si	АЛ4В	0,2—0,4	8,0—11,0	0,2—0,5	„ 1,0	Титан Хром до 0,2% Никель 0,3%	З	—	16	0,3	70	1,0—1,7	Крупные и средние детали двигателей высокой нагруженности
							З	Т6	24	0,4	80		
							К	Т6	25	0,4	90		
	АЛ9	0,2—0,4	6,0—8,0	До 0,5	„ 0,2	—	З	—	16	2	50	3,8—3,8	Детали сложной конфигурации, средней нагруженности
							З	Т4	18	4	50		
							К	Т4	19	4	50		
							Д	—	17	1	50		
	АЛ9В	0,2—0,5	6,0—8,0	„ 0,6	„ 1,5	Никель 0,3%	З	—	13	0,5	60	2,5—2,7	То же
							К	—	16	0,5	60		
							З	Т5	20	0,5	75		
							К	Т5	22	0,5	75		
III. Al + Cu	АЛ7	До 0,03	До 1,2	—	4,0—5,0	—	З	Т4	20	6,0	60	4,0—4,2	Детали высокой нагруженности
							К	Т4	21	6,0	60		
							З	Т5	22	3,0	70		
							К	Т5	23	3,0	70		
	АЛ7В	„ 0,3	„ 1,5	До 0,5	3,0—5,0	Никель 0,3%	З	—	13	0,5	55	4,0—4,2	Детали средней нагруженности
							К	—	16	1,0	55		
							З	Т5	22	1,0	70		
							К	Т5	25	2,0	70		
	АЛ12	—	„ 1,0	—	9,0—11,0	Никель 0,5%	З	Т6	17	—	100	2,8—3,0	Детали приборов, детали, работающие с трением
							К						
IV. Al + Si + Cu	АЛ3	0,2—0,8	4,0—6,0	0,2—0,8	1,5—3,5	—	З	—	12	—	65	1,3—1,8	Головки цилиндров двигателей, детали приборов
							К	—	16	0,5	65		
							З	Т5	21	—	75		
							К	Т5	24	0,5	75		
							Д	—	15	0,5	65		
	АЛ3В	0,2—0,8	4,0—6,0	0,2—0,8	1,5—3,5	Никель 0,05 Титан 0,15	З	—	12	—	65	2,0—2,3	То же
							К	—	16	0,5	65		
							З	Т5	21	—	75		
							К	Т5	24	2,5	75		
	АЛ3-1	0,35—0,6	4,5—5,5	0,6—0,9	1,5—2,4		З	Т1	12	—	65	0,9—1,8	„
							К	—	16	0,5	65		
							З	Т7	20	1,0	75		
							К	Т8	18	2,0	70		

Продолжение табл. 17

Группа сплава	Марка сплава	Химический состав, % (остальное алюминий)					Способ литья	Условное обозначение термообработки	Механические свойства			Всего примесей, не более	Назначение
		магний	кремний	марганец	медь	прочие составляющие			предел прочности при растяжении $\sigma_в$, кГ/мм²	относительное удлинение, %	твердость по Бринеллю НВ		
IV. Al + Si + Cu	АЛ5	0,35—0,6	4,5—5,5	До 0,5	1,0—1,5	Титан Хром до 0,2	З З	Т1 Т5	16 20	— —	65 70	1,0—1,7	Крупные и средние детали, работающие с высоким напряжением
	АЛ6	До 0,1	4,5—6,0	„ 0,3	2,0—3,0	—	З К Д	Т2 — —	15 15 15	1,0 — 1,0	45 — 45	1,8—2,2	Детали бензобаков, карбюраторов, корпусов повышенной прочности
	АЛ10В	0,2—0,5	4,0—6,0	„ 0,5	5,0—8,0	Никель 0,5	З К З К	— — Т6 Т6	12 16 13 20	— — — —	80 80 80 100	1,8—2,2	Средние и мелкие детали повышенной плотности
	АЛ14В	0,2—0,6	6,0—8,0	0,2—0,6	1,5—3,0	Никель 0,3	З К З К	— — Т5 Т5	13 17 20 24	0,5 0,5 0,5 0,5	70 70 85 85	1,8—2,0	Средние детали повышенной прочности и плотности
	АЛ15В	До 0,5	3,0—5,0	0,2—0,6	3,5—5,0	Никель 0,5	З К З К	— — Т5 Т5	15 18 20 22	— 0,5 — 0,5	70 70 80 85	4,0—4,1	Средние и крупные детали высокой нагруженности
V. Al+Si+Cu+Zn+Fe и др.	АЛ1	1,25—1,75	До 0,7	—	3,75—4,5	Никель 1,75—2,25	З К	Т5	20	0,5	95	1,5	Поршни и головки двигателей
	АЛ11	0,1—0,3	6,0—8,0	До 0,5	—	Цинк 10,0—14,0	З К Д	— — —	20 25 18	2,0 1,5 1,0	80 90 80	1,8—2,6	Детали двигателей, приборов и аппаратуры, работающей при высокой температуре
	АЛ16В	До 0,3	3,0—5,0	0,2—0,5	2,0—4,0	Цинк 2,0—4,0 Никель 0,3	З К З К	— — Т5 Т5	16 17 20 22	— 0,5 — 0,5	65 65 70 70	1,7—1,8	Детали двигателей и приборов

Продолжение табл. 17

Группа сплава	Марка сплава	Химический состав, % (остальное алюминий)					Способ литья	Условное обозначение термообработки	Механические свойства			Всего примесей, не более	Назначение
		магний	кремний	марганец	медь	прочие составляющие			предел прочности при растяжении $\sigma_в$, кГ/мм²	относительное удлинение, %	твердость по Бринеллю НВ		
V. Al + Si + Cu + Zn + Fe и др.	АЛ17В	До 0,3	3,0—5,0	0,2—0,6	1,5—3,5	Цинк 4,0—7,0 Никель 0,3	З	—	17	—	65	1,7—1,8	Детали двигателей и приборов
							К	—	18	0,5	65		
							З	Т5	20	—	70		
							К	Т5	22	0,5	70		
	АЛ18В	„ 0,8	1,5—2,5	0,3—0,8	7,5—9,5	Железо 1,0—1,8 Никель 0,5	К	—	18	—	80	1,7	То же
	АЛ20	0,7—1,2	1,5—2,0	0,5—0,8	3,5—4,5	Железо 1,2—1,7 Хром 0,15—0,25 Титан 0,05	З	Т2					„
							К	—	16	0,8	65	—	
							З	Т5					
							К	—	21	0,8	65		
	АЛ21	0,8—1,3	До 0,5	0,15—0,25	4,6—6,0	Никель 2,6—9,6 Хром 0,1—0,2	З	Т2	18	0,8	65	1,4	„
							З	Т7	21	0,8	75		
	АЛ24	1,5—2,0	—	0,2—0,5	—	Цинк 3,5—4,5 Титан 0,1—0,2	ЗВ	—	22	2	60	1,4	„
							ЗОВ	Т5	27	2	75	1,4	
	АЛ25	0,8—1,3	11,0—13,0	0,3—0,6	1,5—3,0	Никель 0,8—1,3 Титаи 0,5—0,2	К	Т1	19	—	90	1,2	„
	АЛ26	0,4—0,7	20,0—22,0	0,4—0,8	1,5—2,5	Никель 1,0—2,0 Хром 0,1—0,4	К	Т2	16	—	90	0,9	„
	АЛ30	0,8—1,3	11,0—13,0	—	0,8—1,5	—	К	Т1	20	5	90	1,2	„

Примечания. 1. Условные обозначения в таблице способов литья: З — в землю, О — оболочковые формы, В — выплавляемые модели, К — в кокиль, Д — под давлением, Т — термообработка.

2. Буква В при обозначении марок сплавов обозначает, что отливки изготовля ются из литейных алюминиевых сплавов в чушках по ГОСТ 1583—53.

3. Условные обозначения в таблице термообработки: Т1 — старение; Т2— отжиг; Т4—закалка; Т5 — закалка и частичное старение; Т6 — закалка и полное старение; Т7 — закалка и стабилизация; Т8 — закалка и смягчающий отпуск.

Магниевые сплавы

По химическому составу магниевые сплавы (табл. 18) разделяются на следующие группы:

I группа — магниево-кремниевые сплавы МЛ1;
II группа — магниево-марганцевые сплавы МЛ2;
III группа — магниево-алюминиевые сплавы МЛ6;
IV группа — четверные магниевые сплавы МЛ3, МЛ4, МЛ5, МЛ5пг, МЛ50Н.

Основными преимуществами магниевых сплавов является малый удельный вес, хорошая сопротивляемость вибрациям и удовлетворительная обрабатываемость.

Магниевые сплавы находят применение в авиационной промышленности, автомобилестроении, на железнодорожном транспорте и в приборостроении.

Таблица 18

Химический состав, механические свойства и область применения литейных магниевых сплавов (ГОСТ 2856—55)

Сплав	Химический состав, % (остальное магний)				Всего примесей, не более	Условное обозначение термообработки	Механические свойства			Назначение
	алюминий	марганец	цинк	кремний			предел прочности при растяжении $\sigma_в$, $кГ/мм^2$	относительное удлинение ε, %	Твердость по Бринеллю HB	
МЛ1	До 0,2	—	До 0,2	1,0—1,5	0,7	—	9	2	40	Детали простой конфигурации
МЛ2	До 0,1	1,0—2,0	До 0,05	До 0,1	0,5	—	9	3	30	Детали несложной конфигурации, с высокой коррозийной стойкостью
МЛ3	2,5—3,5	0,15—0,5	0,5—1,5	„ 0,25	0,5	—	16	6	40	Детали несложной конфигурации, с повышенной прочностью и плотностью
МЛ4	5,0—7,0	0,15—0,5	2,0—3,0	„ 0,25	0,5	—	16	3	50	Детали с повышенными статическими нагрузками
						Т4	22	5	60	
						Т6	23	2	50	
МЛ5	7,5—9,0	0,15—0,5	0,2—0,8	„ 0,25	0,5	—	15	2	50	Детали повышенной прочности
						Т2	15	2	50	
						Т4	22	5	50	
						Т6	23	2	60	

Продолжение табл. 18

Сплав	Химический состав, % (остальное магний)				Всего примесей, не более	Условное обозначение термообработки	Механические свойства			Назначение
	алюминий	маргапец	цинк	кремний			предел прочности при растяжении $\sigma_в$, *кГ/мм²*	относительное удлинение ϵ, %	Твердость по Бринеллю *НВ*	
МЛ5пч	7,5—9,0	0,15—0,5	0,2—0,8	До 0,08	0,15	—	15	2	50	Детали повышенной прочности
						Т4	22	5	50	
						Т6	23	2	65	
МЛ5оп	7,5—9,0	0,15—0,5	0,2—0,8	„ 0,35	0,7	—	15	2	50	То же
						Т4	22	5	50	
						Т6	23	2	65	
МЛ6	9,0—10,2	0,1—0,5	0,6—1,2	„ 0,25	0,5	—	15	1	50	Детали сложной конфигурации, повышенной прочности
						Т4	22	4	60	
						Т6	22	2	65	

Примечание. Условное обозначение термообработки: Т2 — отжиг, Т4 — гомогенизация с закалкой на воздухе, Т6 — гомогенизация с закалкой в воде и старение.

Таблица 19

Цинковые сплавы

Цинковые сплавы для литья под давлением [22]

Марка сплава	Основные компоненты		Примеси, не более, %						Механические свойства		
	медь	алюминий	магний	железо	кадмий	свинец	олово	цинк	Предел прочности при растяжении $\sigma_в$, *кГ/мм²*	относительное удлинение, %	Твердость по Бринеллю *НВ*
ЦАЧ	0,7	3,5—5,0	0,1	0,1	0,08	0,01	0,01	Остальное	22	2	100
ЦА 0,1	4,0—5,5	0,1—0,2	0,1	0,1	0,08	0,01	0,01	То же	27	2	80
ЦАМ1	0,5	3,0—4,0	0,05—0,1	0,1	0,12	0,03	0,01	„	32—38	1,5	20—120
ЦАМ4-3	2,5—3,5	3,5—4,5	0,02—0,08	0,1	0,12	0,03	0,01	„	26—30	3,5—5,0	85—90
ЦАМ4-1	0,75—1,25	3,5—4,5	0,03—0,08	0,1	0,12	0,03	0,01	„	30—32	3,5—5,0	85
ЦАМ5-10	9,5—10,5	4,5—5,5	0,75—1,25	0,1	0,12	0,03	0,01	„	31	1—1,5	101—108
Типографские											
ЦШ1	0,06—0,1	3,5—4,5	0,02—0,06	0,03	0,12	0,01	0,01	„	—	—	Более 100
№ 3	—	2,2—3,0	1,2—1,8	0,03	0,12	0,01	0,01	„	—	—	„ 100
№ 6	—	4,0	2,0	0,03	0,12	0,01	0,01	„	—	—	„ 100
Антифрикционные подшипниковые											
ЦАМ 10-5	4—6	9—11	0,02—0,08	0,01	0,12	0,03	0,01	„	30	1,0	„ 100
ЦАМ 9-1,5	1—2	8—10	0,02—0,08	0,01	0,12	0,03	0,01	„	30	5,0	„ 85

Глава II. ШИХТОВКА И ПЛАВКА МЕТАЛЛОВ

При плавке металлов используются следующие исходные материалы:

металлическая шихта — чушковые металлы (табл. 20, 21, 22), лом (табл. 23, 24), возврат (литники, прибыли, брак, сплески), легирующие присадки, раскислители и модификаторы;

топливо для печей (твердое, жидкое и газообразное);

флюсы для образования шлаков при плавке, защиты металла от окисления и насыщения газом;

огнеупоры для футеровки печей.

1. МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ШИХТА

Шихтовые материалы для черных металлов

Для получения жидкого металла требуемого состава металлическая шихта обычно составляется из первичного чугунного металла, собственных отходов (возврата, вторичного металла), лома, брака или специального переплава и легирующих присадок. Расчет количества каждой составляющей ведется с учетом угара элементов при переплавке и добавок при раскислении и дегазации.

В частности при плавке черных металлов используется чушковый чугун, стальной и чугунный лом и ферросплавы.

Характеристики этих материалов даны в таблицах.

Ферросплавы, добавляемые в шихту для легирования, раскисления или модифицирования черных металлов, делятся на две группы: электротермические, полученные в электрических печах; доменные, полученные в доменных печах (табл. 25).

Шихтовые материалы для цветных сплавов

В качестве шихтовых материалов для цветных сплавов применяются первичные сплавы (табл. 26) — чистые металлы; вторичные сплавы (табл. 27) — продукты переплавки отходов; специальные лигатуры (табл. 28) с большим содержанием легирующих элементов

Таблица 20

Классификация передельных чугунов

Марка чугуна	Содержание элементов, %									Применение
	кремний	марганец		фосфор, не более			сера, не более			
		группа		класс			категория			
		I	II	А	Б	В	I	II	III	
Чугун передельный коксовый чушковый (ГОСТ 805—57)										
М1	0,76—1,25	До 0,1	1,01—1,75	0,15	0,20	0,30	0,03	0,05	0,07	Для переплавки на сталь в мартеновских печах
М2	До 0,75	„ 1,0	1,01—1,75	0,15	0,20	0,30	0,03	0,05	0,07	
Б1	1,26—1,75	0,60	1,20	—	0,07	—	—	0,04	—	Для переплавки на сталь в бессемеровском конвертере
Б2	0,70—1,25	0,50	0,80	—	0,07	—	—	0,06	—	
Т	0,20—0,60	0,80	1,30	—	1,6—2,0	—	—	0,08	—	Для переплавки на сталь в томасовском конвертере
Чугун передельный коксовый высококачественный чушковый (ГОСТ 805—57)										
ПВК1	1,26—1,75	До 1,0	1,01—1,75	0,020	0,025	0,03	0,015	0,020	0,025	Для переплавки на высококачественную сталь
ПВК2	0,76—1,25	„ 1,0	1,01—1,75	0,020	0,025	0,03	0,015	0,020	0,025	
ПВК3	До 0,75	„ 1,0	1,01—1,75	0,020	0,025	0,03	0,015	0,020	0,025	

Примечания. 1. Содержание углерода стандартом не нормируется, но обычно составляет 3,8—4,2%.
2. Кроме коксовых передельных чугунов, имеются передельные древесноугольные (ГОСТ 4831—49).

Таблица 21

Классификация литейных чугунов

Марка чугуна	Химический состав, %										Применение
	углерод	кремний	марганец, группа			фосфор, класс			сера, не более, категория			
			I	II	III	А	Б	В	Г	I	II	III	
Чугун литейный коксовый													
ЛК0	3,5—4,0	3,26—3,75					—	—	—	0,02	0,03	0,04	Для отливок серого чугуна
ЛК1	3,6—4,1	2,76—3,25					—	—	—	0,02	0,03	0,04	
ЛК2	3,7—4,2	2,26—2,75					—	—	—	0,03	0,04	0,05	
ЛК3	3,8—4,3	1,76—2,25	До 0,5	0,51—0,90	0,91—1,30	До 0,10	0,11—0,30	0,31—0,70	0,71—1,20	0,03	0,04	0,05	
ЛК4	3,9—4,4	1,25—1,75					—	—	—	0,04	0,05	0,06	
ЛК5	4,0—4,5	0,75—1,25					—	—	—	0,05	0,06	0,07	
Чугун литейный древесноугольный													
ЛД1	3,7—4,2	2,26—2,75	0,7—1,2	—	—		—	—	—	0,02	—	—	Для особо ответственных отливок серого чугуна
ЛД2	3,8—4,3	1,76—2,25	0,5—1,0	—	—	До 0,3	—	—	—	0,03	—	—	
ЛД3	3,9—4,4	1,25—1,75	0,5—1,0	—	—		—	—	—	0,03	—	—	
Чугун литейный специальный													
КК	3,3—4,1	1,00—1,50		0,2—0,6			—	—	—	0,03	—	—	Для отливок ковкого чугуна
КД1	3,8—4,1	0,71—1,50		0,1—0,4		До 0,1	До 0,15	—	—	0,03	—	—	
КД2	3,5—4,2	0,15—0,70		0,1—0,3			0,15	—	—	0,03	—	—	
ВК1	3,8—4,2	0,51—1,00	0,2	0,6	—	—	—	До 0,40	—	0,03	—	—	Для отливок валков прокатных станов
ВК2	3,8—4,2	0,10—0,50	0,2	0,6	—	—	—	„ 0,40	—	0,03	—	—	
ВД1	3,8—4,2	0,81—1,30	0,2	0,8	—	—	—	„ 0,40	—	—	0,06	—	
ВД2	3,8—4,2	0,30—0,80	0,2	0,8	—	—	—	„ 0,40	—	—	0,06	—	
ЧК	3,8—4,2	0,50—1,00	0,5	1,0	—	—	0,20	—	—	—	—	0,07	Для отливок вагонных колес с отбеленным ободом
ЛКА	3,3—3,8	2,75—3,75	0,5—0,4	—	—	—	0,35	0,60—0,90	—	0,025	—	—	Для отливок авиационных деталей

Примечания. 1. Содержание углерода дается примерно и не может служить основанием для браковки.
2. Древесноугольный чугун на группы, классы и категории не подразделяется.

Таблица 22

Классификация литейных природно-легированных чугунов [10]

Марка чугуна	Химический состав, %										
	кремний	марганец, группа		фосфор, не более	сера, не более, группа		хром			никель	другие элементы
		I	II		I	II	А	Б	В		
Чугун хромо-никелевый коксовый чушковый типа Халиловского (ЧМТУ 5003—53)											
ХЧ1	2,76 и более	До 1,0		0,3	0,03		1,61—2,20	2,21—2,80	2,81—3,80	0,6—1,0	—
ХЧ2	2,26—2,75				0,03						
ХЧ3	1,76—2,25				0,04						
ХЧ4	1,25—1,75				0,04						
Чугун хромо-никелевый коксовый чушковый Халиловский (ЧМТУ 3432—55)											
ЛХЧ1	2,76 и более	До 0,60	0,61—1,2	0,5	0,03	0,04	2,20—2,70	2,71—3,20	—	Не менее 1,0	—
ЛХЧ2	2,26—2,75										
ЛХЧ3	1,76—2,25	До 0,60	0,61—1,20	0,5	0,04	0,05	Не более 3,50	2,71—3,20	—	До 0,99 Не менее 0,50	—
ЛХЧ4	1,26—1,75										
ЛХЧ5	0,75—3,75										
ЛХЧ6	0,75—3,75										
Чугун хромо-никелевый древесноугольный чушковый из восточно-кимперайских руд (ЧМТУ 3433—53)											
ХНД2	Более 2,26	До 1,0		0,3	0,025		0,6—1,0	1,01—1,4	—	0,6—1,0	—
ХНД3	1,76—2,25				0,030						
ХНД4	1,26—1,75				0,040						
ХНД5	0,75—1,25				0,040						
Чугун хромо-никелевый коксовый из восточно-кимперайских руд (ЧМТУ 3433—53)											
ХНК2	Более 2,26	До 1,3		0,3	0,030		0,3—1,2	1,21—1,6	0,6—1,0	—	—
ХНК3	1,76—2,25				0,030						
ХНК4	1,26—1,75				0,040						
ХНК5	0,75—1,25				0,045						

Продолжение табл. 22

Марка чугуна	Химический состав, %										
	кремний	марганец		фосфор, не более	сера, не более		хром			никель	другие элементы
		группа			группа		А	Б	В		
		I	II		I	II					
Чугун бокситовый титановый чушковый (ТУ 1948)											
БТЛ3	1,76—2,25	0,4—1,0		0,3	0,03		До 0,5			—	0,6—1,0 титана
БТЛ4	1,26—1,75				0,04						
БТЛ5	0,75—1,25				0,04						
Чугун бокситовый титаново-медный чушковый (ТУ 1948)											
БТМЛ3	1,76—2,25	0,4—1,0		0,3	0,03		До 0,5			—	0,6—1,1 титана, более 2,0 меди
БТМЛ4	1,25—1,75				0,04						
БТМЛ5	0,75—1,25				0,04						
Чугун хромо-никелевый валковый древесноугольный (ТУ 634)											
ВДЛ1	0,81—1,3	До 1,0		0,4	0,06—1,0		—	—	—	Более 0,7	—
ВДЛ2	0,30—0,80	„ 1,0		0,4	0,06—1,0		—	—	—	„ 0,7	—
Чугун рафинированный чушковый (ЧМТУ ЦНИИЧМ13—58)											
ЛХЧР1	До 1,25	До 0,6		0,5	0,06	0,30—0,75	—	—	—	Более 1,0	—
ЛХЧР2	1,26—1,75	„ 0,6		0,5	0,06	До 1,75	—	—	—	„ 1,0	—
ЛХЧР3	Более 1,5	„ 0,8		0,5	0,06	1,76—2,7	—	—	—	„ 0,8	—
ЛХЧ (классный)	2,26—2,75	0,61—1,2		0,5	0,04	2,5—2,7	—	—	—	„ 1,0	—
ЛХЧ6	Более 1,25	0,60 и более		0,5	0,04	До 3,50	—	—	—	„ 0,5	—

Таблица 23

Классификация чугунного лома для вагранок (ГОСТ 2787—63) [10]

Класс качества	Вид чугунного лома	Вес кусков, *кг*	Наибольший и наименьший габарит кусков, *мм*	Степень чистоты	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера
I	Лом машинный; лом изложниц; лом прокатных валков	1—35	До 250×200×100 Толщина не менее 10 *мм*	I степень (отсутствие цветных металлов, ржавчины, безвредных примесей до 2,0%, стали менее 2,5%)	2,8—3,2 3,2—3,5 2,8—3,5	1,5—2,2 1,5—2,0 0,5—0,8	0,8—1,2 0,5—0,8 0,5—0,8	0,1—0,3 До 0,2 „ 0,4	0,08—0,12 0,08—0,12 0,10—0,14
II	Литники, прибыли, лом корпусных деталей; лом трубного литья; лом строительного литья	0,5—35	До 400×250×50 Толщина не менее 5—8 *мм*	I степень (то же, что и для I класса качества)	2,8—3,4 3,4—3,8 3,4—3,8	1,8—2,4 2,4—2,8 2,2—2,4	0,6—1,0 0,5—0,8 0,9—1,2	0,2—0,4 0,5—0,8 0,3—0,6	0,08—0,13 0,10—0,12 0,08—0,12
III	Литейный скрап; лом отопительного и печного литья и др.	0,5 и более	До 400×250×50	II степень (то же, что и для I и II класса качества, но количество безвредных примесей до 3,0%)	3,0—3,4 3,2—3,7	1,8—2,4 2,0—3,0	0,4—0,7 0,5—0,7	0,2—0,4 0,5—1,0	0,10—0,15 0,10—0,15

Таблица 24

Рекомендуемый вес, габарит, степень чистоты и химический состав кусков стального лома для плавильных печей [9]

Плавильные печи	Вес кусков, *кг*	Максимальный и минимальный габарит кусков, *мм*	Степеиь чистоты	Содержание элементов, %				
				углерод	кремний	марганец	фосфор	сера
Мартеновские	1—1000	1200×500×500 и 100×25×6	Металлы не должны содержать чугуна с окалиной, кусков, покрытых оловом, свинцом, никелем и эмалью; должны быть очищены от ржавчины, шлака, цемента, накипи, мазута и пр. Замусоренность допускается до 2% от веса металла	0,1—0,4	0,17—0,37	0,35—0,65	0,05	0,05
Электродуговые	2—800	600×350×250 и 25×10×25	Те же требования, что и для мартеновской печи, за исключением замусоренности, которая допускается только до 1%	0,1—0,4	0,17—0,37	0,35—0,8	0,05	0,05
Вагранки	До 35	250×100×200 и 20×8×10	Не допускаются проволока, тросы, канаты, сетки	0,6	До 0,4	0,5—0,8	0,09	0,07

Примечания. 1. Стружка до 5—6% от веса металла завалки дается насыпью. При большем количестве стружка обязательно должна брикетироваться.

2. Замусоренность при II-м классе допускается до 3%, при III-м классе — до 4%.

Таблица 25

Химический состав ферросплавов

Ферросплав, ГОСТ	Марка	Легирующие элементы, %	Остальные примеси, %
Ферросплавы электротермические			
Ферросилиций, 1415—61	Си 90, Си 75, Си 45	Кремний 95,0—43,0	Марганец до 0,8; хром до 0,5
Ферромарганец, 4755—49	Мн0, Мн1, Мн2, Мн3, Мн4	Марганец 80,0,76,0 —	Кремний до 2,0; фосфор до 0,45; углерод до 7,0
Силикомарганец, 4756—49	СиМн20, СиМн17, СиМн14	Кремний 20; марганец 65 » » 17—19,9 » 60 » » 14—16,9 » 60	Углерод не более 1,0; фосфор до 0,1 Углерод 1,75; фосфор 0,1 Углерод 2,5; фосфор 0,2
Зеркальный чугун, 5164—49	ЗЧ1, ЗЧ2, ЗЧ3	Марганец 25—10	Углерод до 5,0; кремний до 2,0
Феррохром, 4757—49	Хр0000, Хр000, Хр00, Хр0, Хр01, Хр1, Хр2, Хр3, Хр4, Хр5	Хром 65,0—60,0	Углерод до 8,0; кремний до 5,0
Ферровольфрам, 4758—55	В1, В2, В3	Вольфрам 70,0—65,0	Медь до 0,3; олово до 0,20
Ферромолибден, 4759—49	Мо1, Мо2, Мо3	Молибден 55,0	Кремний до 2,0; медь до 2,5
Феррованадий, 4760—49	Вд1, Вд2, Вд3	Ванадий не менее 35,0	Алюминий до 2,0; кремний до 3,5
Ферротитан, 4761—54	Ти1, Ти2, Ти3	Титан не менее 18,0	Кремний до 6,0; алюминий до 8,0; медь до 4,0
Силикокальций, 4762—49	КаСи0, КаСи1, КаСи2	Кальций + кремний 90,0—85,0	Алюминий до 3,0
Ферросплавы доменные			
Ферросилиций доменный, 5163—49	Си15, Си10	Кремний 9,0—20,0	Марганец до 3,0; углерод 1,0—2,0
Ферромарганец доменный, 5165—49	Мн5, Мн6	Марганец 76,0—70,0	Кремний до 2,0; фосфор до 0,45

Примечание. В соответствии с ГОСТ марка ферросплавов обозначается не латинскими, а русскими буквами.

Таблица 26

Первичные шихтовые материалы для выплавки цветных сплавов

Материал, ГОСТ	Марка сплава	Основные составляющие, %	Примеси, %	Назначение
Алюминий, 3549—55	АВ1, АВ2, А00, А0, А1, А2, А3	Алюминий 99,9—98,0	0,10—2,0	Для выплавки специальных высококачественных и обыкновенных сплавов
Силумин, 1521—50	СИЛ0, СИЛ1, СИЛ2	Алюминий 90,0—86,0	Кремний 10—13	Для выплавки силуминов
Медь, 859—41	М0, М1, М2, М3, М4	Медь 99,95—99,0	0,05—1,0	Для высококачественных сплавов, бронз и латуней
Никель, 849—56	Н0, Н2, Н3, Н4	Никель 99,99—97,6	0,5—2,5	Для легирования высококачественных сплавов и выплавки никелевых сплавов
Олово, 860—60	О1, О2, О3, О4	Олово 99,9—96,25	0,1—3,75	Для бронз, баббитов, припоев
Свинец, 3778—56	СВ, С0, С1, С2, С3, С4	Свинец 99,992—99,5	0,01—0,5	Для особо ответственных кислотоупорных и обычных сплавов
Магний, 804—62	Мг1, Мг2	Магний 99,9—99,85	0,1—0,15	Для ответственных и обычных сплавов
Марганец металлический, 6008—51	Мр00, Мр0, Мр2, Мр3, Мр4	Марганец 99,8—88,0	0,05—12,0	Для сплава магния, алюминиево-марганцевых бронз, латуней и других сплавов
Цинк, 3640—47	ЦВ, Ц0, Ц1, Ц2, Ц3, Ц4	Цинк 99,99—97,5	0,01—2,5	Для выплавки латуни, антифрикционных и типографских сплавов
Кремний кристаллический, 2169—43	Кр0, Кр1, Кр2, Кр3	Кремний 99,0—95,5	1,0—4,5	Для медных, силуминовых, алюминиевых, кремнистых сплавов
Бериллий металлический, ТУ Главредмета НКЦМ	Бер1, Бер2, Бер3	Бериллий 96,0—88,0	4,0—12,0	Для медно-бериллиевых и алюминиево-бериллиевых лигатур
Висмут, 10928—64	Ви1, Ви2	Висмут 99,5—96,0	0,5—4,0	Для химически стойких и легкоплавких сплавов
Кадмий, 1467—58	Кд0, Кд1, Кд2, Кд3	Кадмий 99,95—99,79	0,05—0,21	Для баббитов, припоев и различных кадмиевых сплавов
Сурьма, 1089—62	Су000, Су00, Су0, Су1, Су2	Сурьма 99,99—98,8 (в том числе свинец 0,4—1,0)	0,15—1,2	Для баббитов, типографских сплавов и аккумуляторов

Таблица 27

Составы вторичных цветных металлов

Сплав, ГОСТ	Марка сплава	Основной металл, %	Основные примеси, %	Назначение
Алюминий вторичный, 295—60	АЧ1, АЧ2Ф, АЧ2, АЧ3	Алюминий 96,5—87	От 3,5 до 13,5	Для подшихтовки алюминиевых сплавов
Дуралюминий вторичный, 1131—41	АВД1, АВД1-1, АВД2, АВД3	„ 96,0—94	Медь 2,5—5,0; магний до 1,0; марганец до 1,0	То же
Бронзы оловянные вторичные в чушках, 614—50	Бр.ОЦСН 3-8-1-1	Медь 86—77	13—22	Шихтовый материал для Бр.ОЦСН 3-7-5-1
	Бр.ОЦС 3-13-4	„ 84—73	15—16	Шихтовый материал для Бр.ОЦС 3-12-5
	Бр.ОЦС 5-6-5	„ 86,5—80	12,5—19	Шихтовый материал для Бр.ОЦС 5-5-5 и Бр.ОЦС 4-4-17
	Бр.ОЦС 6-7-3	„ 86—79	13—30	Шихтовый материал для Бр.ОЦС 6-6-3
	Бр.ОЦС 4-8-5	„ 85—78	14—23	Шихтовый материал для Бр.ОЦС 3,5-6-5
Бронзы оловянные вторичные литейные, 613—50	Бр.ОЦСН 3-7-5-1	Медь 88—78,5	12—21,5	Арматура для морской и пресной воды при давлении пара до 25 *кГ/см²*
	Бр.ОЦС 3-12-5	„ 87—75	13—25	Арматура для пресной воды при давлении пара до 25 *кГ/см²*
	Бр.ОЦС 5-5-5	„ 88—82	12—18	Антифрикционные детали
	Бр.ОЦС 4-4-17	„ 80,5—68,5	19,5—31,5	То же
	Бр.ОЦС 3,5—6,5	„ 88—82,5	12—17,5	Детали для тракторов
	Бр.ОЦС 6-6-3	„ 88—82	12—18	Антифрикционные детали
	ЛА 67-25	„ 63—68	3,4	Шихтовый материал для отливок ЛА 67-2,5
Латуни вторичные, 1020—48	ЛК	„ 76—81	2,8	Шихтовый материал для отливок ЛК 80-3Л
	ЛМцС	„ 55—60	2,5	Шихтовый материал для отливок ЛМцС 58-2-2
	ЛМцОС	„ 55—60	1,2	Шихтовый материал для отливок ЛМц ОС 58-2-2-2
	ЛС	„ 56—61	2,0	Шихтовый материал для отливок ЛС 59-1Л

Примечание. Кроме того, бронза (ГОСТ 614—50) может содержать другие примеси до 1,1%, а бронза (ГОСТ 613—50) до—1,3%.

Таблица 28

Состав лигатур для цветных сплавов

Лигатура	Марка лигатуры	Количество легирующей примеси, %	Составляющая
		Алюминиевые	
Алюминиево-кремнистая	АК15	Кремний 12—15	Алюминий
	АК25	» 20—30	
	АК50	» 45—55	
Алюминиево-медная	АМ50	Медь 45—55	»
	АМ33	» 30—35	
Алюминиево-магниевая	АМ10	Магний 9—11	»
Алюминиево-марганцовистая	АМн10	Марганец 9—11	»
Алюминиево-бериллиевая	АБ3,5	Бериллий 2—3	»
Алюминиево-никелевая	АН20	Никель 18—22	»
Алюминиево-железистая	АЖ10	Железо 9—11	»
	АЖ20	» 18—22	
Алюминиево-титанистая	АТ3	Титан 2—4	»
Алюминиево-медно-никелевая	АМи40-20	Медь 35—45 Никель 15—25	»
Алюминиево-медно-марганцевая	АММн40-10	Медь 35—45 Марганец 9—11	»
		Медные	
Медно-кремниевая	МК16	Кремний 15—17	Медь
	МК25	» 24—26	»
Медно-марганцовистая	ММц	Марганец 25—30	»
Медно-фосфористая	МФ1	Фосфор 10	»
	МФ2	» 8	
Медно-магниевая	ММг10	Магний 10—11	»
Медно-бериллиевая	МБ15	Бериллий 15	»
Медно-никелевая	МН15	Никель 12—18	»
	МН18	» 14—20	»
	МН25	» 20—30	»
	МН33	» 29—37	»

Примечание. Медные лигатуры имеют другие примеси от 0,3 до 6,6%.

Вторичными цветными металлами называются сплавы, полученные от переплавки отходов промышленности и лома, используемые для получения отливок среднего качества.

Лигатурой называется сплав, содержащий, кроме основного металла, некоторое количество легирующего вещества, более тугоплавкого, труднорастворимого и легкоокисляющегося. Лигатура дает возможность улучшить усвоение легирующего вещества жидким металлом. Лигатуры с высоким содержанием раскисляющих веществ применяются для раскисления.

Раскислителями называются сплавы с высоким содержанием легкоокисляющегося элемента, которые добавляются в жидкий металл для снижения количества окислов (табл. 29).

Таблица 29

Основные виды раскислителей [14], [22]

Сплавы	Раскислители	Состав раскисляющих примесей, %
Сталь	Силикошпигель	12 Si, 21 Mn, Fe—остальное
	Зеркальный чугун	(10—25) Mn
	Ферромарганец	(40—70) Mn
	Ферросилиций	(45—90) Si
	Алюминий	99,8 Al
	Сплав АМС	20 Al, 40 Mn, 40 Si
Чугун	Силикокальций	(23—31) Ca, (50—60) Si
	Ферросилиций	(45—90) Si
	Ферромарганец	(40—70) Mn
	Алюминий	99,8 Al
	Сплав АМС	20 Al, 40 Mn, 40 Si
Алюминиевые сплавы	Хлористый калий	KCl
	Хлористый магний	$MgCl_2$
	Фтористый натрий	NaF
	Фтористый кальций	CaF_2
	Хлор	Cl_2
	Хлористый цинк	$ZnCl_2$
	Флюс ВИ-45	45 NaCl+40 NaF+15Na_3AlF_6

Продолжение табл. 29

Сплавы	Раскислители	Состав раскисляющих примесей, %
Медные сплавы	Фосфористая медь	(10—15) P
	Кремнистая медь	20 Si
	Бериллиевая медь	(1,5—3,0) Be
	Карбид бора (кальция)	B_6C
Магниевые сплавы	Хлористый магний	$MgCl_2$
	Карналлит	Na_3AlF_6
	Смесь хлористого магния с фтористым кальцием	50 $MgCl_2$+50CaF_2
	Флюс ВИ-2	4 NaCl+37 KCl+ +4 CaF_2+1,5 MgO+ +42 $MgCl_2$+4 $CaCl_2$+ +6,5 $BaCl_2$

2. ТОПЛИВО

Общая классификация топлива приведена в табл. 30, а в табл. 31, 32, 33 даны характеристики твердого, жидкого и газообразного топлива.

Таблица 30

Классификация технического топлива

Физическое состояние	Естественное топливо	Искусственное топливо
Твердое	Дрова, торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, сланцы	Древесный уголь, кокс, каменноугольная пыль, термоантрацит
Жидкое	Нефть	Мазут, каменноугольная смола
Газообразное	Нефтяной или природный газ	Газы—коксовальный, доменный, генераторный, смешанный

Таблица 31

Характеристика твердого топлива [25], [24]

Топливо	Среднее содержание, %				Теплотворная способность, *ккал/кг*	Насыпной вес, *кг/м³*
	углерод горючий	сера, не более	влага W, не более	зола A, не более		
Дрова	50,0	—	35,0	1,0	2700	340—420
Торф	57,8	0,3	40,0	11,0	2560	380—420
Бурый уголь	67,0	5,4	32,0	35,0	2540	700—800
Каменный уголь Д	75,0	5,8	12,0	22,5	5880	850—950
Каменный уголь ПЖ	85,0	2,0	6,0	20,0	5580	
Каменный уголь Т	90,0	1,4	5,0	18,0	6820	
Антрацит	93,0	2,2	6,0	14,0	6540	950—980
Горючие сланцы	73,5	5,0	12,0	50,0	2040	700—800
Древесный уголь	88,0	—	6,0	1,2	6640	150—200
Кокс:						
литейный	96,5	1,2	4,0	13,0	6620	450—500
металлургический	95,5	1,4	4,0	13,0	6870	450—470
термоантрацит	98,0	1,0	1,5	6,0	7500	850—950

Примечание. Размер кусков твердого топлива должен быть 20—100 *мм*.

Таблица 32

Характеристики мазута топливного (ГОСТ 10585—63)

Мазут	Содержание, %				Теплотворная способность, *ккал/кг*	Рекомендуемая температура подогрева, °С
	углерод	водород	сера	влага *W*		
Малосернистый (флотский) .	86,5—87,8	12,5—10,7	0,5—0,7	До 1,2	9240—9850	55—70
Сернистый (топливный) . . .	85,0—85,3	11,0—11,8	2,5—3,2	» 2,0	9280—9620	55—95

Примечание. Температура застывания топливного мазута от +5 до +25° С.

Мазут по сравнению с твердым топливом более удобен для отопления производственных печей, так как позволяет механизировать и автоматизировать процесс нагрева, регулировать температуру печей, получать более высокие температуры, улучшает коэффициент полезного действия и санитарно-гигиенические условия в цехе. Отопление мазутом обходится дороже, при неумелом использовании он взрывоопасен, может давать коптящее пламя.

В последнее время в целях экономии мазута используют коллоидное топливо, т. е. мазут с добавкой 35—40% каменноугольной пыли, оно сохраняет все преимущества жидкого топлива и в то же время экономичней.

Газообразное топливо более удобно, чем жидкое, поскольку не дает золы и пыли, но взрывоопасно. Применяется оно в основном для различных сушильных установок, нагревательных термических, мартеновских печей, а также при плавке цветных сплавов.

Таблица 33

Характеристика газообразного топлива [21], [24]

Газы	Состав газа в весовых процентах							Теплотворная способность,* ккал/нм³	Вес 1 нм³, кг
	горючие составляющие				негорючие составляющие				
	окись углерода CO	водород H_2	метан CH_4	прочие углеводороды	азот N	углекислота	кислород O_2		
Естественные									
Саратовский	—	1,8	94,3	2,7	3,3	0,2	—	8534	0,765
Дашавский (УССР)	—	—	97,9	0,8	1,2	0,1	—	8498	0,731
Ухтинский (Коми АССР)	—	—	93,0	1,2	5,6	0,2	—	8134	0,758
Из нефтяных скважин									
Азнефть	—	—	89,8	4,2	—	5,0	—	8704	0,686
Дагестанское	—	—	75,0	19,0	4,0	2,0	—	10600	0,998
Майкопское	—	—	93,2	5,6	1,0	0,2	—	9225	0,746
Бугурусланнефть	—	—	71,7	7,9	10,0	0,8	—	9529	0,984
Паровоздушные генераторные**									
Из древесины (щепы)	29,0	14,0	3,0	0,4	46,9	6,5	0,4	1547	1,222
Из торфа (машинно-формовочного)	28,0	15,0	3,0	0,5***	45,3	8,0	0,2	1548	1,121
Из бурого угля (челябинского)	30,0	13,0	2,0	0,4***	49,4	5,0	0,2	1449	1,128
Из антрацита (донецкого)	27,5	13,5	0,5	0,2***	52,6	5,5	0,2	1230	1,135
Из газовых углей	26,5	13,5	2,3	0,6***	51,9	5,0	0,2	1402	1,122

*Теплотворная способность газа относится к 1 $м^3$ при нормальных условиях (0°С и 760 *мм рт. ст.*), условное обозначение—1 $нм^3$.
**Указан состав сухих газов, включая сероводород.
***Прочие углеводороды, включая сероводород.

Таблица 34

Характеристика ваграночного топлива [24]

Топливо, ГОСТ	Химический состав, %					Количество летучих веществ, %	Пористость	Теплотворная способность топлива, *ккал/кг*	Теоретический расход воздуха на 1 *кг* топлива, $м^3$
	углерод	водород	примесей, не более: сера	зола *A*	влага *W*				
Кокс литейный, 3340—60 .	88—90	0,7	1,4	14,0	4,0	До 1,5	40—45	6600—6800	7,3
Кокс металлургический донецкий, 513—63	87—90	0,7	1,75	12,0	4,0	„ 2,0	50—55	6800—7000	7,6
Кокс металлургический восточный, 2014—53 . .	87—90	0,8	1,0	15,0	4,0	„ 1,5	50—55	6300—6500	7,2
Термоантрацит литейный, 7749—55	95,0—98,0	0,3	1,75	6,5	1,0	„ 0,7	2—5	7200—7500	8,2
Литейный антрацит, 10943—64	87—90	1,5	1,75	6,0	3,0	„ 3,5	1,2	7000—7200	8,1
Торфяной кокс, 10741—64 .	85—88	3,5	0,2	9,0	5,0	„ 6,0	50—60	6450	7,4
Тощий каменный уголь, 8183—56	85—90	4,2	1,5	15,0	4,0	„ 7,0	3—4	6500—6700	7,6

3. ФЛЮСЫ

Флюсы служат для образования жидких шлаков из золы топлива, окислов металлов, посторонних примесей (песка, глины) и расплавленной футеровки при плавке металлов.

В качестве флюсов для черных металлов (табл. 36) применяются известняк, плавиковый шпат, основной мартеновский шлак, кварцевый песок, доломит.

Для ускорения окисления примесей в стали применяются окислители — железные, марганцевые руды и кузнечная окалина (табл. 35).

Таблица 35

Окислители для стали

Материал	Химический состав, %				
	окись железа Fe_2O_3	окись марганца MnO_2	фосфор P	сера S	прочие примеси
Криворожская руда	86—91	0,1—0,3	0,025—0,030	0,05—0,06	9,0—14,0
Магнитогорская руда	77—87	0,2—0,4	0,025—0,040	0,025—0,15	13,0—23,0
Байкальская руда	76—82	1,4—2,5	0,015—0,025	0,014—0,03	16,0—22,0
Марганцевая руда	3—5	75—80	0,2	0,07	15,0—20
Окалина кузнечная	65—75	—	0,04	0,02	25—35

В качестве окислителя при плавке стали применяется также газообразный кислород, подаваемый в печь или в ванну через специальные водоохлаждаемые фурмы (острое дутье) или добавляемый при дутье для повышения кислорода в воздухе до 27—35%, что значительно ускоряет процесс выжигания примесей при рафинировании металла. Кроме того, окисление металла может происходить печными газами, содержащими избыточный кислород, пары воды (H_2O) и углекислый газ (CO_2). Увеличение количества окиси углерода (CO) и водорода (H_2), наоборот, уменьшает окисляющую способность печных газов.

Таблица 36

Флюсы, применяемые при плавке чугуна и стали [25]

Флюс	Химический состав, %						
	окись кремния SiO_2	окись кальция CaO	окись магния MgO	окись алюминия Al_2O_3	окись железа Fe_2O_3-FeO	углекислый газ CO_2	прочие примеси
Известняк металлургический . . .	0,5—1,0	49—54	0,2—0,3	0,2—0,3	До 0,8	38—44	2—3
Доломит обожженный	6—12	48—52	28—32	2,0—3,0	0,5—2,0	44—47	8—12
Плавиковый шпат	5—20	До 1,0	—	До 0,2	—	—	75—92 (CaF_2)
Апатито-нефелиновая руда	6—15	35—42	2—4	5—10	0,4—0,6	—	29—32
Основной мартеновский шлак . . .	20—25	35—50	3,0—7,0	2—5	8—15	—	10—14
Кварцевый песок	95—98	0,1	—	2—5	—	—	—

Таблица 37

Состав флюсов при плавке цветных сплавов [19], [22]

Сплавы	Состав флюса
Медные	Плавиковый шпат 40% Кварцевый песок 40% Кальцинированная сода 20%
Оловянные бронзы	Плавиковый шпат 75% Окись натрия 24% Серный ангидрид 1%
Алюминиевые бронзы	Бой стекла 37% Бура 63%
Латунь	Криолит 100%
Алюминиевые: ВИ-45	Хлористый натрий 45%, фтористый натрий 40%, криолит 15%
ВИ-45	Хлористый натрий 25%, фтористый натрий 60%, криолит 15%
Переплавка отходов алюминия	Хлористый натрий 85%, фтористый кальций 15%
Магниевые: ВИ-2	Хлористый натрий до 4%, хлористий калий 32—40%, фтористый кальций 3—5%, окись магния до 1,5%, хлористый магний 38—46%, хлористый кальций до 4%, хлористый барий 5—8%
ВИ-3	Хлористый натрий до 4%, хлористый калий 25—96%, фтористый кальций 15—20%, окись магния 34—40%, хлористый кальций 4%

4. ОГНЕУПОРНЫЕ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Огнеупорными называются строительные материалы, выдерживающие без разрушения и оплавления высокие температуры и применяемые для футеровки печей и ковшей, а также для изготовления полупостоянных литейных форм.

В зависимости от температуры начала размягчения огнеупоры делятся на четыре группы, указанные в табл. 38.

Таблица 38

Группы огнеупорности (ГОСТ 4385—48)

Наименование групп	Температура размягчения, °С
Низкоогнеупорные	1350—1580
Средней огнеупорности	1580—1770
Высокоогнеупорные	1770—2000
Высшей огнеупорности	Более 2000

Для обеспечения длительной работы печи огнеупоры должны обладать высокой огнеупорностью, достаточной прочностью при сжатии при комнатной и рабочей температуре; термической стойкостью, т. е. способностью переносить без разрушения резкие колебания температуры (тепловые удары); высокой химической стойкостью, т. е. не вступать в реакцию с металлом, его примесями и окислами, шлаком и газами.

Теплоизоляционными называются строительные материалы, обладающие низкой теплопроводностью и используемые в качестве прокладок между кожухом и внутренней кладкой печи для снижения потерь тепла (табл. 39).

Стенки печи, как правило, делаются многослойными.

Первый внутренний слой состоит из материалов повышенной огнеупорности, так как при работе он выдерживает значительный нагрев, химические и механические воздействия металлов, шлаков и газов. Этот слой делается из динаса, магнезита, шамота класса А, кварца или магнезитовой набивки.

Второй огнеупорный слой обеспечивает прочность кладки при рабочих температурах. При работе печи он нагревается меньше, но испытывает значительные механические нагрузки. Изготовляется он из материалов с меньшей огнеупорностью, но повышенными механическими свойствами шамота Б, полукислого или высокоглиноземного кирпича, в мартеновских и электродуговых печах — также из динаса или магнезита.

Третий теплоизоляционный слой служит для снижения температуры нагрева кожуха, он состоит из пеношамота, асбеста, диатомита и других теплоизоляционных материалов. В некоторых случаях его заменяют засыпкой из сухого кварцевого песка или древесноугольной золы.

Четвертым слоем является кожух из листовой стали, скрепленной жестким каркасом из уголкового проката или швеллеров.

Таблица 39

Классификация огнеупорных и теплоизоляционных материалов [24]

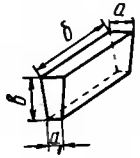
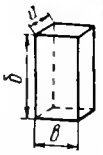
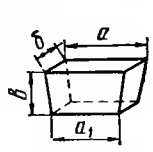
Группа	Материал, ГОСТ	Вес одного нормального кирпича, кг; размер зерен	Огнеупорность, °С, не ниже	Температура размягчения, °С, не ниже	Химический состав (основные составляющие), %	Сопротивление действию шлака	
						кислых	основных
			Огнеупорные				
Кремнекислые	Динас, 4157—48	3,30	1710—1690	1600—1620	SiO_2 не менее 93; Al_2O_3 до 0,1 CaO 3—4	Высокое	Очень низкое
Кремнекислые	Кварцевый песок класса 2К, 2138—56	Не менее 70% зерен на ситах 50, 70, 100	Не менее 1720	—	SiO_2 не менее 96; Al_2O_3 не более 2,0; Fe_2O_3 не более 1,0	Высокое	Очень низкое
Полукислые	Полукислый, 4873—49	3,25	1710 1670 1610	1400 1300	SiO_2 не менее 65; $Al_2O_3+TiO_2$ не менее 30	Высокое	Очень низкое
Глиноземистые	Шамот, 8691—58 и 390—54	3,20	1730 1670 1580	1200	Al_2O_3 не менее 30; остальное SiO_2	Высокое	Низкое
Глиноземистые	Огнеупорная глина, 3226—57	—	Не менее 1530	—	SiO_2 не более 2,65; $CaO+MgO$ не более 2; $K_2O+Na_2O_3$ не более 3; остальное Al_2O_3	Среднее	Низкое
Основные	Магнезит, 4689—63	4,5	Не менее 2000	1500	MgO не менее 91; остальное CaO, Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2, но не более 3 каждого в отдельности	Низкое	Высокое

Продолжение табл. 39

Группа	Материал, ГОСТ	Вес одного норм. кирпича, *кг*; размер зерен	Огнеупорность, °С, не ниже	Температура размягчения, °С, не ниже	Химический состав (основные составляющие), %	Сопротивление действию шлака	
						кислых	основных
Основные	Хромомагнезит, 5381—50	5,0	Не менее 2000	1460	MgO не менее 42; Cr_2O_3 не менее 15	Низкое	Высокое
Основные	Магнезитовый порошок марки МПЭ, ТУ 260—44	Не менее 75% зерен, 0,8—8 *мм*	Не менее 1800	—	MgO не менее 88; CaO не более 4; SiO_2 не более 4	Низкое	Высокое
Нейтральные	Графитовые, 3782—54	—	2000	1800	50,0—95,0 с графитом	—	Высокое
	Карборундовый, 10153—62	—	2000	1500	80,0—45,0 SiC	—	—
			Теплоизоляционные				
Диатомовые	Диатомовый (трепельный), 2894—52	1,0	До 900	—	SiO_2 не менее 96	—	—
Глиноземистые	Шамотный легковесный, 5040—58	Объемный вес 0,6—0,3 *г/см*³	1750 1670 1610	1250 1400 —	Состав полукислого шамотного огнеупора	—	—
—	Асбест (по практическим данным)	0,6	700	До 500	Соединения магния, кремния и кальция	—	—

Таблица 40

Форма и размеры огнеупорных шамотных и полукислых изделий, применяемых для футеровки вагранок (ГОСТ 3272—46)

Форма	Марка	Размеры, *мм*				Объем, *см*³	Вес, *кг*
		а	$а_1$	*б*	*в*		
	ВГ-1*	—	45	—	—	1430	2,7
	—	65	—	230	113	—	—
	ВГ-2*	—	55	—	—	1560	3
	ВГ-3*	65	—	230	113	1690	3,2
	ВГ-4**	230	195	—	—	1990	3,8
	—	—	—	75	125	—	—
	ВГ-5**	210	170	—	—	1780	3,5

* Для футеровки вагранок с внутренним диаметром до 1250 *мм*.
** Для футеровки вагранок с внутренним диаметром 600—850 *мм*.

Таблица 41

Отклонение размеров и дефекты внешнего вида огнеупорных изделий, применяемых для футеровки вагранок (ГОСТ 3272—46)

Дефект	Величина отклонения, *мм*	
	Сорт	
	I	II
Отклонение размеров, не более, по		
длине	±4	±5
ширине	±3	±4
толщине	±2	±3
Кривизна (стрела прогиба)	2	3
Отбитые углы (глубина)	5	8
Отбитые и притупленные ребра (глубина)	4	6
Выплавка (диаметр)	3	5
Ошлакованность	Не допускается	Допускается только на поверхности изделий, обращенных к кожуху
Посечки шириной до 0,5 *мм*	Допускаются отдельные длиной до 15 *мм*	Допускаются длиной до 30 *мм*, если не имеют характера сетки
Трещины шириной 0,5—1 *мм*	Не допускаются	Допускаются отдельные длиной до 2 *мм*

5. ПЛАВИЛЬНЫЕ ПЕЧИ И ПЛАВКА МЕТАЛЛОВ

В табл. 42 приведены характеристики плавильных печей, применяемых в литейном производстве.

Плавка стали

В современных сталелитейных цехах плавку стали проводят в малых бессемеровских на воздушном дутье, мартеновских, дуговых электрических, высокочастотных индукционных электрических и кислородных конвертерах.

В зависимости от загрязнения шихты серой и фосфором при плавке стали применяют основной или кислый процесс.

Основной процесс проводится в печах, ванны которых футерованы магнезитовым кирпичом и магнезитовой или доломитовой набивкой. В этом процессе участвуют основные шлаки с избытком CaO, которые вступают в соединение с серой и фосфором и тем самым препятствуют попаданию этих примесей в металл.

Кислый процесс проводится в печах, ванны которых футерованы динасом или наварены из кварцевого леска. В этом процессе участвуют шлаки с большим содержанием свободного SiO_2, что способствует лучшему раскислению металла, сера и фосфор при этом не удаляются.

В табл. 44 приведен примерный расход материалов в килограммах на выплавку 1 *т* жидкой стали в различных печах.

Процесс выплавки стали состоит из загрузки и плавки шихты, рафинирования и раскисления металла.

Загрузка шихты

Для ускорения процесса плавки и уменьшения угара на под печи загружают вначале мелкий стальной лом и стружку, затем крупный стальной лом и сверху чугунный лом.

В электропечах для устойчивого горения дуги под электроды подкладывают крупные куски кокса.

Плавка шихты

Чтобы уменьшить угар металла, плавку шихты следует вести быстро. В этот период в печь подается большое количество топлива или большая мощность (к электропечам). По мере расплавления шихты в печь загружаются флюсы. Для образования защитного слоя из шлака и ускорения выжигания примесей добавляют небольшие порции железной руды.

Рафинирование металла

Процесс выжигания примесей или рафинирование металла зависит от температуры, количества примесей и наличия свободной закиси железа FeO.

В начале процесса в холодной печи происходит активное окисление железа и фосфора, поэтому сразу после расплавления производят скачивание первого железистого шлака с большим содержанием фосфора. Затем наводят второй шлак и в ванну добавляют железную руду для ускорения окисления кремния и марганца. Выгорание углерода обычно начинается тогда, когда в ванне других примесей остается немного. При высоких температурах углерод в металле окисляется до угарного газа CO, который, прорываясь через слой шлака, окисляется на поверхности до CO_2, создавая впечатление «кипения» металла.

Окончание бурного «кипения» показывает, что углерод в металле почти весь выгорел. В основных печах одновременно с выгоранием углерода в шлак активно переходит сера. Поэтому сразу после «кипения» шлак с большим содержанием серы удаляют. В печах с кислой футеровкой для предохранения кладки от разрушения руда присаживается в меньшем количестве и в малых порциях, а шлаки наводятся с большим содержанием кремнезема SiO_2.

Таблица 42

Плавильные печи

Характеристика плавильных печей

Сплав	Плавильные печи	Емкость или садка печи, *т*	Производительность печи, *т/ч*	Продолжительность плавки, *ч*	К. п. д., %	Максимальная температура нагрева, °С	Средний угар, %	Вид топлива или энергии
Сталь	Мартеновские	6—100	8—12	6—12	16—18	1650	6—8	Газ, мазут
	Малый конвертер	3—5	12—20	0,15—0,20	25—30	1700	10—12	—
	Кислородный конвертер	40—60	60—80	0,65	34—36	1750	10—12	Технический кислород
	Дуговая электропечь	1—15	1—4	4—6	50—55	1700	4—6	Электроэнергия
	Высокочастотная электрическая печь	0,06—2,0	0,1—4,0	0,5—1,0	50—55	1700	3—4	»
Серый чугун	Вагранка	—	1,5—20	8—16	40—50	1420	4—6	Кокс, антрацит, термоантрацит, природный газ
	Дуговая электропечь	0,25—30	3,0—25	—	50—55	1500	2—3	Электроэнергия
Ковкий чугун	Вагранка	—	3—8	8—16	40—50	1420	4—6	Кокс, антрацит
	Пламенная печь	15—20	3—15	3—5	30—35	1500	10—12	Мазут, газ
	Электродуговая печь	10—20	3—6	0,6—1,5	55—60	1500	7—8	Электроэнергия
Бронза	Электродуговая печь	0,5—2,0	0,2—2,0	1,0—3,0	55—60	1100	4—5	»
	Индукционная печь низкой частоты	0,2—1,5	0,3—2,0	0,6—1,0	75—80	1100	2—3	»
	Тигель	0,1—0,5	0,1—0,5	0,3—1,0	3—6	1050	2—3	Газ, мазут
	Пламенная печь	0,3—2,0	0,1—0,5	1,0—3,0	8—12	1100	8—10	То же
Латунь	Электродуговая печь	0,5—2,0	0,25—2,5	0,8—2,5	55—60	1100	5—6	Электроэнергия
	Индукционная электропечь	0,2—1,5	0,5—2,5	0,6—1,0	75—80	1100	2—3	»
	Тигель	0,1—0,5	0,15—0,60	0,3—1,0	3—6	1050	5—6	Газ, мазут
	Пламенная печь	0,3—2,0	0,15—0,60	0,8—2,5	8—12	1000	10—14	То же
Алюминий	Электропечь сопротивления	0,15—1,2	0,1—2,0	0,3—0,6	60—65	750	4—5	Электроэнергия
	Тигель	0,1—0,3	0,1—0,25	0,8—1,2	4—7	750	3—4	Газ, мазут
	Индукционная низкочастотная электропечь	0,2—0,6	0,1—0,5	0,3—1,0	70—72	750	2—3	Электроэнергия
Магний	Тигель электрический	0,250—2,0	0,3—0,5	4—6	40—70	750	4—7	»
	Электропечь сопротивления	0,05—0,2	0,1—0,5	0,6—1,0	45—50	750	4—7	»
Цинк	Тигель	0,05—0,1	0,3—0,5	0,3—1,0	10—12	450	8—10	Все виды топлива
	Электропечь сопротивления	0,05—0,2	0,3—0,6	0,3—1,0	50—60	450	8—10	Электроэнергия

Таблица 43

Краткая характеристика методов плавки стали для фасонного литья [28], [9]

Метод плавки	Основной источник тепла	Метод окисления примесей	Состав металлической части шихты	Назначение
Мартеновская печь (рис. 3):				
основной скрап-процесс	Жидкое или газообразное топливо	Кислород из печных газов, присадка руды в ванну	Стальной скрап; ферросплавы	Качественное стальное литье всех видов
основной скрап-рудный процесс		То же	Стальной скрап; чугун жидкий или твердый; ферросплавы	То же
кислый скрап-процесс		Кислород из печных газов	Качественный стальной скрап; ферросплавы	Высококачественное стальное литье
Дуговые печи (рис. 4):				
основной скрап-процесс	Электрическая дуга	Кислород, присадка руды в ванну	Стальной скрап; ферросплавы	Высококачественное литье всех видов, в частности из легированных сталей
кислый скрап-процесс				

Малый конвертер с кислой футеровкой (рис. 5)	Расплавленный металл; окисление углерода, кремния и марганца	Кислород воздуха, присадка руды в ванну	Жидкий чугун из активного миксера или вагранки	Неответственное крупное литье из мягкой стали
Высокочастотные индукционные электропечи (рис. 6):				
основной скрап-процесс	Индуктированный электрический ток	То же	Стальной скрап; ферросплавы	Высококачественное мелкое литье специальных сталей
кислый скрап-процесс				
Кислородный конвертер с основной футеровкой	Расплавленный металл, окисление углерода, кремния и марганца	Продувка технического кислорода через жидкий шлак и металл в ванне	Жидкий передельный чугун с 30—40% стального скрапа	Качественное стальное литье всех видов

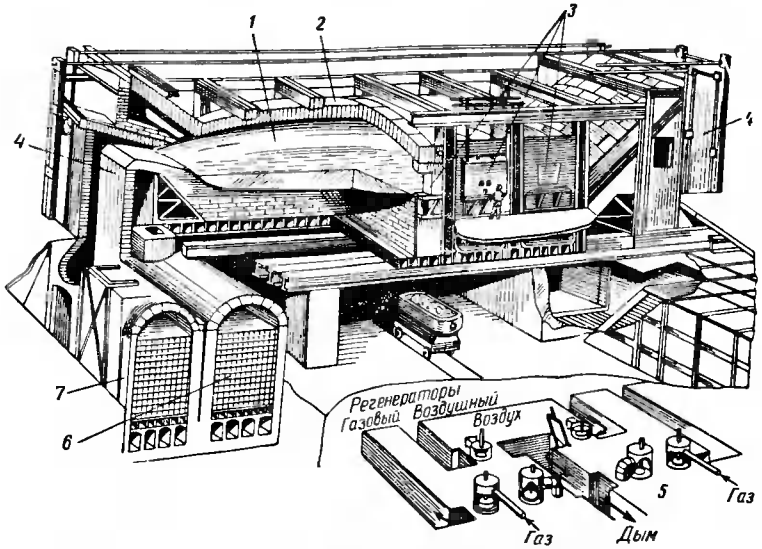


Рис. 3. Мартеновская печь:
1 — рабочее пространство, *2* — свод, *3* — садочные окна, *4* — головка, *5* — клапаны переключения регенераторов, *6* — воздушный регенератор, *7* — газовый регенератор

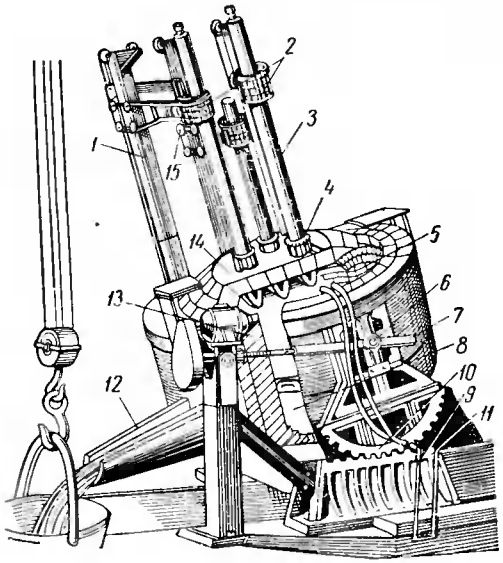


Рис. 4. Электродуговая печь:
1 — стойка электрододержателя, *2* — электрододержатель, *3* — электрод графитовый, *4* — сводовые холодильники, *5* — окно для загрузки шихты, *6* — ходовая гайка, *7* — ходовой винт, *8* — жидкий металл, *9* — трубы для подачи охлаждающей воды, *10* — опорный сектор, *11* — опорная рейка, *12* — выпускной желоб, *13* — футеровка, *14* — свод, *15* — каретка электрододержателя

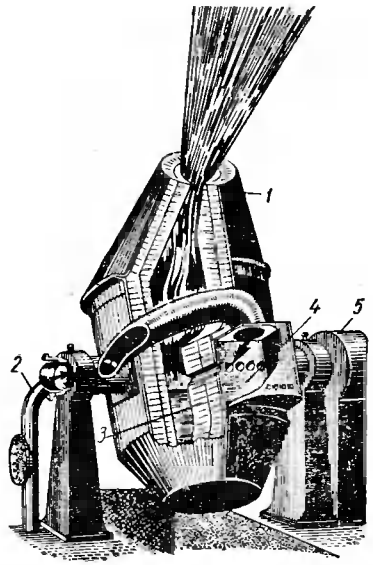


Рис. 5. Малый конвертер с кислой футеровкой для выплавки стали:
1 — реторта, *2* — воздухопровод, *3* — огнеупорная футеровка, *4* — воздушная коробка, *5* — привод

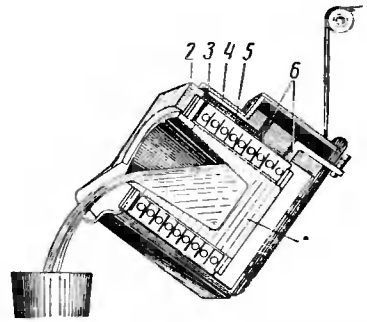


Рис. 6. Высокочастотная индукционная электропечь:
1 — набивной магнезитовый или кварцитный тигель, *2* — верхняя плита, *3* — индуктор, *4* — кожух, *5* — теплоизоляция, *6* — водоохлаждаемые токоподводящие провода

Раскисление металла

После удаления сернистого шлака наводят третий раскисляющий шлак — известковый. Для раскисления металла в ванну добавляют доменные ферросилиций и ферромарганец и начинают доводку металла по химическому составу, для чего добавляют соответствующие присадки из ферросплавов.

Химический состав и качество металла контролируют экспресс-анализами, спектральным анализом и с помощью специальных проб на излом, проковку и загиб.

Параллельно тщательно контролируют температуру металла и шлака в печи и затем проводят вторичное раскисление присадкой ферросплавов с высоким содержанием кремния и марганца.

В кислых печах в шлак добавляют небольшое количество кокса или древесного угля, что ведет к восстановлению кремния из SiO_2 и раскислению металла (кремний-восстановительный процесс).

Окончательное раскисление проводят при выпуске металла в ковш. Для этого добавляют небольшое количество алюминия или комплексного раскислителя АМС (алюминий-марганец-кремний).

Таблица 44

Расход материалов в килограммах на выплавку 1 *т* жидкой стали [9]

Материал	Вагранка и малая бессемеровская печь	Мартеновская печь			Дуговая электропечь		Высокочастотная печь кислая или основная
		основной скрап-процесс	основной скрап-рудный процесс	кислый скрап-процесс	основной скрап-процесс	кислый скрап-процесс	
Стальной скрап	50	890	470	940	880	950	1000
Чугун (скрап или жидкий)	1050	100	470	60	100	60	20
Ферросплав	75	40	40	30	30	20	20
Железная или марганцевая руда	10	40	60	30	50	10	—
Всего	1185	1070	1040	1060	1060	1040	1040
Известняк	20	60	60	10	50	2	5
Кварцевый песок	10	10	10	30	10	20	3
Плавиковый шпат	3	5	5	3	5	3	2
Всего	33	75	75	43	65	25	10
Огнеупоры:							
шамотный кирпич	50	60	50	60	40	50	—
динасовый кирпич	50	30	30	20	25	50	20
магнезит	—	30	30	—	30	—	—
глина огнеупорная	25	25	25	25	25	25	10
Электроды графитовые	—	—	—	—	7	6	—
Всего	1343	1290	1250	1208	1252	1196	1080
Угар металлов при плавке, %	16—18	6—8	8	6	5—6	4—5	3—4

При выплавке стали в конвертерах в реторту заливают жидкий чугун, загружают стальной скрап, флюсующие материалы и производят продувку в течение 15—40 *мин* воздухом или кислородом. При этом выгорают практически все примеси. Затем металл выпускают в ковш, где производят его раскисление и доводку по химическому составу.

В электрических кислых печах шихта подбирается так, чтобы не приходилось выжигать излишние примеси; процесс сводится только к переплавке.

Плавка чугуна и характеристика вагранок

Вагранки

Наиболее рациональной и экономичной печью для плавки чугуна является вагранка.

Вагранка (рис. 7) состоит из горна, занимающего пространство от лещади до нижнего ряда фурм; фурменного пояса, состоящего из фурм и воздушной коробки; шахты, копильника и трубы, расположенной в верхней части вагранки выше загрузочного окна, с искроуловителем.

При выплавке чугуна в вагранке можно различить пять зон, характеристика которых приведена в табл. 45 и 46.

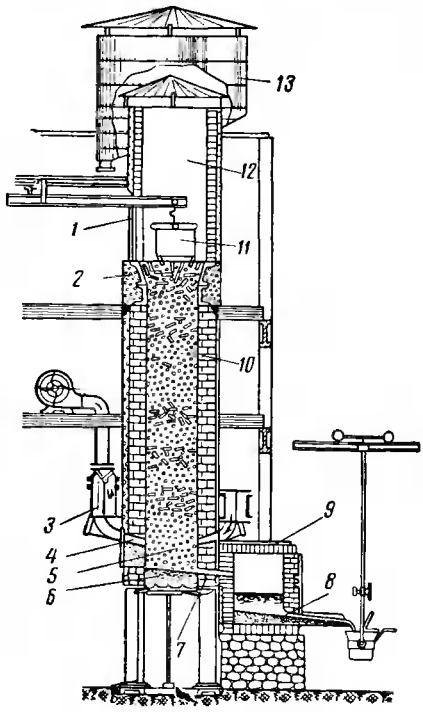


Рис. 7. Вагранка:
1 — загрузочное окно, *2* — защитная чугунная футеровка, *3* — воздушная коробка, *4* — фурмы, *5* — горн, *6* — набивная подина, *7* — ходовая летка, *8* — летка копильника, *9* — копильник, *10* — шахта с шихтой, *11* — загрузочная бадья, *12* — труба, *13* — искроуловитель

Высота холостой колоши 800—900 *мм* выше уровня фурм.

Расход топлива 8—10% от веса металлической завалки. Расход флюса 30—35% от веса топлива. Футеровка вагранок из шамотного кирпича. Загрузка производится шаржирным краном.

В последнее время получили распространение следующие разновидности вагранок.

Вагранки с обогащением дутья кислородом, в которых обогащение дутья кислородом (3—6 $м^3$ кислорода на 1 *т*

Таблица 45

Характеристика основных зон вагранки [10]

Наименование зон и температура, °С	Высота зоны, *м*	Процесс, происходящий в зоне
I—зона подогрева шихты, 1200—400	1,2—1,5 ниже загрузочного окна	Подогрев шихты, удаление влаги и летучих веществ из топлива
II—зона плавильная, 1400—1200	0,3—0,5 над верхним уровнем холостой колоши	Плавка металла, образование шлаков
III—зона восстановления, 1600—1300	0,5—0,8 верхней части холостой колоши	Прекращение горения топлива из-за недостатка кислорода, активное восстановление CO_2 до CO
IV—зона окислительная или зона горения, до 1600	0,2—0,3 выше нижнего ряда фурм	Активное горение топлива с образованием CO_2
V—зона в горне, 1450—1500	0,2—0,5 ниже уровня фурм	Скопление расплавленного металла и шлака в нижней части холостой колоши. Насыщение металла углеродом и серой (в вагранке без копильника)

Таблица 46

Основные характеристики типовых вагранок Гипромеза

Показатели	Производительность вагранки, *т/ч*				
	1,5	3	5	7	10
Диаметр шахты, *м*	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3
Площадь сечения шахты, $м^2$	0,196	0,385	0,636	0,950	1,330
Высота от подовой плиты до загрузочного окна, *м*	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Продолжение табл. 16

Показатели	Производительность вагранки, *т/ч*				
	1,5	3	5	7	10
Расстояние от лещади до нижнего ряда фурм, *м*:					
с копильником	0,20	0,25	0,25	0,30	0,30
без копильника	0,45	0,50	0,50	0,55	0,55
Количество фурм в ряду, шт.	4	4	6	8	8
Площадь сечения всех фурм, $м^2$	0,040	0,077	0,127	0,140	0,266
Толщина футеровки, *м*	0,18	0,23	0,23	0,23	0,23
Вес огнеупорной кладки, *т*	10,7	19,4	25,0	38,6	40,8
Емкость копильника, *т*	1,2	2,4	4,0	5,8	8,0
Средний расход дутья, $м^3/ч$	1400	2800	4500	6500	9000
Среднее давление дутья у фурм, *мм вод. ст.*	350	500	550	600	650
Вес холостой колоши, *кг*	90	180	330	540	700
Вес рабочей коксовой колоши, *кг*	14	30	60	100	140
Вес рабочей топливной колоши на смеси (кокс—60%, литейный антрацит—40%), *кг*	26	48	88	160	224

Таблица 47

Угар элементов в печах при плавке чугуна

Элемент	Угар по весу при плавке, %	
	в вагранке	в пламенной печи
Кремний	10—15	25—50
Марганец	15—20	30—60
Сера	Пригар до 50	25—50
Углерод	—	10—30

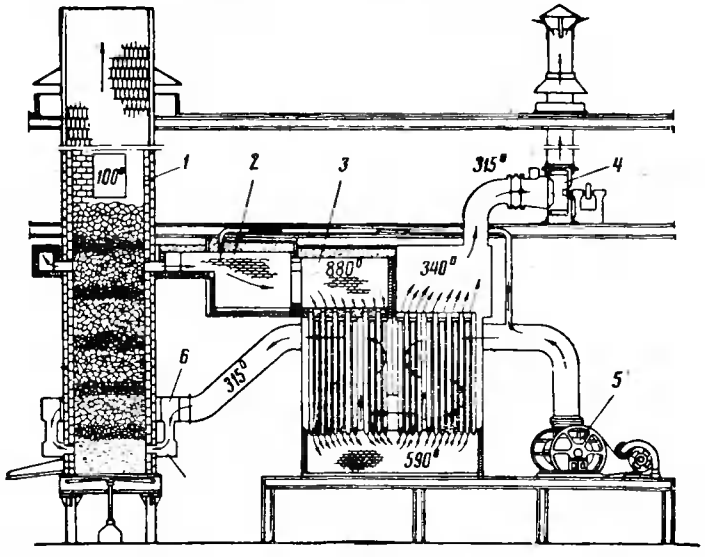


Рис. 8. Вагранка с подогревом дутья в специальном рекуператоре:

1 — вагранка, *2* — камера для дожигания отходящих газов, *3* — рекуператор трубчатый, *4* — дымосос, *5* — вентилятор, *6* — воздушная коробка вагранки

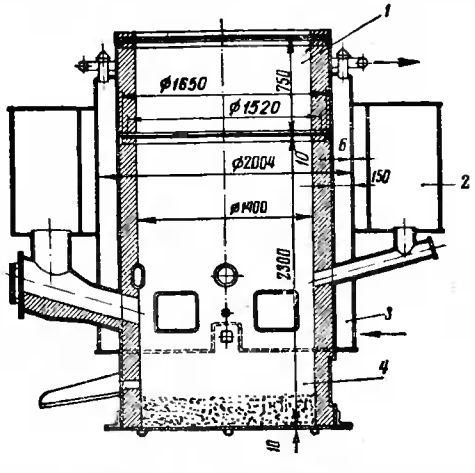


Рис. 9. Вагранка с водяным охлаждением плавильной зоны:

1 — шахта, *2* — воздушная коробка, *3* — рубашка водяного охлаждения, *4* — горн

жидкого металла), что повышает температуру жидкого чугуна на 40—100° С и увеличивает производительность вагранки на 10—15%.

Вагранки с подогревом дутья в специальном рекуператоре с использованием физического и химического тепла отходящих газов (рис. 8), в которых подогрев дутья повышает температуру жидкого металла на 40—80° С, что позволяет снизить расход топлива на 8—10% и увеличивает производительность на 10—15%.

Температура подогрева воздуха не ниже 250—300° С.

Вагранки с основной магнезитовой футеровкой применяются при одновременном подогреве дутья. В них можно увеличивать количество известняка при плавке и создавать основные шлаки, что обеспечивает снижение серы в жидком металле до 0,05—0,07% при высоком содержании ее в шихте.

Вагранки с водяным охлаждением плавильной зоны (рис. 9) применяются при длительной и непрерывной работе. Водяное охлаждение дает возможность снизить расход огнеупоров на 30—50%.

Шихтовка при плавке чугуна

В табл. 48 приведены рекомендуемые составы шихты, а в табл. 49 — расчет шихты. В табл. 50 перечислены основные виды неполадок при плавке в вагранке.

Таблица 48

Рекомендуемые составы шихты для выплавки чугуна в вагранке [10]

Марка чугуна	Состав шихты, %			
	чушковый чугун	стальной лом	чугунный лом и возврат	ферросплавы
СЧ 00	До 30	—	Остальное	—
СЧ 12-28	20—30	До 5	„	1—2
СЧ 18-36	30—40	10—15	„	2—3
СЧ 24-44	30—40	15—20	„	2—3
СЧ 32-52	20—30	25—40	„	2—5
ВЧ 45-5, ВЧ 40-10	15—40	10—25	„	2—5
КЧ 35-10, КЧ 37-12	10—30	15—50	„	2—5

Расчет шихты можно вести тремя способами: аналитическим, графическим и способом подбора. Наиболее распространен на заводах способ подбора.

Для расчета металлической шихты этим способом необходимо знать:

требуемый химический состав отливок;

химический состав литейных чугунов, имеющихся на складе;

химический состав собственных оборотных чугунных отходов (литников и скрапа) текущего производства, а также рассортированного чугунного лома и количество его, вводимое в шихту;

Таблица 49

Расчет шихты

Показатели	Химический состав, %		Вес материалов в шихте, %	Материал на 100 кг шихты	
	кремний	марганец		кремний	марганец
Чугун литейный коксовый:					
ЛК0	3,5	0,7	15	$\frac{15\times3,5}{100}=0,525$	$\frac{15\times0,7}{100}=0,105$
ЛК1	3,2	0,6	15	$\frac{15\times3,2}{100}=0,480$	$\frac{15\times0,6}{100}=0,090$
ЛК2	2,6	0,7	15	$\frac{15\times2,6}{100}=0,390$	$\frac{15\times0,7}{100}=0,105$
Литники, брак	2,3	0,6	30	$\frac{30\times2,3}{100}=0,690$	$\frac{30\times0,6}{100}=0,180$
Лом стальной	0,4	0,8	5	$\frac{5\times0,4}{100}=0,020$	$\frac{5\times0,8}{100}=0,040$
Лом чугунный	2,2	0,9	20	$\frac{20\times2,2}{100}=0,44$	$\frac{20\times0,9}{100}=0,180$
Итого в шихте	—	—	—	2,545	0,700
Угар	10,0	15,0	—	$\frac{2,545\times10}{100}=0,255$	$\frac{0,700\times15}{100}=0,105$
Всего в отливке, %	—	—	—	2,290	0,595
Необходимое содержание в отливке, %	—	—	—	2,2—2,3	0,5—0,6

химический состав стального скрапа и количество его, вводимое в шихту;

угар элементов при плавке (см. табл. 47) в печах;

минимальную величину топливной колоши, выбираемую с таким расчетом, чтобы слой топлива в шахте вагранки был толщиной 140—200 *мм*.

Ферросплавы являются наиболее дорогой частью шихты, поэтому их расход должен быть по возможности уменьшен.

Чушковый чугун обычно состоит из смеси различных марок, что позволяет получить нужный химический состав чугуна при минимальном расходе ферросплавов.

Стальной лом улучшает структуру металла в отливке и снижает процент содержания углерода, поэтому является необходимой присадкой при производстве малоуглеродистых высококачественных чугунов. Чугунный лом и собственный возврат являются наиболее дешевой частью шихты. Возврат производства — литники, выпоры, всплески, брак — обычно имеет определенный химический состав. В покупном чугунном ломе могут быть значительные колебания по химическому составу, поэтому его в шихту добавлять следует не более 10—15% от веса колоши.

Для вагранок малых размеров шихта измельчается: длина кусков должна быть менее $^1/_3$ диаметра шахты при толщине 40—100 *мм*. Значительное измельчение шихты ведет к увеличению угара.

В вагранке за час обычно переплавляется 8—11 колош, поэтому вес колоши обычно выбирается равным 8—12% от часовой производительности вагранки. Для пламенных печей шихта составляется без добавки стального лома и загружается целиком в печь. В этом случае размер куска шихты не имеет большого значения. Более мелкие куски могут размещаться в нижней части и сверху закрываться более крупными. Расчет шихты для пламенной печи не отличается от расчета шихты для вагранки.

Расчет шихты в вагранке ведется по кремнию и марганцу и иногда проверяется по сере. По углероду расчет обычно не производится.

Расчет удобнее производить на 100 *кг* металлической шихты.

Пример расчета шихты. Требуется составить шихту методом подбора для чугунного литья следующего химического состава: углерода 3,2—3,5%; кремния 2,2—2,3%; марганца 0,5—0,6%; фосфора 0,3—0,4%; серы не более 0,1% (см. табл. 49).

Подобранная таким образом шихта обеспечит заданное содержание кремния и марганца в жидком чугуне.

Обработка жидкого чугуна особыми добавками

Обработку жидкого чугуна особыми добавками осуществляют с целью удаления серы, модифицирования, получения структуры чугуна с шаровидным графитом.

Для уменьшения содержания серы в чугуне проводят десульфурацию. В ковш добавляют 0,5—1,0% кальцинированной соды — Na_2CO_3, что снижает содержание серы на 0,03—0,05%.

Модифицированием называется обработка жидкого чугуна специальными модификаторами (добавка ферросилиция или силикокальция) с целью получения серого чугуна с повышенной прочностью по ГОСТ 1412—54 (табл. 51).

Таблица 50

Основные виды неполадок при плавке в вагранке

Неполадки	Причины	Меры предупреждения	Меры устранения
Шлакование фурм	Загрязненная шихта. Некачественный флюс или недостаточное его количество. Плохой уход за фурмами, низкая температура в вагранке	Очистка шихты от песка и грязи. Правильное флюсование, применение плавикового шпата. Повышение температуры в вагранке	Очистка фурм. Добавка кокса для повышения температуры. Применение плавикового шпата
Верхнее зависание (уровень шихты не опускается, температура колошниковых газов повышается, давление дутья понижается)	Плохая подготовка шихты (крупный лом и длинные разветвленные литники). Выбоины и выступы в футеровке. Конусность футеровки шахты	Тщательная подготовка лома и литников. Качественный ремонт кладки	Остановка дутья. Пробивка ломом шихты (после устранения зависания дать увеличенную топливную колошу)
Нижнее зависание (в фурме виден расплавившийся металл, давление дутья повышается)	Плохая подготовка шихты (крупный лом), засорение шихты большим количеством песка и грязи; высокое содержание золы в топливе и некачественный флюс	Хорошая подготовка шихты (размельчение и очистка). Применение качественного топлива и флюса	Добавка 2—3 колош качественного топлива и легкоплавкого флюса (плавиковый шпат), а затем колоши с мелким ломом. Очистка фурмы от шлака
Низкая температура металла	Плохая подготовка шихты и вагранки к плавке. Недостаточное количество дутья или перерывы в дутье. Недостаток топлива или его плохое качество	Соблюдение правил подготовки шихты и завалки. Хороший разогрев вагранки и копильника. Установление правильного количества воздуха и устранение перерывов в дутье	Добавка облегченных (на 30—50%) металлических колош более крупного и качественного кокса. При плохом топливе уменьшение дутья
Затвердевание металла в летке в начале плавки или после остановки	Низкая температура металла из-за плохой подготовки вагранки, недостаточной высоты холостой колоши. Неправильная заделка летки (не на всю длину)	Хорошо прогреть копильник и принять меры для получения горячего чугуна с самого начала плавки	Пробивка летки, не допуская повреждения ленточного кирпича. Прожог летки струей кислорода
Не проваливается подина при выбивке	Набивка подины слишком сырой или глинистой смесью	Выполнение правил набивки подины	Удаление остатков подины длинным ломом сбоку из-за колонны

Таблица 51

Рекомендуемые условия получения модифицированного серого чугуна

Марка чугуна	Содержание углерода, %	Содержание кремния, %		Количество модификатора Си75, %, к весу чугуна	Рекомендуемая температура чугуна на желобе, °С, не менее	Глубина отбела пробного клина, *мм*	
		в исходном чугуне	после модифицирования			на исходном чугуне	после модифицирования
СЧ 28—48	3,1—3,3	1,2—1,4	1,5—1,8	0,5—0,7	1400	10	6—10
СЧ 32—52	3,0—3,2	1,0—1,2	1,3—1,7	0,5—0,7	1410	20	10—15
СЧ 35—56	2,9—3,1	0,8—1,0	1,2—1,6	0,6—1,0	1420	Сплошной отбел	15—20
СЧ 38—60	2,8—3,0	0,6—0,9	1,2—1,6	0,8—1,2	1430	То же	20—25

Примечания. 1. Если применяется присадка ферросилиция другой марки или силикокальция, то количество их назначается в следующем соотношении: Си 75—1,0; Си 90—08; Си 45—1,8, КаСи 0,8.

2. Размер пробного клина берется в зависимости от толщины стенки отливки.

Для получения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом в жидкий металл присаживают магний или его лигатуры (сплавы с кремнием, медью и т. д.) по ГОСТ 7293—54 (табл. 52).

Количество магния, введенного в жидкий чугун, должно составлять 0,25—0,3% от веса жидкого чугуна в виде низкопроцентной лигатуры. Металлического магния взамен лигатуры вводят 0,4—0,8% от веса жидкого чугуна.

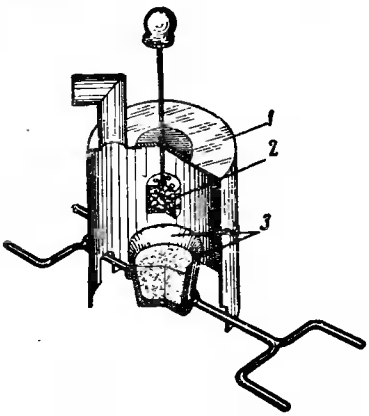


Рис. 10. Переносный колпак для присадки магния в ковш с жидким чугуном:
1 — колпак, *2* — колокол с зарядом магния, *3* — ковш с металлом

Если чугун содержит кремния менее 2% и толщина стенок отливки менее 25 *мм*, то, кроме магния, необходимо добавлять в ковш ферросилиций (75%) в количестве 0,3—0,6% от веса жидкого металла.

Рекомендуется вводить магний в жидкий чугун под колпаком (рис. 10) или в камере.

Плавка цветных металлов и сплавов

Плавка медных сплавов

Медные сплавы плавятся в тигельных, пламенных, электрических, дуговых, индукционных и низкочастотных печах (рис. 11, 12, 13, 14, 15). В начале процесса плавят чушковую медь, в которую вводят лигатуры с тугоплавкими легирующими элементами. После расплавления лигатур легкоплавкие металлы загружают в ванну. Для предотвращения окисления металлов поверхность ванны засыпают сухим древесным углем или шлаком.

Раскисление проводят перед выпуском металла или перед введением легкоплавких присадок (цинка, олова и др.). В качестве раскис-

Таблица 52

Состав высокопрочного чугуна

Марка чугуна	Содержание углерода, %	Содержание кремния, %		Содержание марганца, %	Содержание серы, %		Содержание фосфора, %, не более	Содержание усвоенного магния, %
		в исходном чугуне	после модифицирования		до ввода присадок, не более	после ввода присадок		
ВЧ 45-0	3,4	2,8—3,4	3,0—3,6	0,6—0,8	0,14	0,03	До 0,15	0,04—0,08
ВЧ 50-1,5	2,7	0,8—2,7	1,1—3,0	0,5—0,8	0,14	0,03	„ 0,15	0,04—0,08
ВЧ 60-2	2,8—3,1	1,7—2,0	1,1—2,1	0,6—0,8	0,14	0,03	„ 0,08	0,04—0,08
ВЧ 45-5	3,3	1,9—2,8	2,3—3,2	0,4—0,8	0,14	0,03	0,1—0,16	0,04—0,08
ВЧ 40-10	Получается отжигом из чугуна марки ВЧ 45-5 с меньшим содержанием фосфора и марганца							

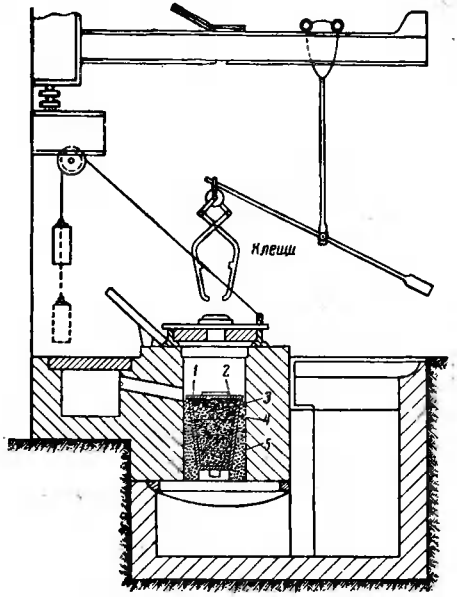


Рис. 11. Тигельная печь для плавки медных сплавов:
1 — крышка тигля, *2* — слой шлака, *3* — тигель, *4* — слой шихты, *5* — кокс

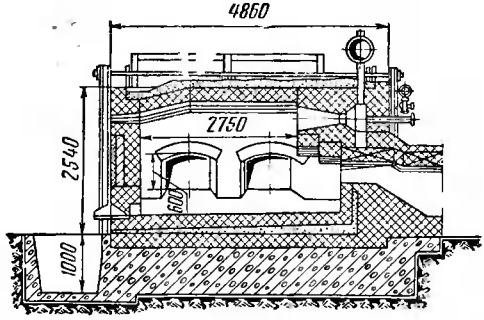


Рис. 12. Стационарная мазутная пламенная печь для плавки медных сплавов

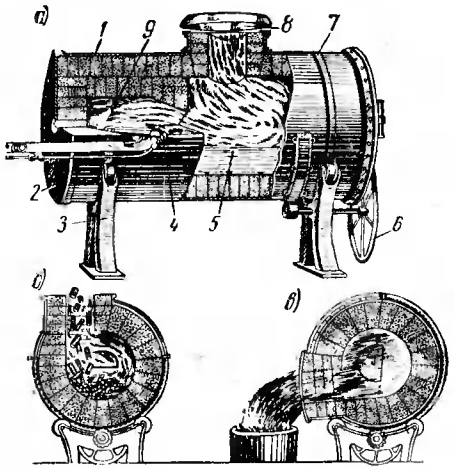


Рис. 13. Поворотная пламенная печь для плавки медных сплавов:

а — общий вид, *б* — загрузка, *в* — выпуск металла; *1* — кожух, *2* — торцовая крышка, *3* — опорная стойка, *4* — мазутная форсунка, *5* — жидкий металл, *6* — привод, *7* — направляющие, *8* — окно загрузки материалов и выхода газов, *9* — камера горения

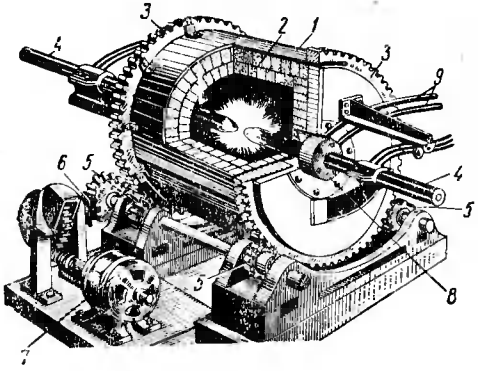


Рис. 14. Дуговая однофазная электропечь для плавки медных сплавов:

1 — корпус, *2* — футеровка барабана, *3* — зубчатый обод поворота печи, *4* — графитовый электрод, *5* — привод, *6* — редуктор, *7* — электродвигатель, *8* — холодильник ввода электрода, *9* — трубы водяного охлаждения

лителя применяют фосфористую медь от 0,2 до 0,3% веса шихты.

При плавке алюминиевых бронз для защиты от окисления и раскисления наводят шлак из 62% плавикового шпата и 38% поваренной соли. При плавке латуней металл в ванне не перегревают, а цинк

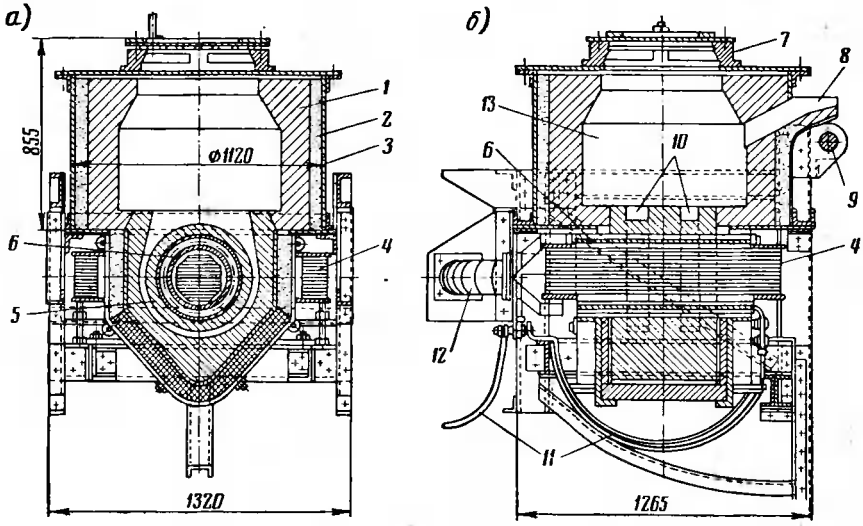


Рис. 15. Низкочастотная индукционная электропечь с железным сердечником для плавки медных и никелевых сплавов:

а — поперечный разрез, *б* — продольный разрез, *1, 5* — футеровка, *2* — теплоизоляция, *3* — кожух, *4* — сердечник, *6* — обмотка индуктора, *7* — крышка, *8* — выпускная летка, *9* — ось поворота, *10* — каналы в футеровке, *11* — токоподводящие провода, *12* — труба воздушного охлаждения сердечника, *13* — ванна с металлом

присаживают перед самым выпуском металла, так как цинк испаряется при температуре 907° С, что может вызвать расплескивание металла.

Плавка алюминиевых сплавов

Плавку алюминиевых сплавов ведут в индукционных, тигельных и электрических печах сопротивления (рис. 16, 17, 18). Вначале плавят чушковый алюминий и лом под слоем флюса Ви-45, а затем в ванну добавляют лигатуры для получения сплава определенного химического состава. Для удаления газов из металла ванну охлаждают до начала кристаллизации, а затем быстро нагревают до температуры выпуска. Для получения качественного жидкого металла его подвергают хлорированию (перед выпуском), т. е. через жидкий металл продувают в течение 5—8 *мин* газообразный хлор или добавляют в ванну 0,2% хлористого цинка (под колоколом). Затем

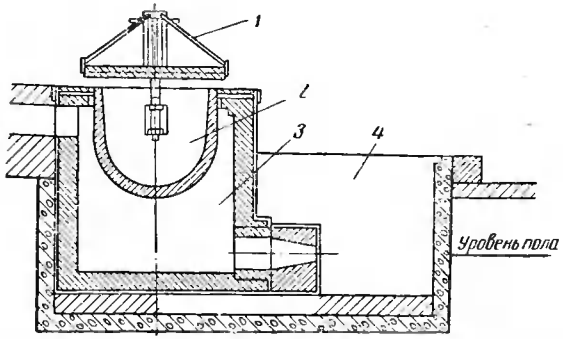


Рис. 16. Мазутная или газовая тигельная печь для плавки алюминиевых и магниевых сплавов:
1 — крышка, *2* — металлический литой тигель, *3* — камера сгорания, *4* — приямок

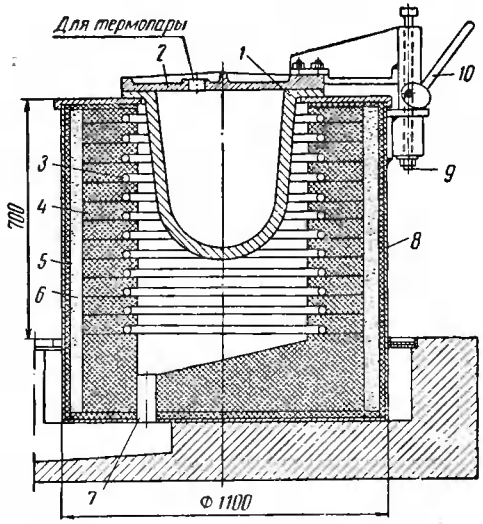


Рис. 17. Электрическая тигельная печь для плавки алюминиевых и магниевых сплавов:
1 — тигель, *2* — крышка, *3* — спиральный электрический нагреватель, *4* — огнеупорная футеровка, *5* — теплоизоляция, *6* — песчаная засыпка, *7* — летка аварийного спуска металла, *8* — кожух, *9* — ось поворота крышки, *10* — механизм подъема крышки

присаживают легкоплавкие легирующие добавки. В ковш в жидкий металл добавляют флюс ВИ-45.

Силумины обычно модифицируют, для чего в жидкий металл вводят до 0,1% металлического натра или смесь хлористого натра с фтористым натром.

Для предотвращения окисления металла его поверхность засыпают слоем флюса ВИ-45.

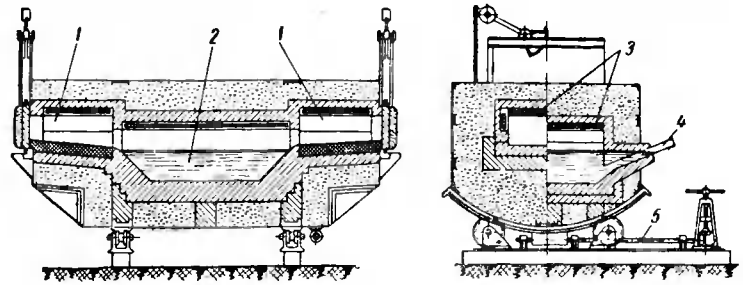


Рис. 18. Камерная электрическая печь с механическим приводом наклона (САМ) для плавки алюминиевых сплавов:
1 — загрузочные окна с плавильном порогом, *2* — ванна с расплавленным металлом, *3* — электронагреватель, *4* — выпускная летка, *5* — привод наклона

Плавка магниевых сплавов

Плавку магниевых сплавов осуществляют в стальных тиглях, подогреваемых мазутом, газом или электронагревателями (рис. 16, 17). Так как магний легко воспламеняется, то плавку следует вести в «шлаковом мешке», т. е. в оболочке из жидкого шлака, состоящего из флюса В-42 или В-43 и имеющего удельный вес, примерно равный удельному весу жидкого магния. Для этого вначале в тигле расплавляют флюс в количестве до 3—6% от веса металла. В жидкий флюс загружают чушковый магний, а затем добавляют измельченную лигатуру. Перед выпуском металл тщательно перемешивают для удаления в шлак неметаллических включений, перегревают от 750 до 780° С и производят модифицирование присадкой кальция до 0,5%, бериллия 0,001—0,002% или церия до 0,3%. Поверхность жидкого металла может воспламеняться, для гашения применяют порошкообразный шлак или серный цвет.

Глава III. МОДЕЛИ, СТЕРЖНЕВЫЕ ЯЩИКИ И ОПОКИ

В модельные комплекты входят модели, стержневые ящики, подмодельные плиты, опоки, шаблоны и кондукторы. Модели служат для образования внешних контуров изделий в литейной форме. Стержневые ящики служат для изготовления стержней, которые образуют главным образом внутренние контуры отливаемого изделия отверстия, углубления и полости.

В модельно-опочную оснастку также входят модельные плиты, кондукторы, сушильные плиты, шаблоны и щупы.

Модельные плиты служат для установки моделей и опок при формовке. Они могут быть с гладкой поверхностью и фигурными углублениями, соответствующими выступающим частям неразъемной модели, для предотвращения подрезки при формовке.

Кондукторы применяют для сборки стержней, а также для удобства их установки в формы.

Сушильные плиты используют для сушки стержней.

Они могут быть плоскими или фигурными в зависимости от опорной поверхности стержня.

Сушильные плиты делают тонкостенными из алюминиевых сплавов, чугуна или сварными из стали с отверстиями для лучшего удаления влаги и ускорения процесса сушки.

Шаблоны и щупы служат для проверки размеров форм и стержней.

1. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Модели изготовляют деревянные, металлические, гипсовые, цементные, пластмассовые и из выплавляемых материалов (табл. 53).

Наиболее широко применяются в модельном производстве такие породы деревьев, как ольха, сосна, бук, клен и липа (табл. 54).

Материал для изготовления модели выбирается в зависимости от требуемого количества отливок, их габаритных размеров и сложности. При индивидуальном и мелкосерийном производстве, а также при производстве очень крупных отливок, применяется ручная формовка по деревянным моделям. Если модель сложная, то она изготовляется из более крепкой древесины или с металлическими вставками. В серийном и массовом производстве при машинной формовке в основном применяются металлические модели, реже — деревянные и цементные. Для простых отливок изготовляют гипсовые модели.

Модельные плиты для безопочной формовки делают из алюминия, а подмодельные плиты для машинной формовки — чугунные.

Стержневые ящики изготовляют из древесины, а при серийно-массовом производстве — из металлов и сплавов.

Деревянные ящики делают при изготовлении больших стержней, так как металлические были бы тяжелы.

Стержневые ящики в зависимости от размеров и формы стержня могут быть цельные, разъемные, с отъемными частями, вытряхные (рис. 21).

Модели и стержневые ящики должны обладать достаточной прочностью. В зависимости от способа производства модели и стержневые ящики изготовляют по трем классам прочности (табл. 56).

Таблица 53

Характеристика материалов для изготовления моделей [4], [14]

Материал	Характеристика материала	Назначение	Примерный срок службы (количество форм)	
			ручная формовка	машинная формовка
Дерево (ольха, сосна, липа, клен, бук)	Небольшой объемный вес, легкая обрабатываемость, дешевизна. Деформируется, подвергается загниванию	Для любых моделей и ящиков при индивидуальном и мелкосерийном производстве	500	2000
Алюминиевые сплавы: АЛ12, АЛ24	Небольшой удельный, вес хорошая обрабатываемость, прочность, антикоррозийность, гладкая поверхность, дешевизна	Для любых моделей и ящиков при серийном и массовом производстве	5000	10 000—50 000
Бронза и латунь (всех марок)	Высокая прочность, хорошее качество поверхности и хорошая обрабатываемость, антикоррозийность. Материал дефицитный, модели имеют большой вес	Для мелких моделей сложной конфигурации при серийном и массовом производстве. Для бронирования моделей	Не применяют	100 000
Серый чугун СЧ 12-28, СЧ 21-40	Хорошая обрабатываемость, прочность, большой удельный вес, низкое сопротивление коррозии	Для мелких моделей простой конфигурации при серийном производстве	Не применяют	100 000
Гипс кальцинированный 50%, вода 50%	Простота изготовления, дешевизна. Недостаточная прочность, но легкий ремонт и возможность исправления	Для простых моделей при мелкосерийном производстве	100—125	1000—1500
Цементные смеси	Простота изготовления, прочность. Большой вес, хрупкость. Плохо работают на встряхивающих вибрационных формовочных машинах	Для отливок средних и крупных размеров при серийном производстве	250—750	1000
Пластмассы (эпоксидные смолы ЭД5 или ЭД6)	Простота изготовления, прочность высокая точность и чистота поверхности	Для отливок малых и средних размеров при серийном производстве	250—500	1000
Выплавляемые материалы на восковой основе	Простота изготовления, высокая точность и чистота поверхности	Для отливок малых размеров	1	—

Таблица 54

Физико-механические свойства древесины [14], [13]

Порода дерева	Характеристика	Применение	Плотность, $г/см^3$	Усушка, %		Предел прочности при растяжении вдоль волокна $\sigma_в$	Предел прочности при сжатии вдоль волокна $\sigma_{сж}$	Предел прочности при изгибе $\sigma_и$	Торцевая твердость
				радиальная	тангенциальная	$кГ/см^2$			
Ольха	Хорошо обрабатывается, дает гладкую поверхность, хорошо сохраняется во влажной среде, но быстро загнивает на воздухе	Для мелких и средних моделей всех классов прочности	0,55	2,9	5,0	1120	425	830	230
Сосна	Хорошо обрабатывается, дает незначительное коробление, мало подвергается загниванию, дает шероховатости, легко скалывается	Для средних и крупных моделей всех классов прочности	0,48	3,0	5,7	870	370	700	320
Липа	Легко обрабатывается, имеет большую усушку, дает гладкую поверхность	Для моделей 2-го и 3-го классов прочности при индивидуальном способе производства	0,40	7,8	11,5	920	450	740	260
Клен	Трудно обрабатывается, дает чистую поверхность, незначительное коробление	Для ответственных частей крупных и средних моделей, для мелких ответственных моделей 1-го класса прочности	0,64	3,4	6,6	1550	550	1090	740
Бук	Трудно обрабатывается, подвержен короблению	Для изготовления мелких моделей, на облицовку крупных и средних моделей 1-го и 2-го классов прочности	0,72	5,0	8,1	1640	610	1050	845

Примечания. 1. Кроме перечисленных пород деревьев, реже применяются береза, ель, дуб, лиственница, ясень и др.
2. Радиальной усушкой называется уменьшение линейных размеров по радиусу ствола при сушке. Тангенциальной усушкой называется уменьшение линейных размеров по годовым кольцам.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ

Таблица 55

Классификация моделей

Группа	Модели ручной формовки	Модели машинной формовки
I. По материалам	Деревянные — для индивидуального и серийного производства крупногабаритных отливок	Деревянные — мелкосерийного производства
	Гипсовые, восковые, скелетно-земляные и другие для единичных отливок	Гипсовые и цементные —для серийного производства
	Металлические, тонкостенные—для серийного производства	Металлические—для крупносерийного производства
	Комбинированные деревянные с металлическими частями—для серийного производства	Комбинированные металлические модели с деревянными ящиками —для крупносерийного производства
II. По размерам	Крупные—более 1500 *мм*	Крупные—более 500 *мм*
	Средние—от 500 до 1500 *мм*	Средние—150—500 *мм*
	Мелкие—до 500 *мм*	Мелкие—до 150 *мм*
III. По характеру формовки	Неразъемные простые (рис. 19)	Неразъемные односторонние плиты
	Неразъемные для формовки с подрезкой или «фальшивкой»	Неразъемные двухсторонние плиты
	Разъемные с отъемными частями (рис. 20)	Разъемные односторонние с отъемными частями
IV. По конструкции	Полные на весь контур отливки	Массивные металлические для мелких отливок
	Неполные с шаблоном	Пустотелые металлические для средних и крупных отливок
	Скелетные контурные для земляных моделей	Цельнолитые модельные плиты
	Шаблоны формовочные и стержневые, протяжные и заточные	—
V. По сложности	Сложные, криволинейного контура, с большим числом стержневых ящиков	Сложные, пустотелые, крупные, с ручной и станочной обработкой и с большим числом стержневых ящиков
	Средней сложности, простого контура, с большим числом стержневых ящиков	Средней сложности, мелкие, ручной и станочной обработки со стержневыми ящиками
	Простые, прямолинейного контура, с простыми ящиками	Простые, обрабатываемые на универсальных станках

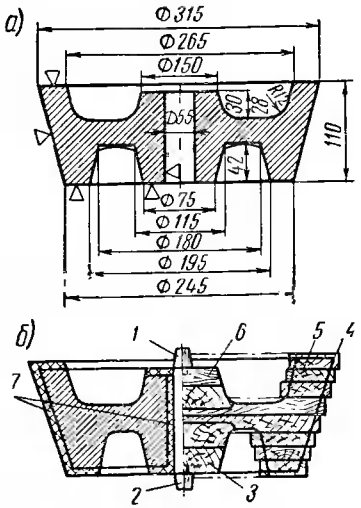


Рис. 19. Неразъемная деревянная модель конического колеса:
а — чертеж отливки, *б* — чертеж модели; *1* и *2* — стержневые знаки, *3*, *5* и *6* — части модели, *4* — припуск на механическую обработку модели, *7* — припуск на механическую обработку отливки

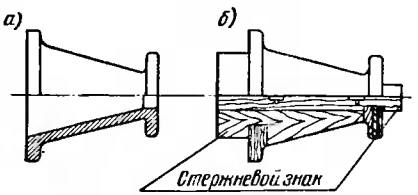


Рис. 20. Разъемная деревянная модель стойки:
а — чертеж отливки, *б* — деревянная модель

Точность изготовления моделей и стержневых ящиков определяется в зависимости от требований, предъявляемых к отливкам, и способа их производства (табл. 57).

Модели и стержни должны легко извлекаться из формы и стержневых ящиков. Для этого должны быть правильно выбраны формовочные уклоны (табл. 58, 59), галтели (радиусы закругления) и разъем формы.

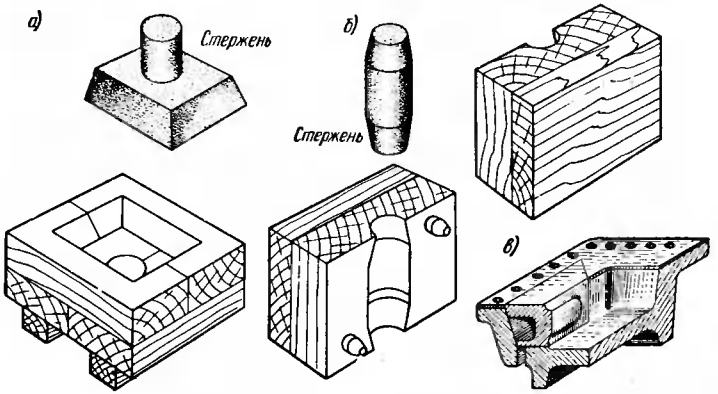


Рис. 21. Виды стержневых ящиков:
а — цельные, *б* — разъемные, *в* — с отъемными частями

Формовочные уклоны делаются в моделях и стержневых ящиках на вертикальных стенках и могут быть трех видов:

за счет увеличения толщины A отливки в верхней части на величину a; в этом случае излишек металла будет снят при механической обработке;

за счет небольшого увеличения толщины стенки в верхней части отливки и уменьшения в нижней части на величину $a/2$ на необрабатываемых поверхностях (этот случай допустим, если изменение размеров отливки не выходит за пределы допусков);

за счет уменьшения толщины стенки на величину a в нижней части отливки (этот случай применяется для неответственных отливок, не несущих значительных нагрузок).

На металлических моделях и стержневых ящиках формовочные уклоны делаются меньше, так как трение формовочной смеси о стенки у них меньше, чем у деревянных.

С целью получения в отливке плавного перехода от одной поверхности к другой углы модели и ящиков скругляют. Такое закругление называется галтелью. Радиус галтели (рис. 22) определяется в зависимости от толщины стенок отливок по следующей формуле:

$$r = \frac{a+b}{2}\left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{5}\right),$$

где a и b — толщина стенок отливки, *мм*.

Таблица 56

Классы прочности моделей

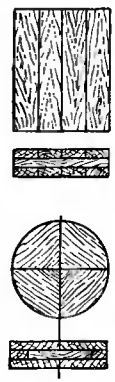
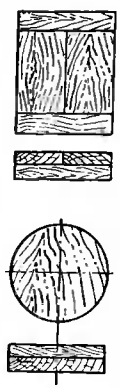
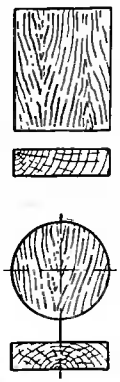
Класс прочности	1	2	3
Эскизы модельного щитка			
Способ производства	Серийный	Мелкосерийный	Индивидуальный

Таблица 57

Точность моделей в зависимости от их размеров (ГОСТ 2689—54)

Измеряемый размер модели, *мм*	Допускаемые отклонения, *мм*		
	крупносерийное производство	серийное производство	индивидуальное производство
До 50	±0,17	±0,34	±0,62
50—100	±0,23	±0,45	±0,74
100—200	±0,26	±0,53	±1,00
200—300	±0,35	±0,65	±1,20
300—500	±0,38	±0,76	±1,50
500—800	±0,45	±1,90	±2,00
800—1200	±0,56	±1,1	±2,40
1200—1800	±0,65	±1,3	±3,0
1800—2600	±0,75	±1,5	±3,5
Более 2600	±1,0	±2,0	±4,0

Таблица 58

Виды формовочных уклонов (ГОСТ 3212—57)

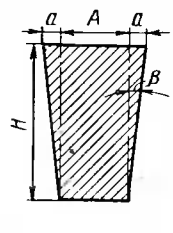
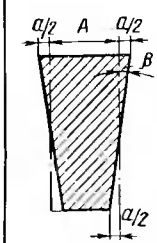
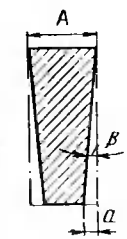
Уклон	За счет увеличения размеров отливки	Средние уклоны	За счет уменьшения размеров отливки
Эскизы			
Характеристика поверхностей	Обрабатываемые	Необрабатываемые	Неответственные отливки

Таблица 59

Формовочные уклоны поверхностей моделей и стержневых ящиков (ГОСТ 3212—57)

Высота модели или стержневых ящиков, *мм*	Деревянные модели или стержневые ящики		Металлические модели или стержневые ящики	
	уклоны, не более			
	a, *мм*	угол, *град*, *мин*	*a*, *мм*	угол, *град*, *мин*
До 20	1,0	3°	0,5—1,0	1°30′—3°
20—50	1,0—2,0	1°30′—2°30′	0,8—1,2	1°—2°
50—100	1,5—2,5	1°—1°30′	1,0—1,5	0°45′—1°
100—200	2,0—3,0	0°45′—1°	1,5—2,0	0°30′—0°45′
200—300	2,5—4,0	0°30′—0°45′	2,0—3,0	0°30′—0°45′
300—500	4,0—5,0	0°30′—0°45′	2,5—4,0	0°20′—0°30′
500—800	5,0—6,0	0°30′	3,5—6,0	0°20′—0°30′
800—1180	6,0	0°20′	4,0	0°15′
Более 2000	10,0	0°15′		

Примечание. Нижние пределы формовочных уклонов устанавливаются для наружных поверхностей, верхние — для внутренних.

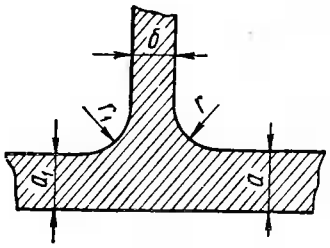


Рис. 22. Галтели на отливках:
a, a_1, *б* — толщина стенок отливки в *мм*, *r* и r_1 — радиус галтели в *мм*

Рекомендуются следующие размеры радиусов галтелей *r*, *мм*: 1, 2, 3, 5, 8, 10, 20, 25, 30, 40.

Размеры стержневых знаков приведены в табл. 60 (ГОСТ 3606—57) и показаны на рис. 23. 24.

Припуском на усадку называют увеличение размеров отливки по сравнению с номинальными для компенсации уменьшения линейных размеров отливки при затвердевании и охлаждении в форме.

При изготовлении модели припуск на усадку учитывается с помощью специальной усадочной линейки.

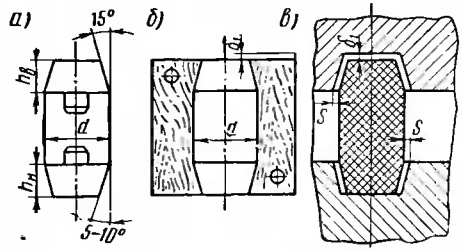


Рис. 23. Размеры и зазоры у вертикальных стержневых знаков:
а — на модели, *б* — на стержневом ящике, *в* — в форме

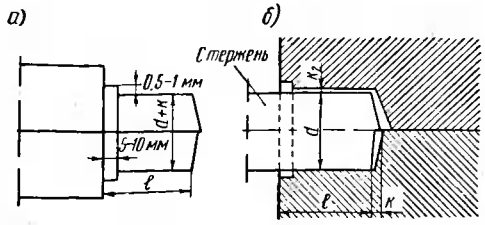


Рис. 24. Размеры и зазоры у горизонтальных стержневых знаков:
а — модель, *б* — форма

Таблица 60

Размеры стержневых знаков (ГОСТ 3606—57)

Диаметр отверстий в отливке, *мм*	Вертикальные знаки: высота, *мм* — нижний $h_н$	Вертикальные знаки: высота, *мм* — верхний $h_в$	Вертикальные знаки: зазор, *мм* — боковой *S*	Вертикальные знаки: зазор, *мм* — верхний S_1	Горизонтальные знаки: длина *l*, *мм*	Горизонтальные знаки: зазоры *к*, *мм*
21—25	20—25	12—15	1	1	15—20	0,5
26—30	25—30	15—20	1	1	20—25	1
31—50	30—40	20—25	1	2	20—35	2
51—100	40—50	25—35	2	3	30—50	2
101—200	50—70	35—40	2	4	50—80	3
201—400	70—90	40—50	2	5	—	—

Примечание. Уклоны у нижнего знака берутся равными 7—10°, у верхнего —10—15°.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Изготовление моделей и стержневых ящиков производится в такой последовательности:

в соответствии с чертежом и количеством отливок устанавливают способ формовки, класс прочности модели, линии разъема модели и стержневых ящиков;

на деревянном щитке вычерчивают чертеж модели и стержней с учетом усадки металла, припусков на механическую обработку поверхности, со стержневыми знаками, формовочными уклонами и галтелями;

по щитку подбирают заготовку и обрабатывают;

склеивают части модели и стержневого ящика и проводят окончательную обработку, зачистку поверхностей, проверяют размеры, шпаклюют, грунтуют и окрашивают (табл. 62).

По ГОСТ 2413—44 установлены отличительные цвета окраски моделей (табл. 61).

Окрашивают модели специальным водонепроницаемым модельным лаком или нитролаком.

При изготовлении металлических моделей и стержневых ящиков вначале отливают металлическую заготовку по специальной деревянной промодели. После механической обработки заготовку укрепляют на модельной плите вместе со штырями для центровки опок при формовке (рис. 25). Для простых отливок модели отливают вместе с модельными плитами. Металлические модели и стержневые ящики не окрашивают.

Таблица 61

Окраска деревянных моделей

Части и поверхности моделей	Отличительная окраска		
	стальное литье	чугунное литье	цветное литье
Поверхности моделей, соответствующие поверхностям отливок, не подвергавшихся механической обработке	Синяя	Красная	Желтая
Поверхности моделей, соответствующие поверхностям отливок, подвергавшихся механической обработке	Черные точки по основному синему фону	Черные точки по основному красному фону	Черные точки по основному желтому фону
Стержневые знаки	Черная	Черная	Черная

Таблица 62

Состав грунтовок и шпаклевок для деревянных моделей [12]

Составляющие	Состав в весовых процентах		
	грунт	шпаклевка клеевая	шпаклевка масляно-клеевая
Олифа натуральная или оксоль	80—90	—	5
Охра или железный сурик	10—20	—	—
Мел молотый	—	75	70
10%-ный раствор клея . .	—	25	25

Таблица 63

Состав замазок и припоев для ремонта моделей [12]

Материал	Состав, %	Назначение
Сургуч:		
канифоль	29,0	Заделка выбоин и раковин на деревянных и металлических моделях
воск пчелиный	9,0	
тальк	45,0	
углекислый кальций . .	15,0	
церезит	2,0	
Припой для алюминиевых сплавов:		
олово	40—55	Пайка алюминиевых моделей
цинк	25,0	
кадмий	20,0	
алюминий	15,0	
Припой для чугуна:		
олово	30,0	Пайка чугунных плит и моделей
свинец	70,0	

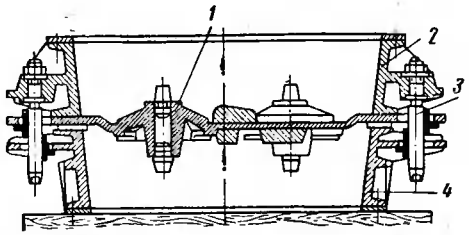


Рис. 25. Съемная опока с цельнолитой металлической модельной плитой:
1 — модельная плита, *2* — нижняя опока, *3* — центрирующие штырн, *4* — верхняя опока

4. ЛИТЕЙНЫЕ ОПОКИ

Чугунные или стальные литейные опоки в зависимости от конструкции могут быть цельнолитые, литые свертные и сварные.

Опоки небольших размеров (весом до 35—40 *кг* вместе с формовочной смесью), кроме специальных опок (для автоматов), называются ручными. Опоки больших размеров называются крановыми (рис. 26); их подъем, поворот или транспортирование производят с помощью подъемно-транспортных механизмов.

В соответствии с ГОСТ 2133—57 и ГОСТ 8909—58 части опок и их размеры нормализованы (табл. 64).

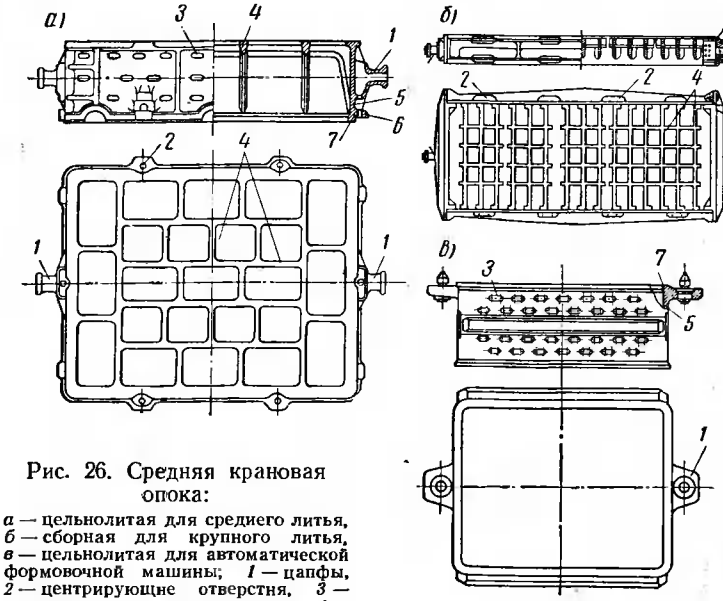


Рис. 26. Средняя крановая опока:

а — цельнолитая для среднего литья, *б* — сборная для крупного литья, *в* — цельнолитая для автоматической формовочной машины; *1* — цапфы, *2* — центрирующие отверстия, *3* — отверстия для выхода газов, *4* — крестовина, *5* — стенки опок, *6* — втулки, *7* — бортики для удержания смеси

Таблица 64

Размеры нормализованных опок, *мм*

Длина	Шаг по длине	Ширина	Шаг по ширине	Высота	Шаг по высоте
300—500	50	250—400	50	50—200	25
500—1200	100	400—1000	100	50—200	25
1200—2400	200	1000—1200	200	Более 200	50
2500—3000	250	1250—3000	250	„ 200	50
3000—5000	500	Более 3000	500	„ 200	50

Размеры опоки выбираются в зависимости от габаритов отливки; расстояние от стенки до края модели должно быть от 20 до 300 *мм*.

Для лучшей вентиляции и уменьшения веса на боковых стенках опоки делают круглые или овальные отверстия от 8×30 до 18×45 *мм* в шахматном порядке через каждые 40—75 *мм*. В больших крановых опоках предусмотрены литые или привертные крестовины с ячейками от 120×250 до 250×500 *мм*.

Для центровки опок делают ушки с отверстиями для штырей (рис. 27).

Для подъема опок служат скобы, ручки или литые цапфы на торцовых стенках.

Скрепление полуформ для заливки производится при помощи штырей с клиньями, болтов и скоб (рис. 28) или наложением грузов соответствующего веса.

В массовом производстве для снижения расхода формовочных материалов применяют специальные круглые, ромбовидные или овальные опоки, воспроизводящие очертания отливки в форме.

Для безопочной формовки съемные или разъемные (деревянные или алюминиевые) опоки используют только вначале. В таких опоках производят формовку. После установки на подопочную плиту опоку снимают и вместо нее надевают для прочности сварной тонкостенный жакет.

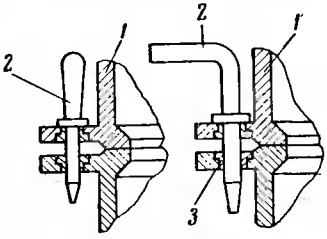


Рис. 27. Центрирующие штыри для сборки опок:

1 — стенки опоки, *2* — центрирующий штырь, *3* — ушко опоки с направляющей втулкой

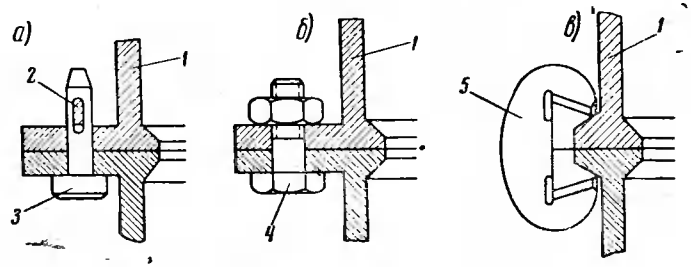


Рис. 28. Методы скрепления полуформ:

а — штырями с клином, *б* — болтами, *в* — скобами; *1* — стенки опоки, *2* — клин, *3* — штырь, *4* — болт, *5* — скоба клиновая

Глава IV. ФОРМОВОЧНЫЕ И СТЕРЖНЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

При изготовлении литейных форм и стержней используют:

исходные материалы — пески, глины, связующие вещества, каменноугольную пыль, торф, графит и т. д.;

формовочные смеси для изготовления литейных форм;

стержневые смеси для изготовления стержней;

вспомогательные составы: краски, смеси, натирки, замазки и т. д.

1. ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Формовочные пески

В зависимости от содержания глины и крупности зерен формовочные пески по ГОСТ 2138—56 делятся на классы и группы (табл. 65 и 66).

Таблица 65

Классификация формовочных песков по содержанию глины

Песок	Класс и марка песка	Содержание глины, %	Содержание кремнезема, %, не менее	Содержание вредных примесей, %, не более
Кварцевый	1К	До 2	97	2,0
»	2К	» 2	96	2,5
»	3К	» 2	94	3,5
»	4К	» 2	90	—
Тощий	Т	2—10	—	—
Полужирный	П	10—20	—	—
Жирный	Ж	20—30	—	—
Очень жирный	ОЖ	30—50	—	—

Примечание. К числу вредных примесей относятся сера S, окислы щелочных металлов K_2O, CaO, Na_2O и окись железа Fe_2O_3.

Таблица 66

Классификация формовочных песков в зависимости от размеров зерен

Группа	Обозначение группы	Номер смежного сита, на котором осталась основная фракция	Размер зерен, *мм*	Применение
Грубый	063	1; 063; 04	1,0—0,40	Не употребляется в литейном производстве, так как образует шероховатую поверхность литья
Очень крупный	04	063; 04; 0315	0,63—0,315	Используется при изготовлении чугунных и стальных отливок весом свыше 1000 *кг*
Крупный	0315	04; 0315; 025	0,40—0,25	
Средний	025	0315; 02; 016	0,315—0,16	Рекомендуется для мелкого и среднего литья из чугуна и стали
Мелкий	016	025; 016; 01	0,25—0,10	Применяется для тонкостенных чугунных и стальных отливок, а также при литье цветных сплавов
Очень мелкий	01	016; 01; 0063	0,16—0,063	
Тонкий	0063	01; 0063; 005	0,10—0,05	Используется при литье поршневых колец и тонкостенных отливок
Пылевидный	005	0063; 005	0,05 и менее	Используется для приготовления краски и служит припылом

Примечание. Номера сит соответствуют размерам отверстий в миллиметрах.

Формовочные глины

Формовочные глины классифицируют по трем признакам (ГОСТ 3226—57):

по минералогическому составу выделены обыкновенные формовочные Ф и бентонитовые Б глины (табл. 67);

по связующей способности, определяемой пределом прочности при сжатии технологической пробы, глины делят на 6 групп М, СС, ПС, ПВ, В и О (табл. 68);

по огнеупорности различают 3 сорта (табл. 69).

Таблица 67

Применение формовочных глин

Марка глины (класс, группа, сорт)	Применение
ФМ	Мелкое и среднее литье, сухие формы
ФС1 и ФС2	Мелкое и среднее литье, сырые формы
ФПВ1 и ФПВ2	Сложные сырые формы и стержни крупного литья
ФПС1 и ФПС2	Сухие формы для несложных отливок малого веса
ФВ1 и ФВ2	Мелкое и среднее литье, сухие формы
ФО1 и ФО2	Сложные сухие формы и стержни, требующие высокой прочности в сыром и сухом состоянии
Б1, Б2, Б3	Сырые формы. В случае необходимости можно уменьшить содержание глины в смеси

Примечание. Буквы Ф и Б обозначают класс глины (формовочные, бентонитовые); буквы М, С, ПС, ПВ, В, О являются обозначением групп глины и характеризуют связующие свойства; цифры 1, 2, 3 определяют сорт глины по огнеупорности.

Таблица 68

Характеристика связующих свойств формовочных глин

Наименование группы	Обозначение группы	Прочность образца при сжатии, $кГ/см^2$	
		влажного	сухого
Малосвязующие	М	0,15—0,30	1,5
Среднесвязующие	С	0,30—0,50	1,0—2,0
Прочносвязующие (в сухом состоянии)	ПС	0,30—0,50	Более 2,0
Прочносвязующие (во влажном состоянии)	ПВ	Более 0,50	1,0—2,0
Высокопрочные	В	» 0,50	Более 2,0
Особопрочные	О	» 0,75	» 2,0

Таблица 69

Показатели сортности формовочных глин по огнеупорности

Сорт	Характеристика сорта	Огнеупорность, °С, не менее	Вредные примеси, %, не более		
			сера сульфидная	CaO+MgO	K_2O+Na_2O
1	С высокой термохимической устойчивостью	1580	0,2	2,0	3,0
2	Со средней термохимической устойчивостью	1350	0,3	3,0	Не нормируется
3	С низкой термохимической устойчивостью	Не нормируется	0,3	Не нормируется	

Таблица 70

Характеристика формовочных глин (ГОСТ 3226—57)

Марка	Предел прочности при сжатии, $кГ/см^2$		Огнеупорность, °С, не менее	Вредные примеси, %, не более		
	влажного	сухого		сера сульфидная	CaO+MgO	K_2O+Na_2O
ФМ	0,15—0,3	Более 1,5	Не нормируется	0,3	Не нормируется	
ФС-1	0,3—0,5	1,2	1580	0,2	2	3,0
ФС-2	0,3—0,5	1,2	1350	0,3	3,0	Не нормируется
ФС-3	0,3—0,5	1,2	Не нормируется	0,3	Не нормируется	
ФПС-1	0,3—0,5	Более 2	1580	0,2	2,0	3,0
ФПС-2	0,3—0,5	» 2	1350	0,3	3,0	Не нормируется

Продолжение табл. 70

Марка	Предел прочности при сжатии, $кГ/см^2$		Огнеупорность, °С, не менее	Вредные примеси, %, не более		
	влажного	сухого		сера сульфидная	CaO+MgO	K_2O+Na_2O
ФПВ-1	0,5	1,2	1580	0,2	2,0	3,0
ФПВ-2	0,5	1,2	1350	0,3	3,0	Не нормируется
ФВ-1	0,5	Более 2	1580	0,2	2,0	3,0
ФВ-2	0,5	„ 2	1350	0,3	3,0	Не нормируется
ФО-1	0,75	„ 2	1580	0,2	2,0	3,0
ФО-2	0,75	„ 2	1350	0,3	3,0	Не нормируется

Таблица 71

Характеристика бентонитовых глин (ГОСТ 3226—57)

Марка	Коллоидальность	Предел прочности образца при сжатии во влажном состоянии, $кГ/см^2$	Применение
Б1	100	Более 1,0	При сырой формовке (1% бентонитовой глины заменяет 2—3% обыкновенной глины)
Б2	Более 90	0,9—1,0	
Б3	Не нормируется	1,0	

Добавки

При приготовлении формовочных и стрежневых смесей, а также красок и паст используют следующие материалы:

древесные опилки влажностью до 25%, просеянные через сито № 6 для увеличения газопроницаемости и податливости форм и стержней;

торф мелкий влажностью до 45%, зольностью не более 5,5%, с содержанием летучих веществ до 73% для увеличения податливости форм и стержней;

каменноугольную пыль и молотый уголь марок ПЖ, Д или Г (летучих веществ не более 30%, золы не более 11%, серы не более 4%), просеянные через сито № 016 для увеличения огнеупорности смеси (табл. 72).

Таблица 72

Добавка каменноугольной пыли в формовочную смесь в зависимости от толщины стенки отливки [4]

Толщина стенки отливки, *мм*	Добавка пыли, весовой %
До 5	0
5—10	3
10—15	3—4
25—50	4—5
Более 50	6—8

Для увеличения огнеупорности вместо каменноугольной пыли в смеси для бронзовых отливок добавляют мазут, расход обычно составляет 0,5—1,5%.

В качестве связующего материала для форм при отливке очень крупных деталей и также в качестве противопригарного припыла при стальном литье используют цемент.

Маршалит — кварцевая мука — добавляется для увеличения огнеупорности смеси, также входит в состав припылов и красок.

Древесноугольную пыль используют при изготовлении формовочных красок и в качестве противопригарного припыла.

Графит (ГОСТ 5420—50) и (ГОСТ 5279—61) зольностью до 17%, влажностью не более 2%, употребляют для приготовления красок и натирок и как противопригарный припыл.

Молотый мрамор используется в качестве припыла для моделей и стержневых ящиков, чтобы меньше прилипала формовочная смесь.

Тальк молотый (ГОСТ 879—52) — водный силикат магния $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ — применяется в качестве модельной пудры для уменьшения прилипания формовочной и стержневой смесей, а также для приготовления красок и паст.

Белая глина — каолиновая белюга — используется при изготовлении красок и для склеивания стержней.

2. СВЯЗУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ (КРЕПИТЕЛИ)

Связующие материалы (табл. 73, 74, 75) добавляют в формовочные и стержневые смеси для увеличения их прочности и пластичности.

Таблица 73

Классификация связующих материалов [2], [4]

Группа материалов	Удельная прочность, *кГ/мм²*, на 1% связующего	Класс А	Класс Б	Класс В
		органические безводные материалы	органические водные материалы	неорганические водные материалы
I Необратимые	Более 5,0	Льняное масло, олифа, крепитель П и ПТ, пульвербакелит, 4ГУ-I	МФ-17 М МСБ	Жидкое стекло
II Промежуточные	3,0—5,0	4ГУ-II Крепитель ГТФ „ ЗИЛ „ БК „ СЛК	Крепитель КВ Декстрин желтый и белый Пектиновый клей	
III Обратимые	Менее 3,0	Древесный пек Крепитель КТ „ СП „ СБ Канифоль	Патока Сульфитно-спиртовая барда ЛКБЖ ЛКБТ	Цемент Глина формовочная

Примечание. Под удельной прочностью понимают предел прочности при растяжении сухого образца (восьмерки), отнесенного к 1% связующего материала, введенного в смесь.

Характеристика и применение водных связующих материалов [4]

Материал	Способ получения или основные составляющие материалы	Плотность при 20° С, $г/см^3$	Прочность при испытании на разрыв в сухом состоянии, $кГ/см^2$, не менее	Примерный расход связующего на стержневую смесь по весу, %	Назначение, свойство смеси, ее состояние
Кислая вода КВ, ТУ ЦНИИ лесохимической промышленности	Отходы газогенераторных станций, работающих на древесном топливе	1,27—3,0	4—5	5	Для стержней 2-го и 3-го классов. Жидкость
Декстрин палевый, желтый и белый, ГОСТ 6034—51	Из крахмала путем нагревания с разбавленными минеральными кислотами	1,3—1,5	3—5	1,5—2,0	Для стержней 4-го класса. Придает стержням высокую сухую и среднюю сырую прочность. Стержни хорошо выбиваются из отливок. Порошок
Пектиновый клей	Отходы сахарного производства, получаемые из свекловичного жома	1,3—1,6	6	2,5	То же

Продолжение табл. 74

Материал	Способ получения или основные составляющие материалы	Плотность при 20° С, *г/см³*	Прочность при испытании на разрыв в сухом состоянии, *кГ/см²*, не менее	Примерный расход связующего на стержневую смесь по весу, %	Назначение, свойство смеси, ее состояние
Концентраты сульфитно-спиртовой барды (крепители ЛКБЖ, ЛКБТ и ЛКБП), ГОСТ 8518—57	Концентрированные отходы спиртового производства	1,27—1,3	5,0	5,0	Для стержней 2, 3 и 4-го классов. Обеспечивает высокую сухую прочность и низкую газотворную способность и высокую гигроскопичность стержня. Жидкость
Сульфитный щелок	Отходы бумажной промышленности	1,27	4,0	5,0	То же
Жидкое стекло, ГОСТ 8254—50; модуль марки А (2,0—2,3), Б (2,31—2,60), В (2,61—3,0)	Раствор в воде натриевой соли кремневой кислоты	1,47—1,52	12,0	2,0—5,0	Для массивных быстросохнущих стержней. Жидкость
Силикат глыба А, Б, В (исходный материал для получения жидкого стекла), ГОСТ 3263—56	Натриевая или калийная соль кремниевой кислоты	—	12,0	4—5	Для массивных быстросохнущих стержней. Твердое вещество
Цемент	Тонкоизмельченный обожженный клинкер марок 300, 400, 500	1,1—1,4	10—20	5,0—8,0	Стержни наружные 3, 4 и 5-го классов, чугунное и стальное литье. Порошок
Формовочная глина, ГОСТ 3226—57	Раствор формовочной глины марок ФО-1, ФВ-1, ФП-1, Б1, Б2, Б3	—	1,5—20,0	2,0—12,0	Стержни 2, 3, 4 и 5-го классов. Жидкость

Таблица 75

Характеристика и применение безводных связующих материалов [4], [7], [10], [14], [24]

Материал	Способ получения или основные составляющие	Плотность при 20°С, *г/см*³	Прочность при испытании на разрыв сухого образца, *кГ/см*², не менее	Примерный расход связующего материала для стержневой смеси по весу, %	Назначение, свойства смеси и состояние
Льняное масло, ГОСТ 5791—51	Из семян льна	0,928 0,936	9,0	1,0—3,0	Для стержней 1-го класса.
Олифа натуральная, ГОСТ 7931—56	Из семян льна или конопли после термической обработки	0,93—0,95	8,0	1,0—2,0	Стержни имеют высокую прочность в сухом состоянии, малую гигроскопичность, хорошую пластичность в сыром виде, легко выбиваются. Недостатком является дефицитность, дороговизна и малая прочность в сыром виде. Жидкость
Олифа оксоль, НКТП 7414/58	Раствор олифы в уайт-спирите до 30%	0,91—0,93	6,0	1,0—3,0	Заменитель растительного масла для стержней 1-го и 2-го классов. Жидкость
Олифа оксоль-смесь, ГОСТ 190—41	То же, до 45%	0,92—0,94	5,0	2,0—3,0	
Крепитель КД	Глинисто-сульфитная эмульсия древесного пека (50% пека с температурой плавления до 100°С, 30% сульфитной барды, 20% формовочной глины)	2,0—3,0	9,0	3,0—5,0	Для стержней 3-го и 4-го классов. Эмульсия
Крепитель КП-1	То же, каменноугольного пека (50% пека с температурой плавления 70°С, 30% сульфитной барды, 20% формовочной глины)	—	9,5	3,0—5,0	Для стержней 3-го класса. Эмульсия
Крепитель ГТФ, ГОСТ 5339—50	Генераторная сланцевая смола (не более 2,5% механических примесей; 3,5% воды; не более 1,5% серы)	1,01—1,03	5,6	2,0—5,0	Для стержней чугунного, стального и цветного литья. Жидкость
Масло С	Раствор растительных масел или олифы в уайт-спирите	0,94	7,5	1,0—3,0	Для сравнительных испытаний связующих материалов и для стержней 1-го класса. Жидкость

Продолжение табл. 75

Материал	Способ получения или основные составляющие	Плотность при 20°С, *г/см³*	Прочность при испытании на разрыв сухого образца, *кГ/см²*, не менее	Примерный расход связующего материала для стержневой смеси по весу, %	Назначение, свойства смеси и состояние
Крепитель 4ГУ (В)	Раствор сплава растительного масла с канифолью в уайт-спирите. Содержание растворителя 47%	0,91—0,94	6,5	2,0—3,0	Для стержней 1-го класса. Жидкость
Крепитель 4ГУ (П)	Раствор сплава растительного масла с канифолью в уайт-спирите. Содержание растворителя 47%	0,91—0,94	4,5	2,0—3,0	Для стержней 1-го и 2-го классов. Жидкость
Крепитель 4ГВ	Раствор сплава битума и канифоли в уайт-спирите (уайт-спирита до 50%)	0,92—0,94	1,5	3,0—4,0	Для стержней 3-го класса. Жидкость
Крепитель М	Продукт переработки искусственной карбамидной кислоты с содержанием смолы 45—55%	1,15—1,20	10,0	2,0—3,0	Для стержней чугунного и стального литья. Жидкость
Крепители МСБ	Синтетическая мочевинно-формальдегидная смола и сульфитная барда, вода 55%	1,18—1,22	6,0	2,0—3,0	То же
Крепитель КТ, ГОСТ 5270—60	Глинисто-сульфитная эмульсия торфяного пека (50—53% пека с температурой размягчения 45—100°С, 28—30% сульфитной барды, 17—20% формовочной глины)	2,0—3,0	9,0	2,0—3,0	Для стержней 3-го и 4-го классов чугунного и стального литья. Эмульсия
Крепитель стержневой П, ПТ, ОТА, ГОСТ 5506—58	Раствор окисленного петролатума в уайт-спирите	0,82—0,88	8,0 10,0 12,0	2,0—4,0	Для стержней 1-го и 2-го классов. Чугунное и стальное литье. Жидкость
Крепитель КП-4	Глинисто-сульфитная эмульсия нефтяного пека (50% пека, 30% сульфитной барды, 20% формовочной глины)	—	8,5	3,0—5,0	Для стержней 3-го и 4-го классов. Эмульсия (паста)

Продолжение табл. 75

Материал	Способ получения или основные составляющие	Плотность при 20°С, *г/см*³	Прочность при испытании на разрыв сухого образца, *кГ/см*², не менее	Примерный расход связующего материала для стержневой смеси по весу, %	Назначение, свойства смеси и состояние
Крепитель МФ-17 ЦНИИТМАШ	Продукт конденсации технической мочевины и формальдегидной смолы	1,21—1,23	10	2,0—3,0	Для стержней 3-го и 4-го классов. Паста
Крепитель КБ	Глинисто-сульфитная эмульсия нефтяного битума (50% битума, 20% сульфитной барды, 20% формовочной глины, 10% торфяного пека)	—	8,0	2,0—3,0	Для стержней 3-го класса. Эмульсия (паста)
Пульвербакелит А, ГОСТ 3552—47	Смесь пылевидной фенольно-формальдегидной смолы с 10—12% уротропина	—	25	4,0—5,0	Для стержней 1-го класса. Порошок
Канифоль сосновая, ГОСТ 797—64	Смесь смоляных кислот	—	4,0	3,0—4,0	Для стержней 3-го и 4-го классов. Твердое вещество

Крепитель СП	95% сульфитной барды, 5% окисленного петролатума	1,15—1,23	5,0	2,0—5,0	Для стержней 2-го и 5-го классов чугунного и стального литья, а также для приготовления быстросохнущих смесей. Вязкая жидкость
Крепители СБ-1, СБ-2, СБ-3, ГОСТ 8830—58	70—85% сульфитной барды, 15—30% крепителя ГТФ-30		5,0 6,0 7,0		
Крепитель ДП, ГОСТ 8890—58	50% древесного пека, 30% сульфитной барды, 20% порошковой глины	—	7,0	2,3—3,0	Для стержней 2-го и 3-го классов чугунного и стального литья. Порошок
Крепители ЗИЛ-1, ЗИЛ-2	45% нефтебитума, 35% уайт-спирита, 20% лаколя, 40% нефтебитума, 35% уайт-спирита, 25% сланцевой смолы	0,950	7,0	2,0—4,0	Для стержней 2-го и 3-го классов чугунного литья. Жидкость
ЗИЛ-3	25% нефтебитума, 55% сланцевой смолы, 20% уайт-спирита	0,965	7,0	2,0—4,0	То же

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ

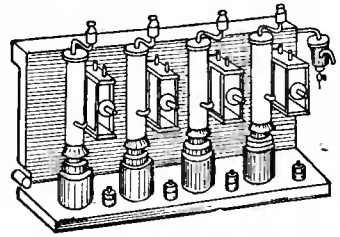
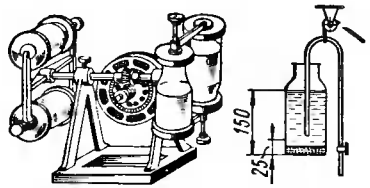
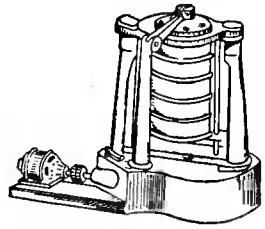
Свойства формо

Свойства и состав материалов	Способы определения
Влажность определяется процентным отношением количества влаги к весу высушенного формовочного материала	Навеска 50 *г* смеси высушивается при температуре 105—110° С и определяется влажность по формуле $W = \frac{(50-q)}{50} \cdot 100$, где q — вес высушенного образца, *г*; W — влажность, %
Количество глинистой составляющей определяется процентным отношением всех растворенных веществ к первоначальному весу сухого образца	Навеска 50 *г* смеси высушивается и засыпается в литровый сосуд с 475 *см*³ воды и 25 *см*³ однопроцентного раствора едкого натра, затем взбалтывается на приборе в течение 1 *ч*. Вода, содержащая глину, сливается. Все эти операции повторяются до тех пор, пока жидкость в сосуде после взбалтывания не останется прозрачной $x = \frac{50-a}{50} \cdot 100\%$, где a — вес чистого песка после отмучивания и сушки; x — процентное содержание глины в песке
Зерновой состав смеси определяется размерами песчинок и их однородностью по форме и размерам	Песок, отмытый от глинистых составляющих, просеивают через набор стандартных сит, взвешивают зерна, оставшиеся на каждом сите и на тазике, и определяют их процентное отношение. Номер сита обозначает размер ячеек в миллиметрах

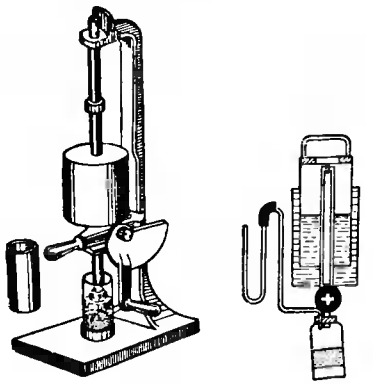
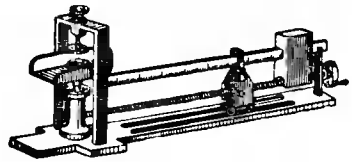
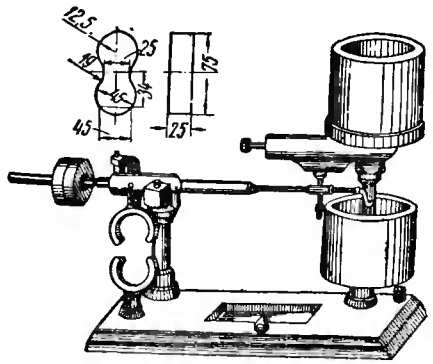
ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 76

вочных материалов

Схема прибора	Факторы, влияющие на свойства материала
	Повышенная (сверх 5,5%) влажность снижает газопроницаемость, прочность и приводит к кипению металла при заливке, хотя и увеличивает пластичность смеси
	Повышенное содержание глины увеличивает прочность, но снижает газопроницаемость и текучесть, затрудняет выбивку, увеличивает пригар
	Чем крупнее зерна, тем лучше газопроницаемость и огнеупорность, но хуже качество поверхности отливки. При неоднородном мелком песке прочность смеси увеличивается, но газопроницаемость понижается

Продолжение табл. 76

Свойства и состав материалов	Способ определения	Схема прибора	Факторы, влияющие на свойства материала
Газопроницаемость определяется способностью смесей пропускать газы	Стандартный образец, изготовленный на копре, в металлическом патроне устанавливают в прибор и пропускают через него 2000 $см^3$ воздуха. Газопроницаемость подсчитывается по формуле $K=\frac{509,5}{p\cdot t}$, где t — время прохождения воздуха, *мин*; p — давление манометра, *мм вод. ст.*, по которому в таблице находят значения газопроницаемости образца или, подставляя в формулу найденные величины, получают число газопроницаемости образца		Газопроницаемость смеси зависит от влажности, содержания глины, размеров и однородности зернового состава. Низкая газопроницаемость может привести к появлению газовых раковин в отливке или недоливу формы
Предел прочности при сжатии в сыром состоянии, $кГ/см^2$	Образец, изготовленный для определения газопроницаемости, вынимают из патрона, устанавливают на приборе и подвергают сжатию до разрушения		Прочность в сыром состоянии создается в основном за счет глины, или связующего, ведет к разрушению формы в процессе ее изготовления или при заливке
Предел прочности при растяжении в высушенном состоянии, $кГ/см^2$	Изготовляют образец в виде «восьмерки» в специальном стержневом ящике. Уплотнение смеси производят тремя ударами копра, как при определении газопроницаемости. Сухой образец помещают в захваты разрывной машины и определяют нагрузку при разрушении		Высокая прочность в сухом состоянии необходима для форм и стержней отливок больших размеров. Излишняя прочность снижает податливость формы и стержней и может привести к образованию трещин в отливке, кроме того, затрудняет выбивку стержней из отливки

4. ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ

Для получения высококачественных отливок необходимо применять формовочные смеси, обладающие высокой прочностью, пластичностью, газопроницаемостью и огнеупорностью (табл. 77, 78, 79).

Формовочные песчано-глинистые смеси для

№ смеси	Назначение	Вес отливок, кг	Характеристика: зерновой состав (№ сит)	содержание глин, %	газопроницаемость сырого образца	прочность при сжатии сырого образца, кГ/см²	влажность, %
1	Для формовки по-сырому (единая)	До 100	016	8—10	80—100	0,3—0,5	3,5—4,5
		100—500	02	10—12	100—120	0,4—0,6	4,0—5,0
		Более 500	0315	11—13	100—130	0,5—0,7	4,5—5,5
2	Для формовки по-сухому (облицовочная)	5000	025	12—14	70—100	0,5—0,7	5,0—7,0
	То же	Более 5000	0315	12—14	100—120	0,5—0,8	5,0—8,0
3	Для отливок, склонных к горячим трещинам (облицовочная)	—	02	12—14	70—100	0,35—0,60	5,0—7,0

Таблица 77

стального литья (по данным НИИЛИТМАШ)

№ смеси	прочность при разрыве сухого образца, кГ/см²	Состав смеси по весу, %: облицовочная: оборотная смесь	кварцевый песок	формовочная глина	древесные опилки	сульфитная барда	единная: оборотная смесь	кварцевый песок	формовочная глина	сульфитная барда
1	—	80—40	16,5—53	3—3,5	—	До 0,5	92—90	6,5—8	1,5—2	—
	—	75—40	20,5—51,5	4—8	—	„ 0,5	88—80	0,5—16,5	2—3	До 0,5
	—	60—40	33,5—51,0	6—8,5	—	„ 0,5	—	—	—	—
2	0,8—1,2	80—40	15,5—50,5	4—9	—	0,5	—	—	—	—
	1,0—1,5	60—40	33,0—49,5	6,5—9	—	0,5—1,5	—	—	—	—
3	—	80—40	12,5—45,5	4—9	2—4	1,5	—	—	—	—

Таблица 78

Формовочные песчано-глинистые смеси для чугунного литья (по данным НИИЛИТМАШ)

№ смеси	Назначение	Характеристика отливок		Характеристика облицо			Состав смеси по весу, %						
							облицовочной				елиной		
		вес, *кг*	толщина стенки, *мм*	зерновой состав (№ сит)	содержание глины, %	газопроницаемость сырого образца	оборотная смесь	свежие материалы*	каменный уголь	древесные опилки	оборотная смесь	свежие материалы	каменный уголь
1	Для формовки по-сырому	До 20	До 10	01	8—9	25—35	Остальное	20—38	2—3	—	Остальное	3—5	0,5
	То же	20—200	Более 10	016	8—10	30—50	»	20—38	2—3	—	»	2—5	0,5
			До 25	016	8—10	40—60	»	22—51	3—4	—	»	5—7	0,7
			Более 25	02	8—10	50—70	»	21—50	4—5	—	»	6—10	0,8
	»	200—1000	До 40	02	9—11	60—80		26—55	4—5	—	»	8—12	1,0—1,2
			Более 40	02	10—12	70—100	»	25—52	5—8	—	»	10—12	1,2—0,5
	»	1000—5000	До 50	0315	11—13	100—120	»	34—52	6—8	—	—	—	—
			Более 50	0315	12—14	100—130	»	34—52	6—8	—	—	—	—
2	Для формовки по-сухому	До 1000	—	02	12—14	60—80	»	25—57	—	3—4	—	—	—
	То же	Более 1000	—	0315	12—16	80—100	»	37—62	—	3—4	—	—	—

№ смеси	вочной или единой смеси: прочность на сжатие сырого образца, *кГ/см²*	вочной или единой смеси: влажность, %
1	0,3—0,4	4,0—5,0
	0,3—0,5	4,0—5,5
	0,3—0,5	4,0—5,5
	0,3—0,5	4,0—5,5
	0,4—0,6	4,5—5,5
	0,45—0,7	4,5—6,5
	0,5—0,8	5—7
	0,6—0,8	5—7
2	0,5—0,8	6—7
	0,5—0,8	6—8

* Под свежими материалами подразумеваются песок и глина или глинистый песок.

Таблица 79

Формовочные песчано-глинистые смеси для цветного литья (по данным НИИЛИТМАШ)

Сплавы	Наименование и назначение смесей	Вид формовки	Характеристика смеси						Состав смеси по весу, %			
			зерновой состав (№ сит)	содержание глины, %	газопроницаемость сырого образца, не менее	влажность, %	прочность на разрыв сухого образца, кГ/см²	прочность на сжатие сырого образца, кГ/см²	оборотная смесь	свежие материалы	сульфитная барда	мазут
Медные	Облицовочная	По-сырому	01	8—12	30	4,5—5,5	—	0,3—0,5	80—40	18,5—59,0	—	1,5—1,0
	»	По-сухому	01	10—15	30	5,5—7,0	0,8—1,2	0,4—0,6	80—60	20—40	—	—
	Единая	По-сырому	01	8—12	30	4,5—5,5	—	0,3—0,6	92—88,5	7—10	—	1—1,5
Алюминиевые	Облицовочная	»	01	8—10	20	4—5	—	0,3—0,5	80—60	20—40	—	—
	»	По-сухому	01	8—12	20	5—6	0,7—1,2	0,4—0,6	80—60	19,5—39	0,5—1	—
	Единая	По-сырому	01	8—10	20	4,5—5,5	—	0,3—0,5	92—90	8—10	—	—

Примечание. Для магниевого литья применяются формовочные составы для заливки по-сухому.

5. СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ

Таблица 80

Соотношение составляющих материалов стержневых смесей для стального литья (по данным ЦНИИТМАШ)

Класс стержней	Зерновая часть смеси по весу, %				Безводные связующие материалы к весу зерновой части смеси, %			Водные связующие материалы к весу зерновой части смеси (сульфитно-спиртовая барда), %	Опилки к весу зерновой части смеси, %
	горелая земля	кварцевый песок	глина	маршалит	группа А-1	группа А-2	группа А-3		
1	—	100	—	—	1,2—1,5*	—	—	—	—
2	—	97	3	—	—	1,5—2,0*	—	2,0—4,0	—
3***	—	96—97	3—4	—	—	—	2,0—4,0**	2,5—3,5	До 3,0
4	0—40	56—91	4—9	—	—	—	До 3,0	1,5—3,0	» 3,0
5	20—60	35—72	5—8	—	—	—	90,0	2,0—3,0	» 3,0
6	—	65—70	5—10	20—30	—	—	90,0	2,0—3,0	» 3,0

* С учетом растворителя, содержащегося в связующем материале, следует вводить в смесь группы А-1 крепитель П в количестве до 2—3%, в смесь группы А-2— крепитель ЗИЛ до 3%, БК до 3,3%.

** Без учета растворителя и без воды, содержащейся в эмульсиях. При употреблении крепителей КТ, СП и СБ следует учитывать наличие в них безводных (пески, битум) и водных (сульфитно-спиртовая барда) материалов.

*** Допускается применение связующих материалов группы А-2, которые вводятся в смесь в уменьшенных количествах.

Таблица 81

Характеристика стержневых смесей для стального литья

Класс стержней	Характеристика смесей					
	зерновая основа (№ сит)	содержание глины, %*	газопроницаемость во влажном состоянии, не менее	влажность, %	предел прочности, $кГ/см^2$	
					при сжатии во влажном состоянии, $\sigma_{сж}$	при разрыве в сухом состоянии, $\sigma_в$
1	02	1—2	130	2—3	0,03—0,06	10
2	02	3—5	100	3—4	0,06—0,10	6
3	02	4—7	100	3—4,5	0,10—0,20	4
4	02; 016	8—10	70	4—5,5	0,20—0,40	3
5	02; 0315	10—14	70	5—7	0,4—0,7	1,5
6	0315	8—12	50	6—8	До 0,8	1,5

Таблица 82

Характеристика стержневых смесей для чугунного литья

Класс стержней	Характеристика смеси					
	зерновая основа (№ сит)	содержание глины, %*	газопроницаемость во влажном состоянии	влажность, %	предел прочности, $кГ/см^2$	
					при сжатии во влажном состоянии, $\sigma_{сж}$	при разрыве в сухом состоянии, $\sigma_в$
1	02	1—2	130	2—3	0,03—0,06	6,0
2	02	3—5	100	3—4	0,06—0,10	5,0
3	02	4—7	100	3—4,5	0,10—0,20	4,0
4	02; 016	6—10	70	4—5,5	0,20—0,40	2,0
5	02; 0315	10—14	70	5—6	0,40—0,70	1,0

*С учетом глины, содержащейся в кварцевом песке.

Соотношение составляющих материалов стержневых смесей для чугунного литья (по данным ЦНИИТМАШ)

Класс стержней	Зерновая часть смеси по весу, %				Безводные связующие материалы от веса зерновой части смеси, %			Водные связующие материалы от веса зерновой смеси, % (сульфитно-спиртовая барда)	Опилки от веса зерновой части смеси, %
	горелая	кварцевый песок	глина	глинистый песок	группа А-1	группа А-2	группа А-3		
1	—	100	—	—	1,0—1,5*	—	—	—	—
2	—	97	3	—	—	1,5—2,0**	—	2,0—4,0	—
3***	—	96—97	3—4 или глинистого песка по расчету	—	—	—	2,0—4,0****	2,5—3,5	До 3
4	0—40	—	—	60—100 или кварцевого песка и глины по расчету	—	—	До 3	1,5—3,0	3
5	20—40	—	—	40—80 или то же самое	—	—	—	До 3	—

* С учетом растворителя, содержащегося в связующих материалах, следует вводить в смесь крепитель П в количестве до 3%.
** С учетом растворителя, содержащегося в связующих материалах, следует вводить в смесь крепитель ЗИЛ до 3%, БК до 3,3 %.
*** Допускается применение связующих материалов группы А-2, которые вводятся в смесь в уменьшенных количествах.
**** Без учета растворителя и без воды, содержащейся в эмульсии. При употреблении крепителей КТ, СП, СБ следует учитывать наличие в них безводных (пеки, битум) и водных (сульфитно-спиртовая барда) материалов.

Таблица 84

Соотношение составляющих материалов стержневых смесей для цветного литья (по данным ЦНИИТМАШ)

Класс стержней	Зерновая часть смеси по весу, %				Безводные связующие материалы к весу зерновой части смеси, %			Водные связующие материалы к весу зерновой части смеси, % (сульфитно-спиртовая барда)	Опилки от веса зерновой части смеси, %
	горелая земля или бой стержней, %	кварцевый песок	глина	глинистый песок	группа А-1	группа А-2	группа А-3		
				Для медных сплавов					
1	—	100	—	—	1,2—1,5	—	—	—	—
2	—	97	3	—	—	1,5—2,0	—	2,0—4,0	—
3	—	96—97	3—4	—	—	—	2,0—4,0	2,5—3,5	—
4	0—40	—	—	60—100	—	—	До 3,0	3,0—3,0	До 30
5	20—60	—	—	40—80	—	—	—	До 3,0	„ 30
				Для алюминиевых и магниевых сплавов					
1	—	100	—	—	0,6—1,2	—	—	—	—
2	—	90	—	10	—	1,0—1,5	—	1,5—3,0*	—
3	—	80—85	—	15—20	—	—	1,5—2,5	2,0—3,0*	—
4	0—30	50—60	—	40—50	—	—	До 3,0	1,5—3,0*	—

* При литье магниевых сплавов добавляют борной кислоты 0,25—0,5% и серного цвета 0,25—1,0%.

Таблица 85

Типовые составы стержневых смесей для цветного литья (по данным ЦНИИТМАШ)

Класс стержней	Характеристика смеси					
	зерновая основа (№ сит)	содержание глины, %*	газопроницаемость	влажность, %	предел прочности, $кГ/см^2$ при сжатии во влажном состоянии, $\sigma_{сж}$	предел прочности, $кГ/см^2$ при разрыве в сухом состоянии, $\sigma_в$
Для медных сплавов						
1	02	До 2	120	2—3	0,03—0,06	7
2	016	3—5	90	3—4	0,06—0,10	5
3	02	3—6	90	3—4,5	0,10—0,20	4
4	02	6—8	70	4—5,5	0,2—0,35	2
5	0315	8—12	60	5—6	0,3—0,5	1,5
Для алюминиевых и магниевых сплавов						
1	02	До 2	120	2—3	0,03—0,06	7
2	016	3—5	90	3—4	0,06—0,10	5
3	02	4—7	90	3—4	0,1—0,15	4
4	016	6—8	70	4—5	0,15—0,25	2

* С учетом глины, содержащейся в кварцевом песке.

В последнее время для изготовления стержней и форм широко используют смеси химически твердеющие, затвердевание которых происходит при продувании через них углекислого газа CO_2, быстротвердеющие, затвердевающие при кратковременном нагреве в печи или поверхностной подсушке, и самотвердеющие с ферросилицием и щелочью, нагрев и высушивание которых происходит за счет тепла экзотермических реакций в течение 2—3 *ч* (табл. 86). Смесь храниться не может, поэтому добавка щелочи производится перед формовкой. После удаления модели поверхность формы обязательно покрывается графитом.

Таблица 86

Состав и свойства стержневых смесей [11], [4]

Смесь	Состав песчано-глинистой части смеси по весу, %			Крепитель, %		Едкий натр (10%-ный раствор), %	Мазут, %	Предел прочности, кГ/см²		Газопроницаемость	Влажность, %
	кварцевый песок	отработанная смесь	формовочная глина	жидкое стекло	СБ			при сжатии во влажном состоянии	при растяжении в сухом состоянии		
Химически твердеющая	97—95	—	3—5	6,0	—	0,5—1,5	0,5	0,20—0,35	10—15	150	3,5—4,5
Быстротвердеющая	70—80	15—25	5,0	—	4,0	—	—	0,12—0,15	2—3	100	2,8—3,4
Самотвердеющая	75—85	Ферросилиций 6—10		6,0	—	3—4	5—6 Вода 5—6	—	10—12	120	4—5

Примечания. 1. Жидкое стекло, едкий натр и мазут рассчитываются в процентах от веса песчано-глинистой части.
2. Быстротвердеющие составы применяются также для изготовления крупных оболочковых форм и пустотелых оболочковых стержней.

6. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица 87

Назначение и состав вспомогательных формовочных материалов

Материалы	Состав	Назначение
Модельные пудры	Ликоподий, серебристый графит, цемент, тальк	Для лучшего отделения модели от формовочной смеси
Смазка для моделей и стержневых ящиков	50% мазута, 50% керосина	Для уменьшения прилипания смеси
Противопригарные припылы	Каменноугольная пыль, мазут, графит, цемент, кварцевая (маршалитовая) мука, молотый древесный уголь	Для снижения пригара формовочных и стержневых смесей к отливке
Противопригарные натирки	50% графита серебристого, 35% шамота размолотого, 15% глины формовочной, 600 *г* воды на 1 *кг* сухого материала	То же
Противопригарные краски	См. табл. 88	»
Стержневые фитили	80% битума, 20% парафина желтого	Для увеличения газопроницаемости стержней
Формовочные замазки	60% песка кварцевого, 25% графита черного, 15% глины формовочной	Для заделки поверхностных дефектов в формах и стержнях
Стержневые клеи	Раствор белой глины (белюги), 50% сульфитной барды, 50% молотой глины	Для склейки стержней
Легирующие пасты	Размолотые легирующие элементы (марганец, кремний), хром, алюминий, 10% соды или буры, 5% глины	Для изменения химического состава и свойств поверхностного слоя отливки

Таблица 88

Составы противопригарных красок для форм и стержней [1]

Металл отливки	Состав красок по объему, %												
	пылевидный кварц	графит черный	тальк	коксовый порошок	древесно-угольная пыль	патока	сульфитная барда	пек древесный	крепитель ГТФ	каменноугольная пыль	бентонит или формовочная глина	вода	удельный вес красок перед употреблением
Сталь	73	—	—	—	—	—	27	—	—	—	—	—	1,35—1,40
	73	—	—	—	—	27	—	—	—	—	—	—	1,35—1,40
Чугун	—	46—42	—	30	6—7	—	6—7	6—7	—	—	6—7	—	1,35—1,40
	—	39—38	—	39	—	—	6—7	—	6	12	4—5	—	1,35—1,40
Бронза и латунь	—	35—40	—	37—29	13—15	—	5—6	—	—	—	10	—	1,25—1,30
Алюминиевые сплавы	—	—	61	—	—	—	—	—	—	—	4,0	35	1,25

7. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СМЕСЕЙ

При изготовлении литейных форм употребляются единая формовочная, облицовочная, наполнительная, стержневая и быстросохнущая смеси.

Большинство исходных формовочных материалов перед использованием подвергается предварительной подготовке.

Пески подвергаются сушке при температуре 150—200° С до влажности 3—5% и просеиваются через сито с ячейками 1×1 *мм*.

Глинистые пески после сушки размалываются и просеиваются через сито с ячейками 1×1 *мм*.

Глины и бентониты используются в виде порошка, пасты или суспензии (разведенными в воде). Для этого глину дробят на вальцах на куски размером 15—20 *мм* и сушат при температуре 150—200° С до влажности 5—8%, а бентонит при 120—150° С до влажности 12%, а затем размалывают в молотковой дробилке, бегунами или шаровой мельницей и просеивают через сито с ячейками 1×1 *мм*.

Для приготовления пасты влажную глину или бентонит загружают в бегуны, увлажняют до общей влажности 50% и перемешивают до получения однородной массы. Для приготовления суспензии влажную глину или бентонит размачивают в воде в соотношении 1 : 2 или 1 : 3 в течение двух-трех суток, а затем перемешивают в смесителе до получения однородной жидкой массы.

Сульфитно-щелочную барду получают перемешиванием 100 *кг* раздробленного силиката с 50 *кг* воды, нагретой до 50° С. При перемешивании барды получают однородную жидкую массу с удельным весом 1,2—1,3.

Горелую отработанную смесь после выбивки пропускают через вальцы, магнитный сепаратор для отделения металлических включений, просеивают через сито с ячейками 10×10 *мм* и подают в бункер. Смеси с повышенным содержанием пыли при транспортировании подвергаются регенерации. Температура горелой смеси перед употреблением не должна превышать 30—35° С.

Таблица 89

Приготовление формовочных и стержневых смесей

Смесь	Способ приготовления
Единая формовочная смесь	Горелая смесь и 20—35% свежих добавок увлажняются, перемешиваются в течение 5—8 *мин* в смешивающих бегунах или смесителях и транспортируются в бункер-отстойник, где вылеживаются 2—3 *ч*, разрыхляются в дезинтеграторе или аэраторе и подаются на формовку

Продолжение табл. 89

Смесь	Способ приготовления
Облицовочная смесь	Так же, как единая смесь, но с большим количеством свежих материалов, перемешивается 10—12 *мин*
Наполнительная смесь	Так же, как и единая смесь, но количество свежих добавок не превышает 5—8%
Стержневая смесь	Сухой песок, связующие и влага смешиваются в бегунах, смесь выдерживается в течение 2 *ч* и подается на рабочие места
Быстросохнущая смесь	Перемешивают песок и глину с раствором едкого натра в течение 4 *мин*, добавляют жидкое стекло и перемешивают еще 15 *мин*, затем добавляют мазут и перемешивают 5 *мин*. Смесь должна храниться в герметически закрытой емкости или быстро использоваться

Таблица 90

Оборудование для приготовления формовочных и стержневых материалов и смесей [7], [14], [20]

Оборудование	Модель	Назначение	Краткая характеристика	Производительность
I. Оборудование для измельчения формовочных материалов				
Вальцовые дробилки с гладкими валками, ГОСТ 8139—56	1, 2, 3, 4 192	Для дробления комьев песка, сухой глины, угля, отработанной формовочной смеси	Диаметр валков от 400 до 1000 *мм* Длина „ „ 250 „ 500 „ Ширина щели „ 4 „ 12 „	0,9—45 *т/ч*
Вальцовые дробилки с рифленными валками, ГОСТ 7243—54	1, 2, 3	То же	Диаметр валков от 450 до 900 *мм* Длина „ „ 500 „ 900 „ Ширина щели „ 50 „ 90 „	40—120 *т/ч*
Молотковая дробилка (рис. 29), ГОСТ 7090—64	1, 2, 3 ПМ50-26	Для дробления каменного угля, кокса, глины, кварцевого песка	Размеры загрузочного отверстия, *мм*: длина 3 10 ширина 150, 200, 400	2—40 *т/ч* 0,85 *т/ч*

Продолжение табл. 90

Оборудование	Модель	Назначение	Краткая характеристика	Производительность
Шаровая мельница, ГОСТ 7524—64	151М	Для измельчения сухих материалов (угля, кокса, графита, глины и т. п.)	Мощность электродвигателя 1,7—2,5 *квт* Диаметр шаров 40—50 *мм* Скорость вращения барабана 40—45 *об/мин*	0,075 *т/ч*
		II. Оборудование для просеивания		
Передвижная землесеялка (рис. 30)	171	Для просеивания наполнительной смеси	Мощность электродвигателя 0,5 *квт* Размер полотна 400×600 *мм*	1,5—3 *т/ч*
Сито барабанное (рис. 31), ГОСТ 9201—59	ВС-1	Для просеивания формовочных и стержневых материалов	Мощность электродвигателя 6,5 *квт* Размеры барабана: диаметр 450×1500 *мм* длина 1000—3600 *мм* Скорость вращения 8—20 *об/мин*	10—90 *т/ч*

Сито коническое	3М-22	То же	Мощность электродвигателя 4,5 *квт*	25 *т/ч*
Вибрационное сито плоское, ГОСТ 10665—63	СН50 3М-11	Для просеивания различных материалов	Мощность электродвигателя 2 *квт* Размер полотна 800×1800 *мм* Число колебаний 950 в минуту механическое и инерционное	30 *т/ч* 27 *т/ч*
		III. Оборудование для смешивания и разрыхления		
Смешивающие бегуны (рис. 32), ГОСТ 8664—64	111 112 113	Для смешивания формовочных и стержневых смесей	Емкость чаши, $м^3$: 0,2—0,3 0,4—0,6 0,4—0,5 Время перемешивания смеси 3—12 *мин* Мощность электродвигателя 10—28 *квт*	2—3 $м^3/ч$ 4—8 $м^3/ч$ 3—5 $м^3/ч$

Продолжение табл. 90

Оборудование	Модель	Назначение	Краткая характеристика	Производительность
Бегуны непрерывного действия	УЗТМ	Для смешивания формовочных смесей	Диаметр валков 450—600 *мм* Скорость вращения 20 *об/мин* Мощность электродвигателя 30 *квт*	До 50—60 *м³/ч*
Маятниковый смеситель, ГОСТ 8664—64	115 116 1А14	Для смешивания формовочных и стержневых смесей	Диаметр чаши 1950 *мм* Емкость „ 0,45 *м³* Скорость вращения катков 74 *об/мин* Мощность электродвигателя 75 *квт*	20—24 *м³/ч*
Лопаточный смеситель	С одним валом	Для приготовления наполнительных и единых формовочных смесей с малым количеством свежих добавок и для приготовления смесей на жидких связующих	Количество смешиваемых материалов 0,1—0,75 *м³* Диаметр лопастей 300—400 *мм* Длина смесителя 4 *м* Мощность электродвигателя до 14 *квт*	1,0—6,0 *т/ч*
	С двумя валами	Для формовочных смесей	Мощность электродвигателя 28 *квт*	До 60 *т/ч*
Землеразрыхлительная машина, ГОСТ 8749—58	Аэратор 132 134	Для разрыхления формовочной смеси после приготовления ее в бегунах или на других машинах	Мощность электродвигателя 10 *квт* Скорость вращения 750—600 *об/мин*	40—80 *т/ч*
Землеразрыхлительная передвижная ленточная машина	Ройер 121 ЗМ40	Для разрыхления наполнительной формовочной смеси (чаще всего применяется на плацу, у рабочих мест формовщиков)	Мощность электродвигателя 1,4 *квт* Скорость вращения приводного вала 550 *об/мин*	5—8 *т/ч*

Продолжение табл. 90

Оборудование	Модель	Назначение	Краткая характеристика	Производительность
Землеразрыхлительная дисковая машина (рис. 33)	Дезинтегратор 3-141	Для разрыхления формовочных смесей	Мощность электродвигателя 5,2 *квт* Диаметр дисков 750—850 *мм* Скорость вращения 325—350 *об/мин*	5—10 *т/ч*
Электромагнитный сепаратор (рис. 34, 35)	ШЛ-55 ШЛ-65 ШЛ-75	Для удаления из формовочной земли металла, притягиваемого магнитом	Мощность электродвигателя 0,8—1,4 *квт* Диаметр шкива 300—700 *мм* Ширина ленты 300—750 *мм*	10—40 *т/ч*
		IV. Сушка формовочных материалов		
Вертикальное сушило для песка (рис. 36)	—	Для удаления влаги из песка	Многоподовая печь Вид топлива: твердое, мазут и газ Расход топлива на 1 *т* песка при влажности 15%—40—60 *кг*	0,5—4,0 *т/ч*
Горизонтальное сушило для песка и глины (рис. 37), нормаль „Теплопроект", 1958	СОБ-1 СОБ-2 СОБ-3 СОБ-4 СОБ-5	Для удаления влаги из песка и глины	Скорость вращения 2—8 *об/мин* Расход топлива на 1 *т*: песка—26—30 *кг*, глины—47—54 *кг* Диаметр барабана 1,0—2,0 *м* Длина 1,65—10,0 *м*	Песка 0,6—9,2 *т/ч*, глины при влажности 25% 0,25—3,45 *т/ч*
Трубчатая сушильная печь	—	Для сушки песка	Число рядов труб по вертикали 6—8 шт. Диаметр—100—120 *мм* Расход топлива 60—80 *кг* на 1 *т* песка	1,0—1,5 *т/ч*
Сушильные плиты	—	Для сушки песка и глины с повышенной влажностью	Расход топлива на 1 *т*: песка—100—120 *кг* глины—250—300 *кг* Площадь пода 5—15 *м²*	С 1 *м²* пода, *кг/ч*: песка 60—100 глины 30—50 *кг/ч*

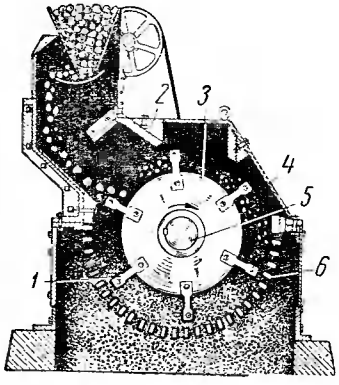


Рис. 29. Схема молотковой дробилки:
1 — молотки, *2* — броневые плиты, *3* — барабан с молотками, *4* — корпус, *5* — ось ротора, *6* — колосниковые решетки

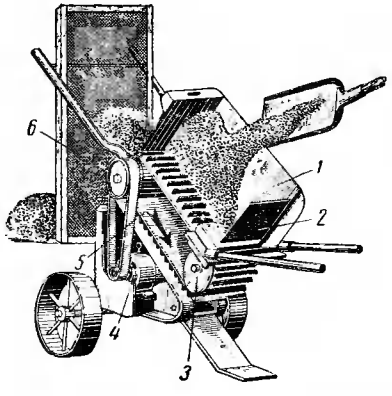


Рис. 30. Передвижная землеразрыхлительная машина:
1 — корпус машины, *2* — задняя стеика, *3* — барабан, *4* — привод, *5* — транспортирующая лента, *6* — выносное вертикальное сито

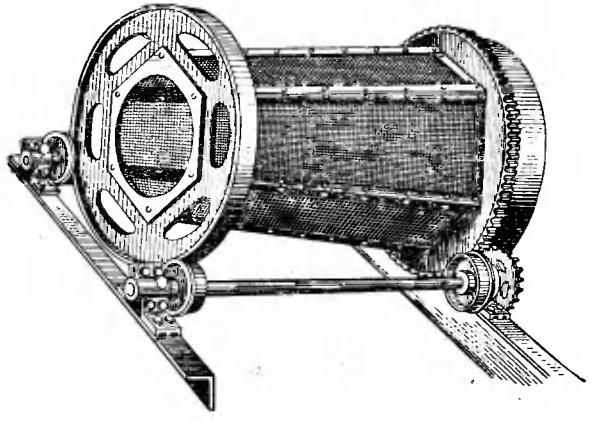


Рис. 31. Барабанное сито

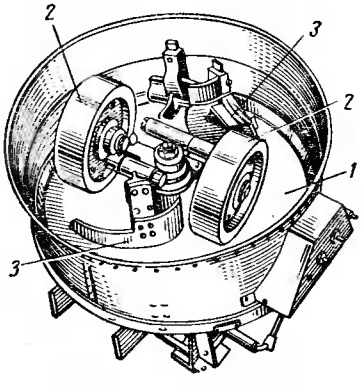
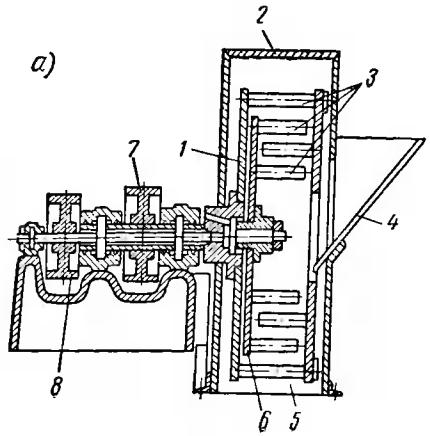


Рис. 32. Смешивающие бегуны:
1 — чаша бегунов, *2* — вертикальные катки, *3* — отвальный лемех



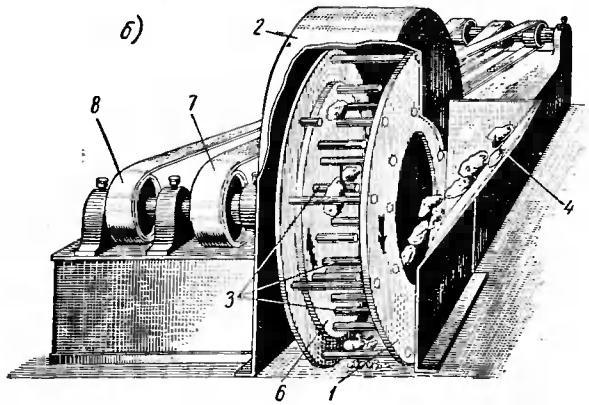


Рис. 33. Дисковый разрыхлитель-дезинтегратор:
а — схема, *б* — общий вид; *1* — диск наружный, *2* — кожух, *3* — пальцы, *4* — загрузочная воронка, *5* — окно выдачи, *6* — диск внутренний, *7* — шкив привода внутреннего диска, *8* — шкив привода наружного диска

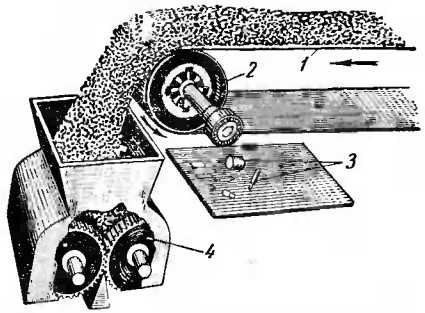


Рис. 34. Схема переработки горелой земли:
1 — ленточный транспортер, *2* — магнитный шкив, *3* — отсеиваемые чугунные и стальные включения, *4* — вальцовая дробилка

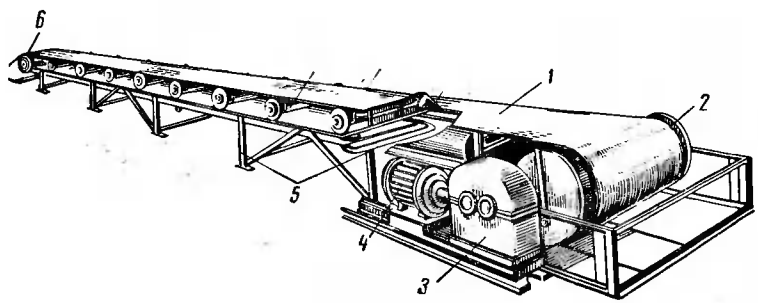


Рис. 35. Общий вид ленточного конвейера:
1 — транспортирующая резиновая лента, *2* — приводной шкив, *3* — редуктор, *4* — электродвигатель, *5* — стойки, *6* — натяжной шкив

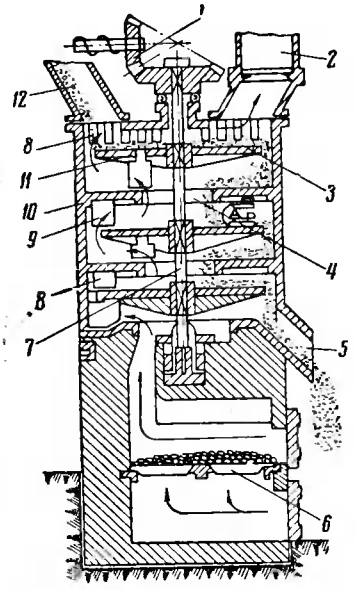


Рис. 36. Вертикальная печь для сушки песка:

1 — шестерня привода, *2* — отвод печных газов, *3* и *4* — каналы для пересыпания, *5* — выходной желоб, *6* — колосниковая решетка, *7* — ось дискового пода, *8* и *9* — направляющие тарельчатого пода, *10* — кожух, *11* — тарельчатый под, *12* — приемный желоб

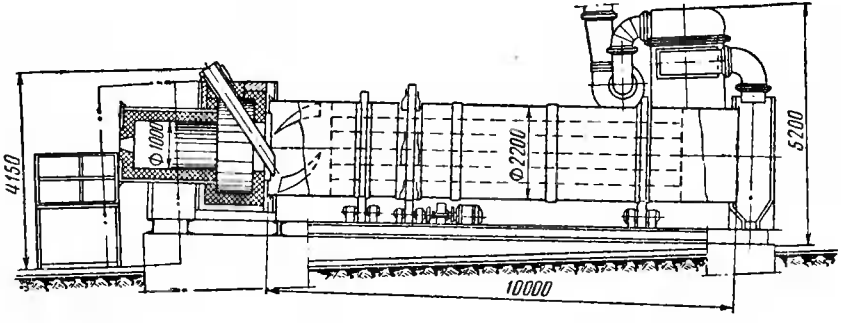


Рис. 37. Горизонтальное барабанное сушило для песка

Глава V. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

В зависимости от размеров отливки и способа литья применяются следующие виды формовок:

ручная формовка в почве (открытая и закрытая) применяется при индивидуальном производстве в основном для крупных отливок; она малопроизводительна;

ручная формовка в опоках применяется при индивидуальном и мелкосерийном производстве для мелких и средних отливок и для крупных отливок, которые не могут формоваться на машинах;

машинная формовка применяется при серийном и массовом производстве для мелких и средних отливок.

Большинство форм для крупных и сложных отливок перед заливкой сушится, а для мелких и средних отливок простой конфигурации формы заливаются сырыми.

1. ФОРМОВОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

При изготовлении и отделке литейных форм и стержней применяются следующие инструменты (рис. 38):

для просеивания формовочной смеси — сито (рис. 38, *з*) и грохот;

для уплотнения смеси в форме или в стержневом ящике — трамбовки ручные (рис. 38, *а*) и пневматические (рис. 38, *к*);

для заглаживания поверхности — гладилки (рис. 38, *б*);

для отделки формы — ланцеты (рис. 38, *г*);

для отделки и исправления формы — ложечки, крючки (рис. 38, *д*), угольники (рис. 38, *в*);

для извлечения модели из формы — подъемы (рис. 38, *е*);

для расталкивания модели и стержневого ящика — деревянный молоток;

для наколов вентиляционных каналов — душники;

для очистки модели от пыли и смачивания формовочной смеси около модели — щетки и кисти, помазок (рис. 38, *и*);

для окрашивания литейных форм — пульверизатор;

для засыпки формовочной смеси в опоки — лопата (рис. 38, *ж*).

При формовке используются следующие приспособления:

штыри для центрирования опок;

скобы для скрепления опок;

грузы для нагружения форм перед заливкой;

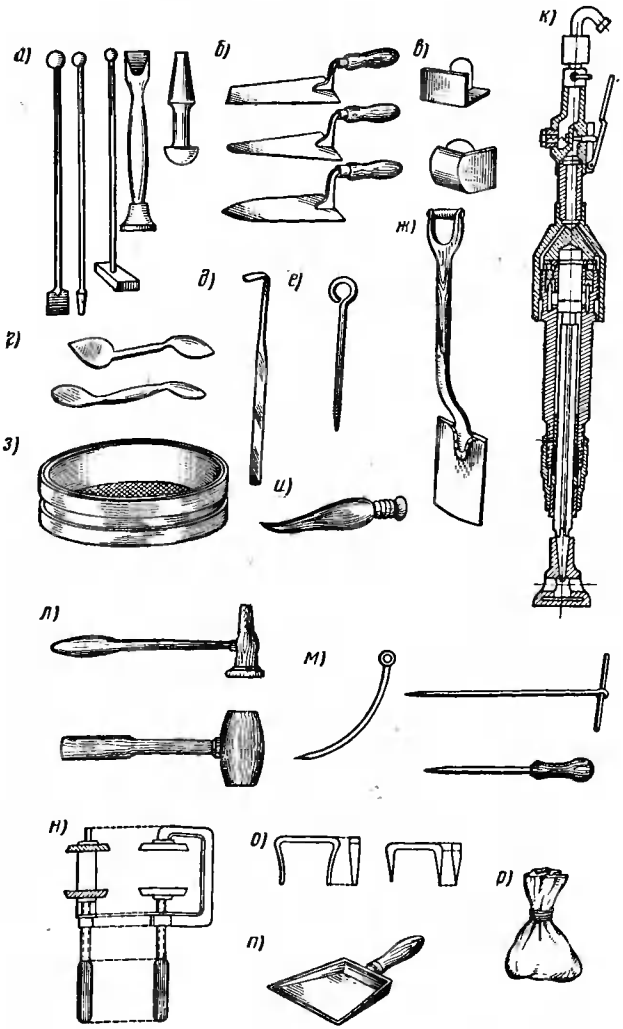


Рис. 38. Формовочный инструмент и приспособления:
а — трамбовки ручные, *б* — гладилки, *в* — угольники, *г* — ланцеты, *д* — крючки, *е* — подъем, *ж* — лопата, *з* — ручное сито, *и* — помазок (мочальная кисть), *к* — пневматическая трамбовка, *л* — киянки, *м* — нглы, *н* — струбцины, *о* — скобы, *п* — совок, *р* — мешок с припылом

обдувочные сопла и пылесосы для очистки формы перед сборкой и перед заливкой, а также транспортные устройства для транспортирования опок, форм и т. д.

2. РУЧНАЯ ФОРМОВКА В ПОЧВЕ И ОПОКАХ

Формовка в почве

В зависимости от конфигурации и размеров отливки применяются следующие виды почвенной формовки: открытая, закрытая и формовка по шаблону.

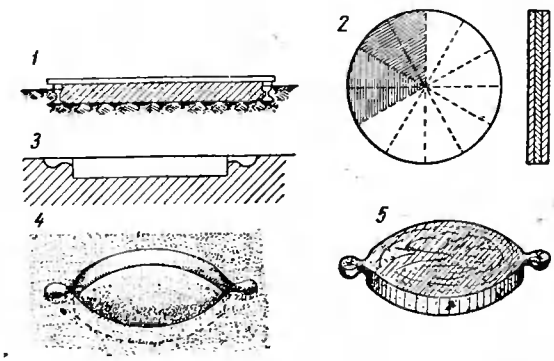


Рис. 39. Открытая формовка по мягкой постели:
1 — мягкая постель, *2* — модель, *3* и *4* — открытая литейная форма, *5* — отливка

Открытая формовка в почве по мягкой постели (рис. 39) применяется при отливке деталей с неответственной плоской верхней поверхностью. Открытая формовка ведется на мягкой постели. На плацу делают яму глубиной на 100—120 *мм* больше высоты модели. Почву утрамбовывают, по краям устанавливают направляющие рейки. Пространство между рейками набивают наполнительной смесью слоем 100—150 *мм*, а сверху — облицовочной смесью 10—15 *мм*.

На подготовленную постель укладывают модель и легкими ударами молотка или трамбовки осаживают до уровня реек. Зазоры около боковых стенок заполняют облицовочной смесью. После чего модель извлекают и прорезают литниковую систему, состоящую из чаши и питателей.

Закрытая формовка в почве применяется для средних и крупных отливок при индивидуальном и мелкосерийном производстве. Она является комбинированной. Нижнюю часть отливки получают в почве, а верхнюю в опоке, закрывающей форму. Закрытая формовка ведется по твердой постели (рис. 40). Для этого на плацу роют яму глубиной на 200—250 *мм* больше высоты модели. На дно ямы

насыпают слой пористых материалов (кокс, гарь, шлак и т. д.). По краям слоя устанавливают две — четыре вентиляционные трубы диаметром 50—100 *мм* и затем набивают слой наполнительной смеси толщиной 100—150 *мм*. Сверху насеивают слой облицовочной смеси толщиной 50—70 *мм*, затем устанавливают модель. Пространство между стенками модели и ямой забивают облицовочной смесью. Вокруг модели накалывают вентиляционные каналы. Верхнюю поверх-

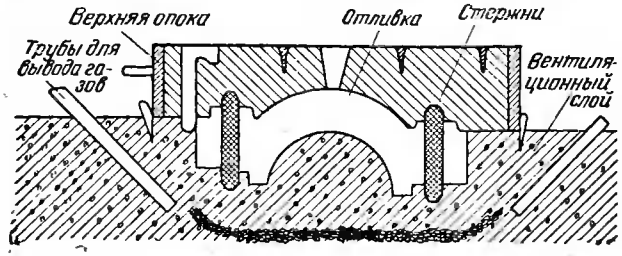


Рис. 40. Закрытая формовка в почве по твердой постели

ность заглаживают и посыпают разделительным песком. По клиньям устанавливают и заформовывают опоку. Затем верхнюю полуформу снимают, извлекают модель, форму отделывают и собирают. Перед заливкой верхнюю полуформу нагружают.

При шаблонной формовке литейную форму изготовляют не по модели, а по плоским шаблонам, вращаемым вокруг оси или передвигаемым по специальным направляющим.

Формовку по шаблону с вертикальной осью проводят в почве с помощью специального приспособления, жестко закрепленного в яме (рис. 41, *в*). Для изготовления формы применяют два шаблона: один для заточки земляного болвана (рис. 41, *г*), по которому набивают верх формы (рис. 41, *д*), другой — для снятия с земляного болвана формовочной смеси на толщину отливки (рис. 41, *ж*), после чего форма собирается под заливку (рис. 41, *и*).

Изготовление шаблонов проще и дешевле изготовления моделей. Формовка по шаблону применяется в индивидуальном и мелкосерийном производстве для средних и крупных отливок.

Формовка в опоках

Кроме почвенной формовки, широко применяют формовку в парных опоках, которая более производительна, обеспечивает лучшее качество отливок и большую точность размеров.

При формовке в опоках часть операций механизирована. Набивка формовочной смеси может производиться пескометом, сушка форм — в сушилах, а сборка и заливка форм — на специальных участках цеха. Это обеспечивает поточность производства и улучшает условия работы.

Ручная формовка в парных опоках ведется по цельной плоской модели, по цельной модели с подрезкой, с фальшивой опокой или с

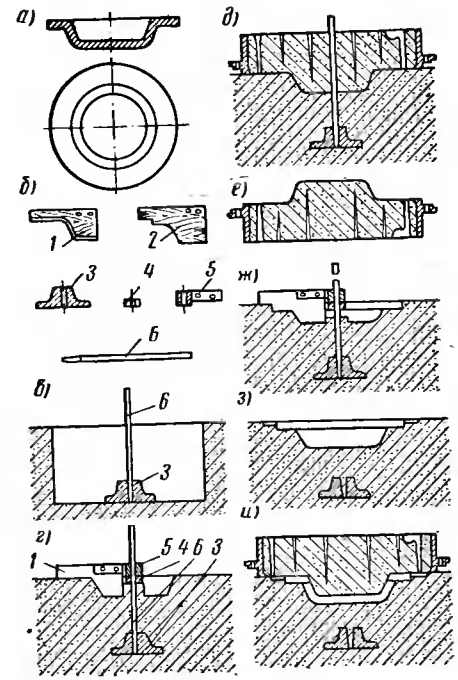


Рис. 41. Шаблонная формовка с вертикальной осью:

а — отливка, *б* — детали шаблона, *в* — установка подпятника и оси в литейной яме, *г* — формовка контура верхней опоки первым шаблоном, *д* — формовка верхней полуформы, *е* — верхняя полуформа, *ж* — установка второго шаблона, *з* — вид формовки после снятия шаблона, *и* — форма в сборе; *1* — шаблон профиля верхней опоки, *2* — шаблон с профилем отливки, *3* — подпятник, *4* — установочная шайба, *5* — рукав шаблона, *6* — ось шаблона

фигурной подмодельной плитой, по разъемным моделям в съемных опоках (безопочная формовка), в трех съемах, в стержнях и т. д.

Формовка по цельной модели (рис. 42) применяется при изготовлении простых отливок с плоской, без выступов, поверхностью.

Модель обычно заформовывают в нижней половине формы, а в верхней ее половине располагают только элементы литниковой системы (чаша, стояк, шлакоулавливатель).

По разъемной модели ведут формовку большинства сложных отливок (рис. 43). Вначале заформовывают одну половину модели. Полуформу вместе с моделью перевертывают и устанавливают вторую половину модели в опоку, затем набивают верхнюю полуформу. После извлечения модели и отделки полуформы устанавливают стержни и собирают форму. Боковые углубления и отверстия образуют стержнями.

Формовку по модели с отъемными частями (рис. 44) ведут в случае, когда хотят избежать излишних плоскостей разъема формы или специальной подрезки и применения стержней. При этом виде формовки извлекают основную модель, а отъемные части остаются в форме и затем вынимаются из нее в другом направлении через полость, образованную в форме основной частью модели.

При наличии небольших выступов на модели, мешающих ее извлечению из формы, эти части делают отъемными на гвоздях или клиновидных шипах.

Формовка по модели с подрезкой (рис. 45) применяется при изготовлении небольшого количества отливок, имеющих сложные, фигурные очертания или тонкие выступающие части, которые при отдельном изготовлении были бы непрочными.

Особенностью этого вида формовки является подрезка части смеси после формовки модели в нижней опоке, после чего заформовывают вторую половину формы, в которой образуют выступающий болван, соответствующий подрезке в первой полуформе.

Формовку по фальшивой опоке (рис. 46) применяют в тех случаях, когда необходима глубокая подрезка при изготовлении небольшой серии отливок.

Фальшивая опока является как бы земляным фигурным щитком, на который укладывают цельную модель. Необходимость в подрезке разъема каждой изготовляемой формы, таким образом, отпадает. На фальшивую опоку с вложенной в нее моделью ставят нижнюю опоку с вложенной в нее моделью, после набивки ее снимают и переворачивают. Модель при этом остается в набитой нижней опоке. На нижнюю опоку ставят верхнюю и набивают, после чего вынимают модель и собирают форму для заливки.

Для большой партии отливок, имеющих внешние выступы, на плоскости разъема применяют формовку по модели с фигурным подмодельным щитком (рис. 47). Щиток может быть деревянным, гипсовым или цементным. В нем делают впадины, соответствующие очертаниям заданной модели, до плоскости разъема полуформ.

При серийном и массовом производстве мелких отливок с целью экономии сборочно-заливочной площади и повышения производи-

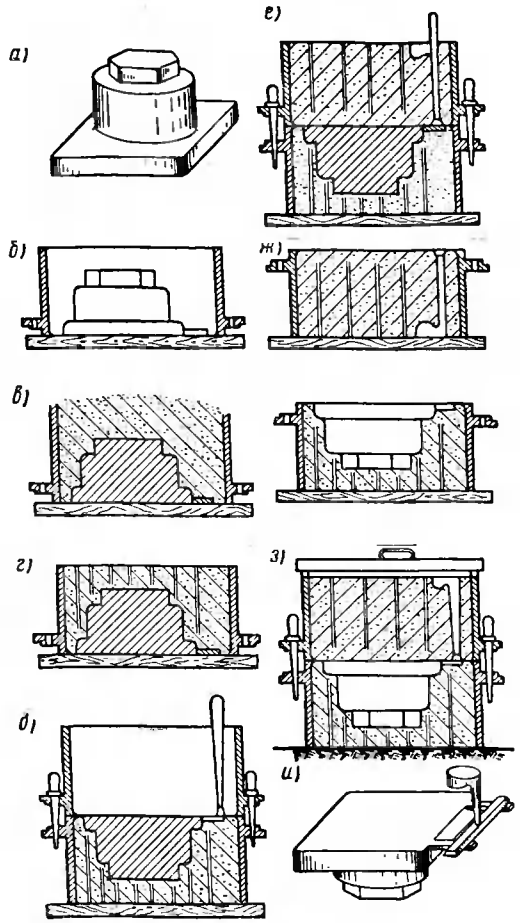


Рис. 42. Формовка по цельной модели в парных опоках:

а — модель отливки, *б* — установка модели нижней опоки на подмодельный щиток, *в* — обработка модели облицовочной и засыпка наполнительной смесью, *г* — уплотнение смеси, снятие излишек, наколи иглой вентиляционных каналов, *д* — нижняя полуформа с моделью в перевернутом положении, установка верхней опоки и модели литниковой системы, *е* — формовка верхней полуформы, *ж* — верхняя и нижняя полуформы, *з* — форма в сборе, *и* — отливка с литниковой системой

тельности труда применяют стопочную формовку (рис. 48) по односторонним или двухстороннм плитам. Для заливки формы устанавливают одну на другую и устраивают вертикальный литни-

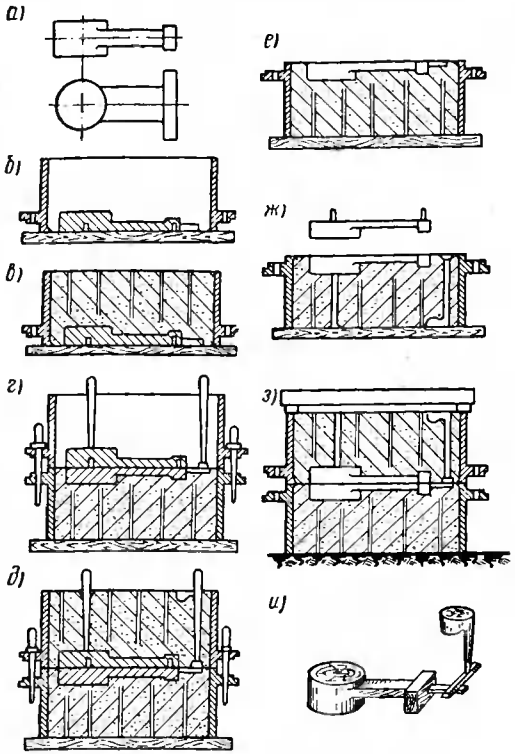


Рис. 43. Формовка по разъемной модели:
а — модель, *б* — нижняя половинка модели (без шипов) и модель питателя на подмодельном щитке, *в* — заформована нижняя полуформа, *г* — нижняя полуформа перевернута, установлена верхняя опока и верхняя часть модели, модель стояка и выпора, *д* — заформована верхняя полуформа, *е* — нижняя полуформа после извлечения модели, *ж* — верхияя полуформа с вынутой моделью, *з* — форма в сборе, *и* — готовая отливка с литниковой системой

ковый ход, общую чашу для заливки, что упрощает заливку мелких форм.

При индивидуальном и мелкосерийном пронзводстве сложных отливок, имеющих выступы в различных плоскостях по высоте, когда модель не может быть целиком извлечена в одном направлении,

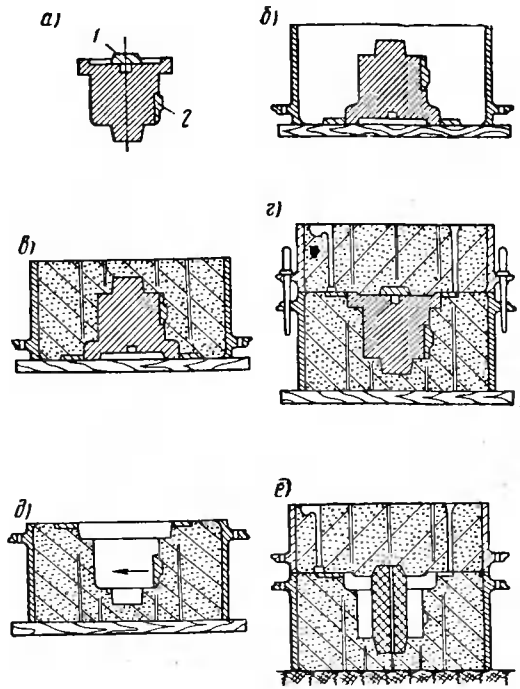


Рис. 44. Формовка по модели с отъемными частями в парных опоках:
а — модель отливки: *1* и *2* — отъемные части, *б* — модель и нижняя опока на щитке, *в* — заформованная нижняя полуформа, *г* — заформована верхняя и нижняя полуформы, *д* — нижняя полуформа после извлечения модели, *е* — форма в сборе

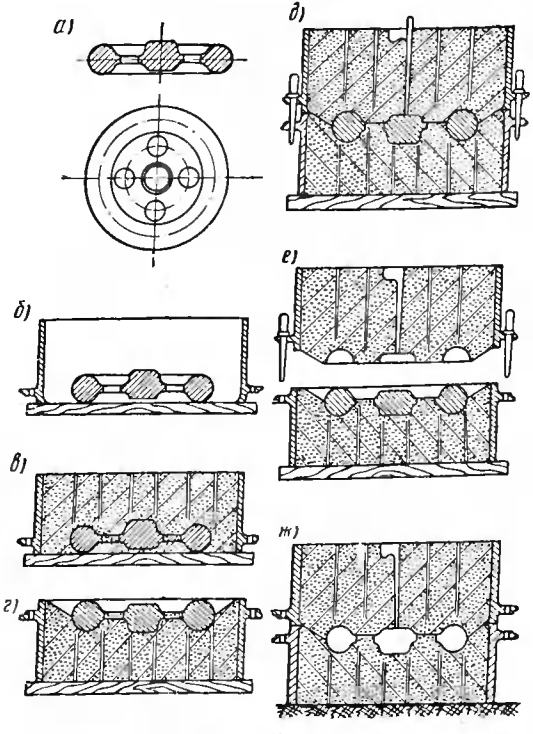


Рис. 45. Формовка по модели с подрезкой в парных опоках:

а — неразъемная модель, *б* — модель на подмодельном щитке, *в* — набита нижняя полуформа, *г* — произведена подрезка до наиболее широкого места модели, *д* — заформована верхняя полуформа, *е* — разъем полуформ, *ж* — форма в сборе

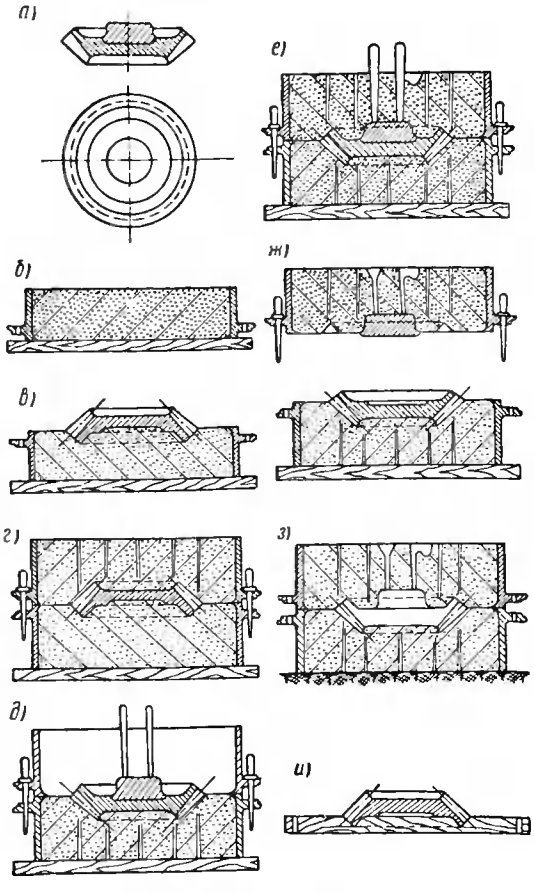


Рис. 46. Формовка зубчатого колеса по фальшивой опоке:

а — модель, *б* — набита фальшивая опока, *в* — осаживание модели в фальшивую опоку, *г* — набивка нижней полуформы, *д* — установка верхней опоки и модели стояка и выпора, *е* — набита верхняя полуформа, *ж* — разъем полуформ, *з* — форма в сборе, *и* — модель на фигурном подмодельном щитке

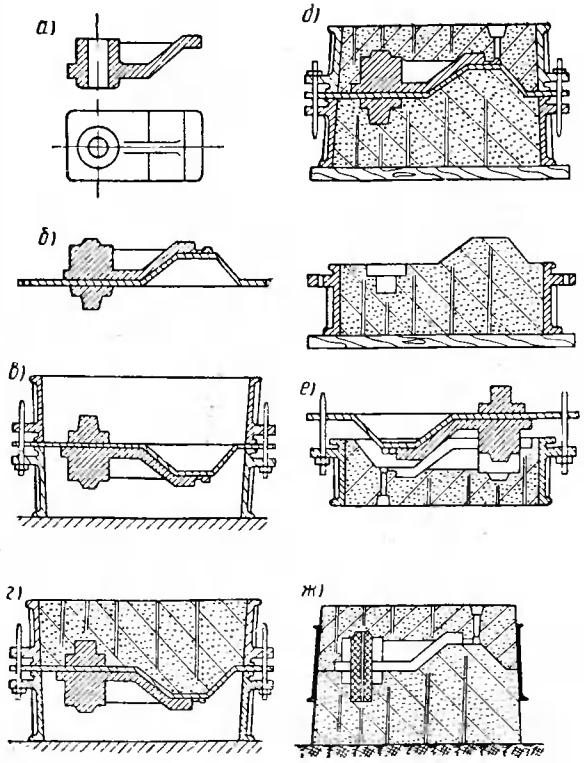


Рис. 47. Безопочная формовка по модели эксцентрика с двухсторонним фигурным подмодельным щитком:

а — отливка, *б* — фигурная двухсторонняя модельная плита, *в* — модельная плита в съемных опоках, *г* — набивка нижней полуформы, *д* — набивка верхней полуформы, *е* — съем модельной плиты, *ж* — готовая форма с тонким металлическим жакетом

применяют формовку по модели в трех съемах (рис. 49). Особенность этого вида формовки состоит в том, что части модели извлекают через две поверхности разъема: после набивки формы снимают верхнюю полуформу, нижнюю и среднюю полуформы поворачивают и, сняв нижнюю полуформу, извлекают модель.

Формовка в съемных опоках (безопочная) применяется для мелких (по 3—5 *кг*) отливок при массовом производстве как при ручной, так и при машинной формовке (рис. 50). Формовка ведется по двухсторонней модельной плите с набивкой нижней, а затем верхней полуформ (рис. 50, *а*, *б*). После этого верхнюю опоку

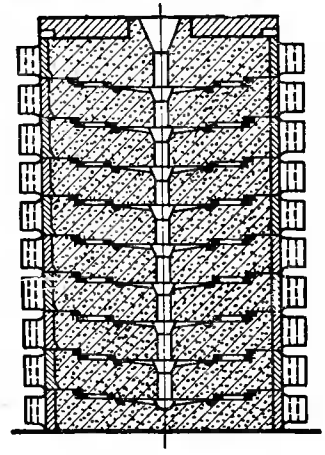


Рис. 48. Стопочная формовка

поднимают (рис. 50, *в*), а с нижней снимают модельную плиту (рис. 50, *г*), затем проставляют стержни, накрывают форму (рис. 50, *д*) и с собранной формы одновременно снимают обе половины опоки и заменяют их тонкостенным жакетом (рис. 50, *е*).

При серийном и массовом производстве отливок с очень сложными очертаниями применяют формовку в стержнях, которые собирают в металлических жакетах или земляных формах. Внутренние и внешние очертания отливок образуют стержнями. Сборку стержней ведут с помощью шаблонов.

Для единичного производства крупных отливок пользуются формовкой по скелетным моделям (рис. 51). Толщина отдельных сечений скелета равна толщине стенки отливки. Внешние контуры формы и стержень соответствуют внешним и внутренним очертаниям скелета. Выгребают формовочную смесь на толщину стенки скребками. Порядок операций: формуют нижнюю половину, стержень и верхнюю половину, затем выгребают формовочную смесь на глубину скелетной модели, снимают верхнюю часть модели и стержень, выгребают формовочную смесь из нижней половины, после чего форму собирают под заливку.

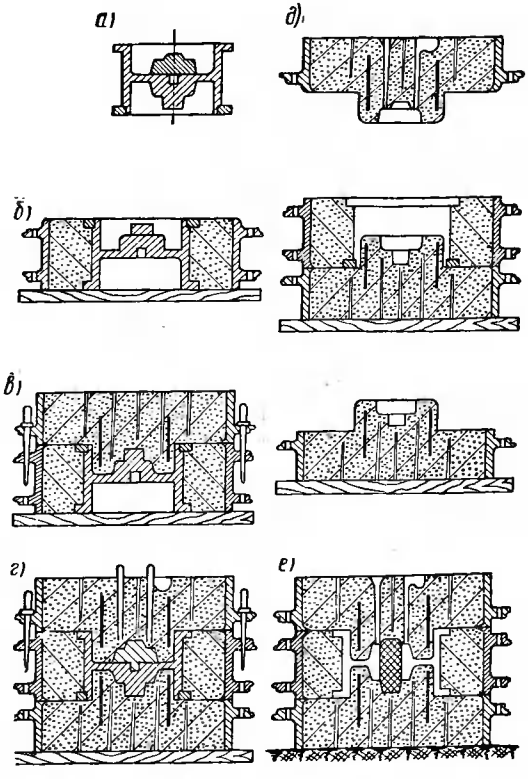


Рис. 49. Формовка шкива с двумя ребордами по модели в трех съемах:

а — модель, *б* — формовка средней опоки, *в* — формовка нижней опоки, *г* — формовка верхней опоки, *д* — выем модели, *е* — форма в сборе

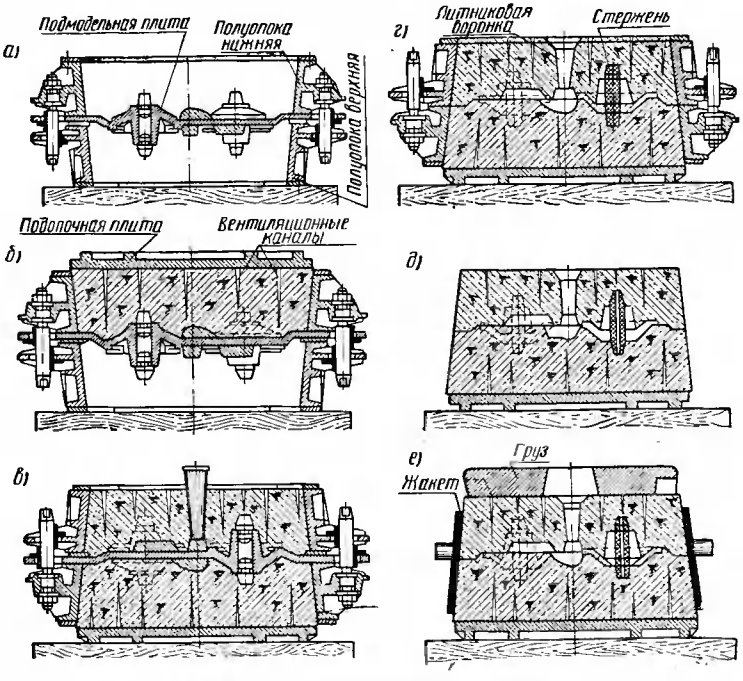


Рис. 50. Формовка в съемных опоках по цельной двухсторонней модельной плите:

а — модельная плита в съемных опоках, *б* — формовка нижней полуформы, *в* — формовка верхней полуформы, *г* — собранная форма в съемных опоках, *д* — собранная форма со снятыми опоками, *е* — форма в сборе (с надетым жакетом и наложенным грузом — перед заливкой)

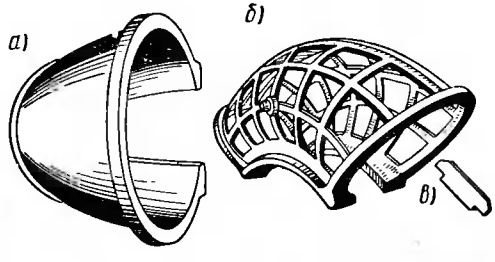


Рис. 51. Скелетная модель корпуса турбинной спирали:

а — отливка, *б* — скелетная модель, *в* — выгребной шаблон

Основные операции

Основными операциями при ручной формовке являются: засыпка и уплотнение формовочной смеси, устройство вентиляционных каналов и установка крюков, шпилек, солдатиков, жеребеек и каркасов.

Чрезмерное уплотнение формовочной смеси вредно, так как ухудшает газопроницаемость, снижает податливость формы, что приводит к короблению и даже появлению трещин на отливке.

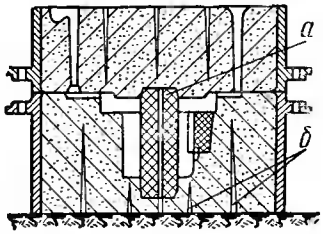


Рис. 52. Собранная форма корпуса подпятника со стержнем (*а*) и вентиляционными каналами (*б*)

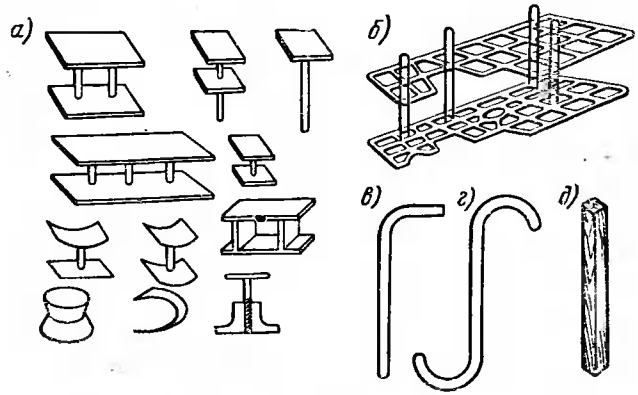


Рис. 53. Приспособления для крепления частей формы:
а — жеребейки различных видов, *б* — каркасы для армирования стержней, *в* — шпилька, *г* — крючок, *д* — солдатик

При ручной формовке следует производить наибольшее уплотнение около стенок модели.

Для чугуна, стали и медных сплавов формовочная смесь должна уплотняться сильнее.

Для алюминиевых и магниевых сплавов, имеющих меньшую плотность и низкую температуру заливки, уплотнение должно быть более слабым, так как давление металла на стенки формы несколько меньше.

Для улучшения выхода газов из формы делают специальные вентиляционные каналы (рис. 52), для чего накалывают поверхность формы душником ∅ 3—5 *мм* (5—10 наколов на 1 *дм*^{2} поверхности). Вентиляционные каналы накалывают также от знаков стержней.

Для увеличения прочности крупных выступов, болванов или больших поверхностей в форме их укрепляют шпильками (рис. 53, *в*) длиной 50—100 *мм* через каждые 30—100 *мм*, в ребрах или стенках опоки устанавливают проволочные крюки ∅ 3—8 *мм* (рис. 53, *г*) или деревянные солдатики (рис. 53, *д*) длиной 60—500 *мм* через каждые 50—120 *мм*. Стержни крепят жеребейками (рис. 53, *а*) и каркасами (рис. 53, *б*).

3. МАШИННАЯ ФОРМОВКА

Характеристика и основные операции

Машинная формовка применяется при серийном и массовом производстве. По сравнению с ручной формовкой она имеет ряд преимуществ: большую производительность, большую точность и лучшее

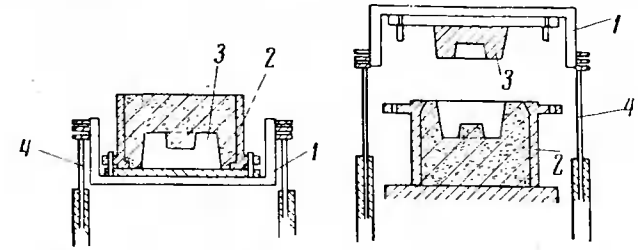


Рис. 54. Схема извлечения модели из формы вверх:
1 — поворотный стол, *2* — полуформа, *3* — модель, *4* — штоки подъема стола

качество поверхности, более равномерное уплотнение, большую прочность и лучшую газопроницаемость литейной формы.

Процесс машинной формовки состоит из следующих основных операций:

установка опоки на модельной плите и ее центрирование по штырям;

наполнение опоки формовочной смесью;

уплотнение формовочной смеси в форме встряхиванием с подпрессовкой, прессованием или пескометом, удаление излишков смеси, накол вентиляционных каналов;

извлечение модели из полуформ вверх (рис. 54), вниз через протяжную плиту (рис. 55), подъемом полуформ с модельной плиты с помощью штифтов (рис. 56) или опусканием полуформы вниз от модельной плиты (рис. 57);

съем полуформ с машины и передача ее на сборку;

установка стержней в нижнюю полуформу и накрывание верхней при помощи центрирующих штырей;

скрепление полуформ и транспортирование на заливку.

На формовочных машинах обычно механизируется большинство операций, в том числе и уплотнение формовочной смеси.

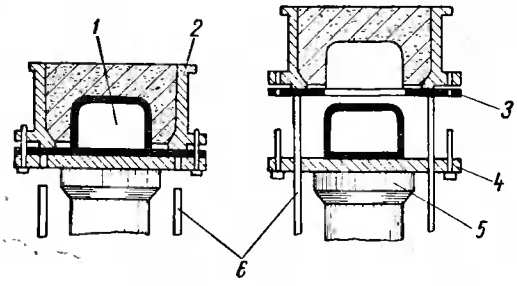


Рис. 55. Схема извлечения модели вниз через протяжную плиту:
1 — модель, *2* — опока, *3* — протяжка плиты, *4* — модельная плита, *5* — опускающийся стол модели, *6* — штифты подъема опоки

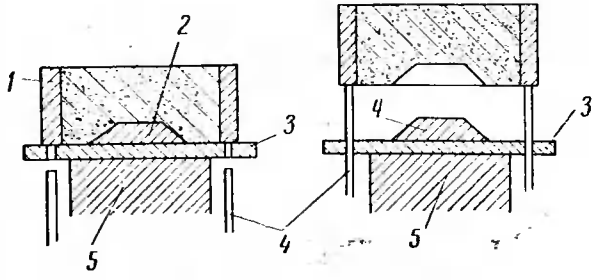


Рис. 56. Схема извлечения модели подъемом полуформ штифтами вверх:
1 — опока, *2* — модель, *3* — модельная плита, *4* — штифты, *5* — стол машины

В зависимости от метода уплотнения различают следующие типы формовочных машин (табл. 91, 92):

встряхивающие;

встряхивающие с подпрессовкой верхней поверхности опоки;

прессовые с нижним и верхним прессованием;

пескометы;

для изготовления оболочковых полуформ.

В последнее время для повышения производительности труда формовщиков при индивидуальном и мелкосерийном производстве

применяют быстросменную оснастку (рис. 58). На стандартной подмодельной плите делается система гнезд для быстрого крепления моделей отливки и литниковой системы. Модели имеют специальные

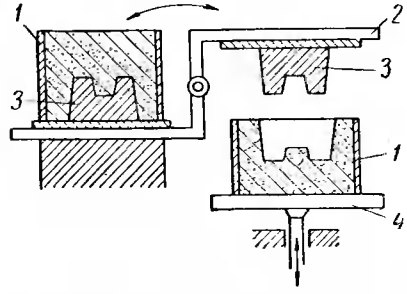


Рис. 57. Схема извлечения модели опусканием полуформ вниз от модельной плиты:
1 — опока, *2* — поворотный стол, *3* — модель, *4* — прижимной стол

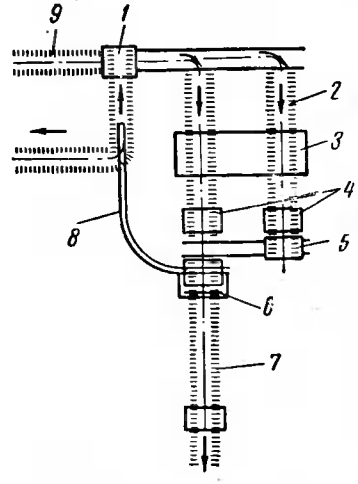
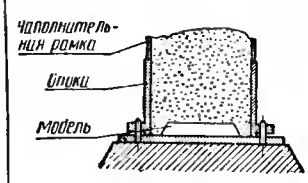
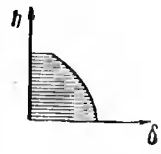
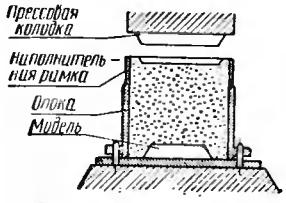
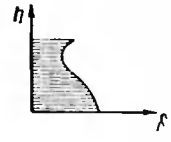
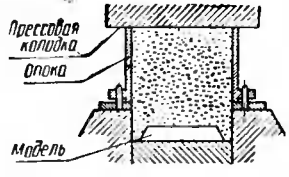
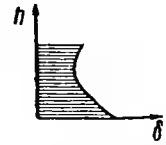
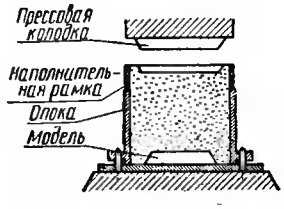
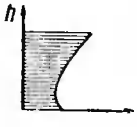
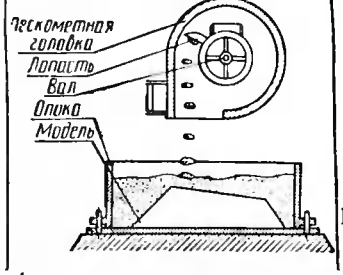


Рис. 58. Схема формовочного участка со скользящей оснасткой:
1 — установка моделей на плиты, *2* — рольганги, *3* — участок засыпки формовочной смеси в опоки, *4* — встряхивающие формовочные машины, *5* — тележка передачи полуформ, *6* — протяжной станок для выемки моделей, *7* — рольганг сборки форм, *8* — линия подачи моделей, *9* — рольганг подачи подмодельных плит

штыри для крепления на плите. Модель укрепляется на плите и подается для формовки на встряхивающую машину. Формовка производится в стандартных опоках. Плита вместе с моделью снимается с формы и может использоваться повторно или поступает на участок замены моделей.

Таблица 91

Характеристика машинной формовки [14], [11]

Метод уплотнения	Схема работы машины	Характеристика уплотнения и график (*h*—высота опоки, *мм*; δ—степень уплотнения, *г/см³*)	Применение
Встряхивание		 Неравномерное (максимальное у модельной плиты, слабое в верхней части, рыхлые места около острых углов модели)	Для высоких как мелких, так и крупных полуформ
Встряхивание с допрессовкой сверху		 Неравномерное (наибольшее у модельной плиты и вверху у прессовой плиты)	Для мелких и средних полуформ средней высоты
Нижнее прессование		 Неравномерное (наибольшее внизу у модельной плиты, постепенно снижающееся кверху)	Для невысоких опок при формовке по моделям сложной конфигурации, верхних полуформ
Верхнее прессование		 Неравномерное (наибольшее вверху у прессовой плиты, постепенно снижающееся к модельной плите)	Для невысоких опок, нижних полуформ
Пескометный		Равномерное (слегка увеличивается книзу)	Для крупных полуформ единичных отливок

На автоматических формовочных машинах применяются различные методы уплотнения формовочной смеси, при этом все операции (установка опок, заполнение смесью, уплотнение, извлечение модели, сборка форм, кроме установки стержней, и передача полуформы на транспортирующий конвейер) производятся специальными механизмами без непосредственного участия рабочих, по сигналам системы автоматического управления.

Таблица 92

Формовочные машины

Характеристика формовочных машин [26], [4]

Тип	Метод съема полуформ	Марка	Максимальные размеры модельных плит, *мм*	Ход вытяжки модели, *мм*	Максимальная подъемная сила, *кГ*	Производительность в час	Вид энергии, приводящей машину в действие
Прессовые:							
с верхним прессованием (рис. 59, 60)	Штифтовой	222	800×1000	170	6200; 48000	80—120 полуформ	Сжатый воздух
		791	750×950	200			
с нижним прессованием (рис. 61)	Протяжная плита	ПФ-3	540×720	70—120	10 000	80—100 то же	То же
		ПФ-4	670×750	100	16 000		
Встряхивающие:							
без допрессовки, ГОСТ 7020—62 (рис. 62)	Штифтовой	242; 243; 244; 845к	710×1000 1250×2120	250—460	600—2000	15—40 „	„
	Поворотная плита	845; 846	800×1200 1100×1800	450; 700	1380; 2400	6—15 „	„
без допрессовки, ГОСТ 7020—62 (рис. 63) (для нижних опок и стержня)	Перекидной стол и вытяжной механизм		500×800 700×900	400 600	400 600		
		231; 232; 233; 234; 235; 236	800×100 1000×2000 1400×2000 2000×2500	800 1100 1300 1600	1350 2500 500 10 000	40—90 полуформ до 10 то же до 5 „	Сжатый воздух То же „
с допрессовкой, ГОСТ 7020—62 (рис. 64, 65)	То же	МФ-17	2800×4200	До 2000	17 000	1—6 „	„
	Не механизировано	УЗТМ	3000×6000	1500	40 000	1—2 „	„
	Штифтовой	271; 226; 794	400×500 550×550	от 150 500	150 600	80—100 „	„
	Протяжная плита	266М; 2М265; 267; 268;	500×600 700×800 800×1000 1000×1200	250 250 325 350	400 600 1200 1500	40—50 „	„
	Поворотный стол	253М; 254М; 255 М	500×600 700×800 800×1000	240 290 325	400 600 900	40—45 „	„
Пескометные (рис. 66)	Стационарные, передвижные	291; 292; 293; 294; 295; 296; 297	1500×4500 1700×12000 (радиус набивки)	Обслуживаемая площадь 25—45 $м^2$		3—50 $м^3$	Электроэнергия
Машины для изготовления оболочковых полуформ:							
четырехпозиционная (рис. 67)	Штифтовой	СКФ2М	300×400	125		75	То же
шестипозиционная (рис. 68)	„	832	450×550	100	—	200	„
восьмипозиционная, ГОСТ 9311—59	„	837	450×550	90	—	300	„

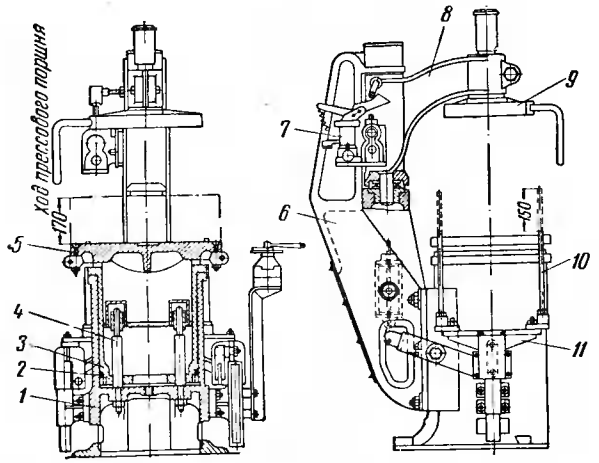


Рис. 59. Пневматическая формовочная машина с верхним прессованием типа 222:

1 — прессующий цилиндр, *2* — уплотняющие кольца, *3* — прессующий поршень, *4* — тормозные демпферы, *5* — стол, *6* — стойка консоли, *7* — клапан, *8* — консоль, *9* — прессующая плита, *10* — штифты, *11* — стол штифтового подъема

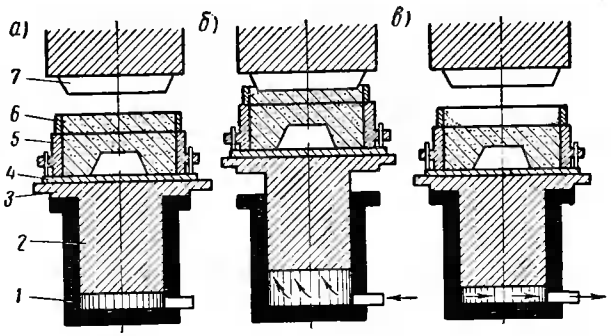


Рис. 60. Схема работы формовочной машины с верхним прессованием:

а — исходное положение, *б* — процесс прессования, *в* — после прессования; *1* — прессовый цилиндр, *2* — прессующий поршень, *3* — стол поршня, *4* — модельная плита, *5* — опока, *6* — наполнительная рамка, *7* — верхняя прессующая плита

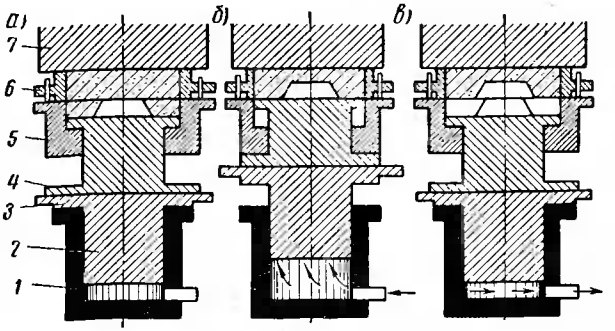


Рис. 61. Схема работы формовочной машины с нижним прессованием:

а — исходное положение, *б* — процесс прессования, *в* — после прессования; *1* — прессовый цилиндр, *2* — прессующий поршень, *3* — стол поршня, *4* — нижняя прессующая плита с моделью, *5* — направляющая, *6* — опока, *7* — плита консоли

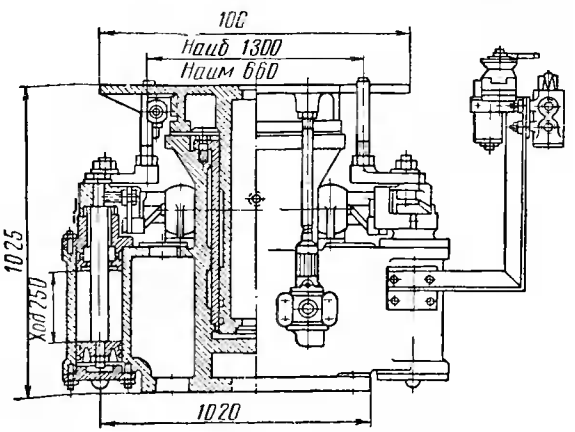


Рис. 62. Встряхивающая формовочная машина без допрессовки марки 242 со штифтовым съемом опок (для верхних опок)

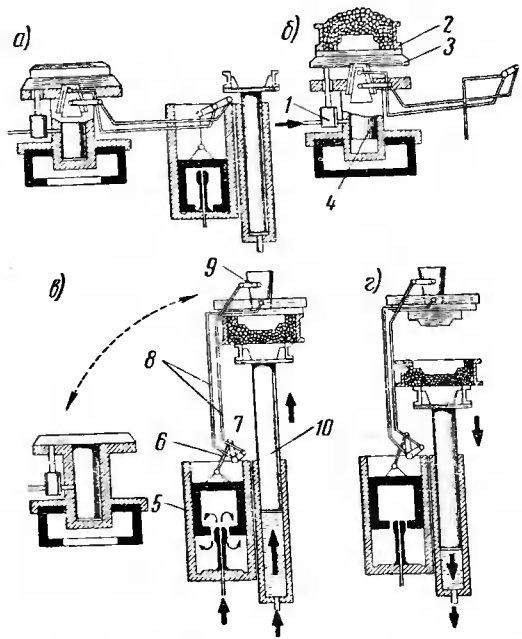


Рис. 63. Встряхивающая формовочная машина без допрессовки марки 231 с перекидным столом для нижних опок:

а — исходное положение, *б* — встряхивание, *в* — поворот стола, *г* — выем модели; *1* — клапан, *2* — опока, *3* — стол машины, *4* — встряхивающий цилиндр, *5* — цилиндр поворота стола, *6*, *7*, *8*, *9* — рычаги поворота стола, *10* — цилиндр опускания полуформы

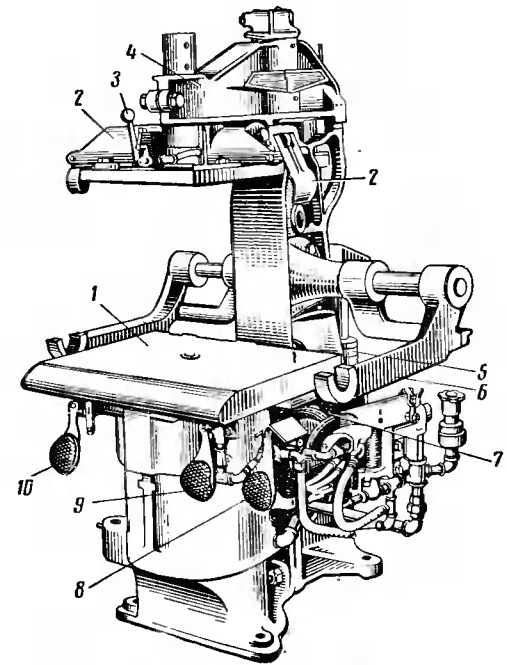


Рис. 64. Встряхивающая формовочная машина с допрессовкой для безопочной формовки с механизацией поворота и сборки форм:

1 — встряхивающе-прессующий стол, *2* — механизм для удержания верхней опоки, *3* — рукоятка выключения механизма удержания верхней опоки, *4* — траверса, *5* — цилиндр поворотного механизма, *6* — механизм для переворачивания формы, *7* — рукоятка включения прессования, *8* — коленный клапан поворотного механизма, *9* — коленный клапан встряхивания, *10* — коленный клапан вибратора

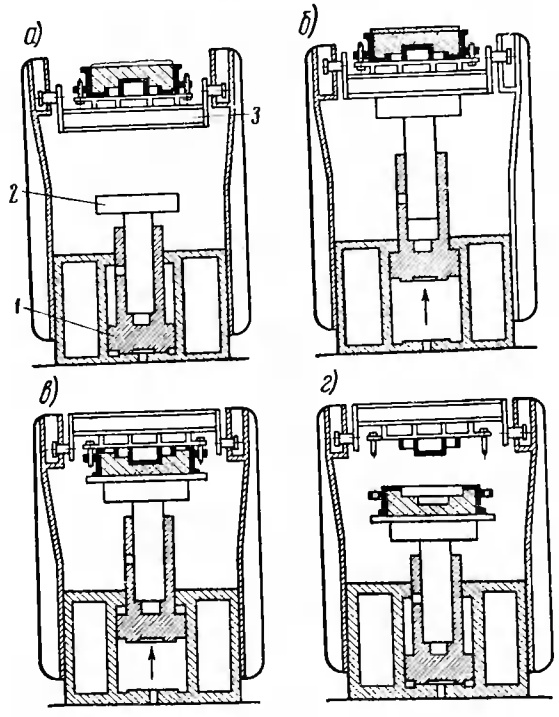


Рис. 65. Встряхивающая формовочная машина с допрессовкой, поворотным столом для формовки нижних опок:

а — исходное положение, *б* — встряхивание, *в* — допрессовка, *г* — выем модели; *1* — прессующий поршень, *2* — встряхивающий поршень, *3* — поворотный стол

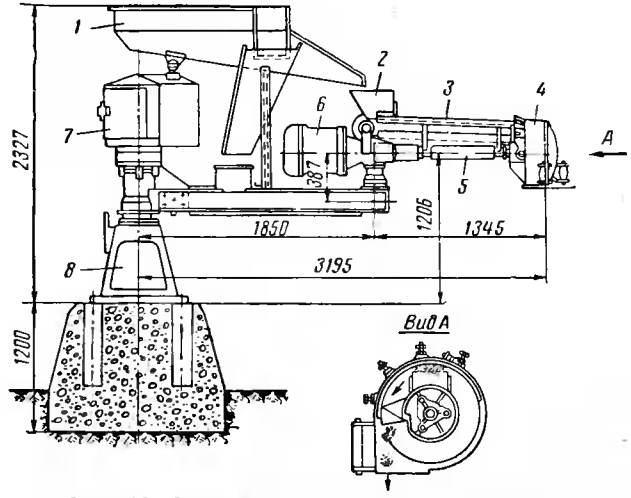


Рис. 66. Стационарный пескомет марки 292:

1 — бункер для формовочной смеси, *2* — приемная воронка, *3* — ленточный конвейер для подачи формовочной смеси в головку, *4* — пескометная головка, *5* — привод головки, *6* — двигатель, *7* — привод поворота пескомета, *8* — стойка пескомета

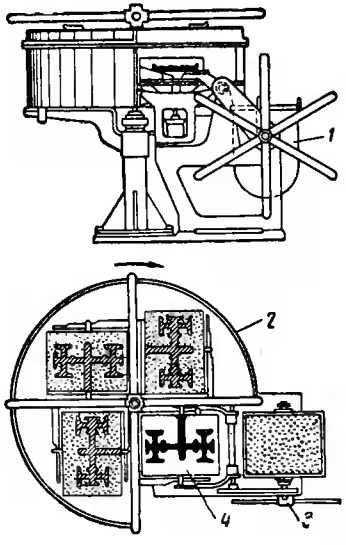


Рис. 67. Четырехпозиционная карусельная машина с поворотным бункером марки СКФ2М для изготовления оболочковых полуформ:

1 — поворотный бункер, *2* — печь для спекания оболочки, *3* — механизм поворота бункера, *4* — модельная плита

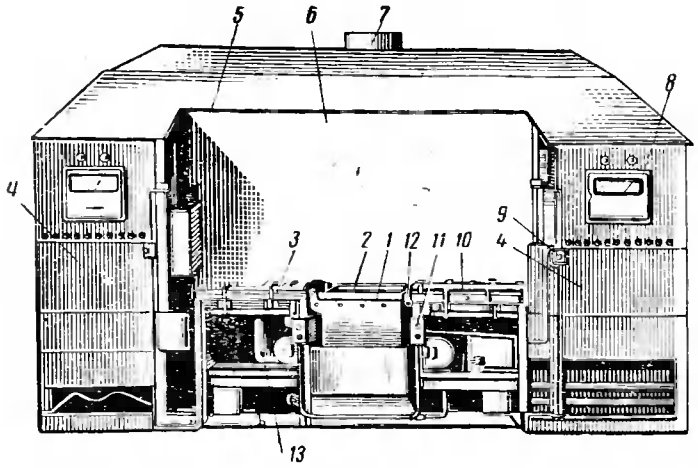


Рис. 68. Шестипозиционная полуавтоматическая установка для изготовления оболочковых полуформ:

1 — модельная плита, *2* — бункер с формовочной смесью, *3* и *10* — модельные плиты на столах съема оболочек, *4* — печи спекания, *5* — дверца печи, *6* и *7* — вытяжка газов, *8* — потенциометр, регулирующий температуру в печи, *9* — клапан сжатого воздуха, *11* и *12* — рукоятки управления, *13* — цилиндр съема оболочек

Глава VI. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ

Стержни служат для образования внутренних полостей или отверстий, а также выступов или углублений на боковых поверхностях отливки.

При заливке формы стержень подвергается сжатию и размыву струей жидкого металла, сильному нагреванию, химическому воздействию сплава.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ СТЕРЖНЕЙ

Стержни делятся на несколько видов в зависимости от размеров, объема и веса, конфигурации, технологии изготовления и назначения (табл. 93, 94).

Таблица 93

Классификация стержней

Показатели	Наименование стержня	Характеристика
Размеры	Мелкие	Максимальная длина до 150—200 *мм*; толщина до 25—30 *мм*
	Средние	Длина 200—500 *мм*; толщина до 100 *мм*
	Большие	Длина более 500 *мм*
Объем и вес	Малые	Объем до 5,0 *дм*^{3}; вес до 6,0—8,0 *кг*
	Средние	Объем до 20—25 *дм*^{3}; вес 30—40 *кг*
	Крупные	Объем более 30 *дм*^{3}; вес свыше 40 *кг*

Продолжение табл. 93

Показатели	Наименование стержня	Характеристика
Состав (связующего или материала стержня)	Глинистые	Глинистые
	С высыхающими крепителями	С декстрином, клеевые
	С быстросохнущими крепителями	С жидким стеклом
	С расплавляющимися крепителями	С патокой и сульфитным щелоком; пластмассовые, пековые, канифольные
	С окисляющими крепителями	Масляные, с лаками
	С крепителями специальных составов	С серой, цементные, с борной кислотой
	Металлические	Чугунные и стальные
Способ изготовления	Ручной	По целым ящикам По разъемным „ По вытряхным „ По шаблону
	Машинный	На встряхивающих машинах На прессовых машинах На пескодувных (пескострельных) машинах
Способ сушки	Сырые	Не подвергаются сушке
	Быстросохнущие	Высыхающие на воздухе или химически твердеющие

Продолжение табл. 93

Показатели	Наименование стержня	Характеристика
	Высушиваемые	Высушиваемые в сушилах при 110—500° С
Вид литья	Чугунное	Прочные, высокой огнеупорности
	Стальное	Высшей огнеупорности
	Цветное (магниевые, алюминиевые сплавы; бронзы, латуни и т. д.)	Невысокой огнеупорности

Таблица 94

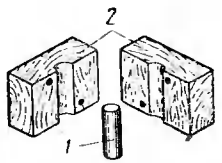
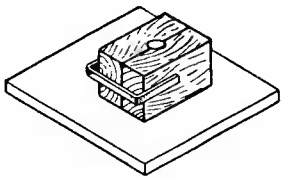
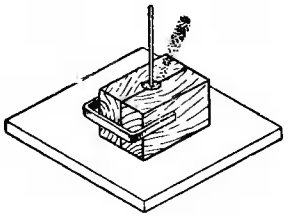
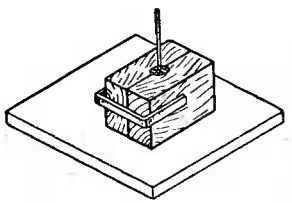
Классификация стержней по конфигурации [7], [10]

Классы	Сложность
1	Стержни сложной конфигурации, очень тонкие, сильно омываемые металлом, имеющие малочисленные узкие знаки, образующие в ответственных отливках необрабатываемые внутренние полости
2	Стержни, имеющие наряду с компактной или с массивной частью очень тонкие выступы, ребра или перемычки, обладающие более развитыми знаками, чем стержни 1-го класса, и образующие в ответственном литье полностью или частично необрабатываемые поверхности (например, стержни для головок блока двигателей внутреннего сгорания, стержни компрессоров и т. д.)
3	Центровые стержни несложной конфигурации, к чистоте которых предъявляются повышенные требования (например, стержни картеров, центровой стержень блока дизеля и пр.)
4	Стержни средней и простой конфигурации, образующие поверхности, подвергающиеся механической обработке, или необрабатываемые поверхности, к чистоте которых не предъявляется особых требований
5	Массивные стержни, образующие большие внутренние полости в крупном литье, приливы и углубления на внешней стороне отливки (станочное литье)

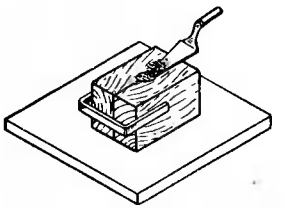
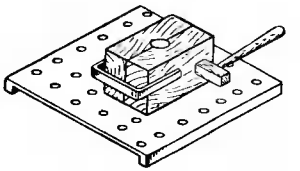
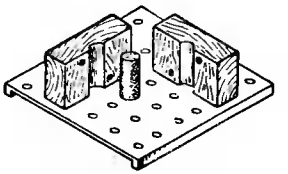
2. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Таблица 95

Технология изготовления стержней вручную

Эскиз	Операции
	Подготовка стержневого ящика: очистка от остатков стержневой смеси, подготовка рабочей поверхности путем протирания ветошью, смоченной в керосино-мазутном растворе
	Скрепление половинок ящика
	Засыпка стержневой смеси в полость ящика и уплотнение ее ручной трамбовкой
	Прокалывание вентиляционного канала в одной половине стержня и установка металлического каркаса в другую половину стержня

Продолжение табл. 95

Эскиз	Операции
	Обстукивание ящика легкими ударами киянки, раскрепление и снятие верхней половины ящика, зачистка торцов
	Наложение на сушильную плиту. Снятие ящика
	Отправка стержня на сушильной плите в сушку

Для увеличения огнеупорности стержня и улучшения поверхности отливок стержни окрашивают.

Для увеличения прочности и транспортабельности крупных стержней в них закладываются литые чугунные рамки (см. рис. 50, *б*).

3. ХАРАКТЕРИСТИКА СТЕРЖНЕВЫХ МАШИН

При массовом или крупносерийном производстве отливок стержни изготовляют на стержневых машинах (табл. 96, 97, 98, 99, 100).

Таблица 96

Машины для изготовления стержней

Тип машины	Метод набивки
Мундштучные	Стержень равномерного круглого или прямоугольного сечения поршнем выдавливается из мундштука соответствующего сечения
Встряхивающие	Стержень уплотняется за счет удара стола со стержневым ящиком о неподвижную плиту или станину
Прессовые и вибропрессовые	Стержень уплотняется за счет прессования стержневой смеси
Пескодувные	Стержень уплотняется за счет удара смеси о ящик и давления струи сжатого воздуха
Пескострельные	Стержень уплотняется за счет удара летящих частичек смеси и давления сжатого воздуха в полости ящика

Таблица 97

Мундштучные машины

Марки машин	Диаметр или толщина стержня, *мм*	Производительность, *пог. м/ч*	Вид стержней
С-1	16; 19; 26	До 20	Стержни простого и постоянного сечения
281 (рис. 69)	32; 40; 50		
Б-34-1	До 25	30—40	

Таблица 98

Вибропрессовые машины [20], [33]

Марка машины	Наибольшие размеры ящиков, *мм*	Наибольший вес ящика со стержнем и плитой, *кг*	Производительность, шт./*ч*	Вид стержня
ВП-1	500×420×200	До 10	180	Мелкие и средние, плоские, простые по конфигурации
ВПФ-51 Завод «Борец»	400×300×250	» 10	45	

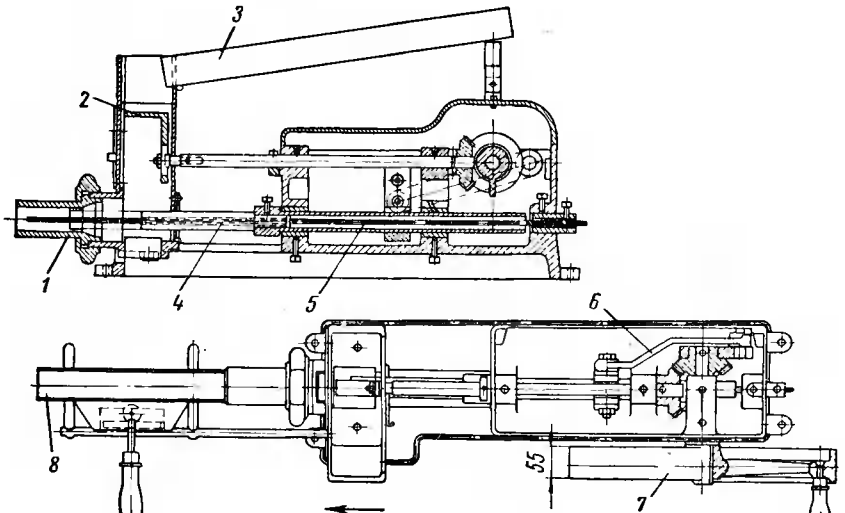


Рис. 69. Мундштучная стержневая машина марки 281:

1 — формующий мундштук, *2* — механизм подачи формовочной смеси, *3* — лоток для стержневой смеси, *4* — поршень с иглой для образования вентиляционного канала, *5* — шток выдавливания стержня, *6* — рычаг с эксцентриком, *7* — маховик с рукояткой, *8* — приемный лоток для стержней

Таблица 99

Встряхивающие машины [20], [8]

Марки машины	Наибольший размер ящика, *мм*	Наибольший вес ящика со стержнем и плитой, *кг*	Производительность, шт./*ч*	Вид стержня
Ручные:				
С-3	300×400×200	20	25—40	Плоские средних размеров в открытых ящиках
283 (рис. 70)	500×360×200	30	20—30	
Пневматические:				
284	500×400×300	80	30—50	
284М (рис. 71)	600×400×300	100	До 50	

Таблица 100

Пескодувные и пескострельные машины

Тип машины	Марка машины	Наибольший размер ящика, *мм*	Наибольший вес стержня, *кг*	Производительность, шт./*ч*	Емкость бункера, *л*	Вид стержней
Настольная	285	280×150×200	1,0	200	1,2	Стержни сложной формы для серийного и массового производства
Вертикальная (рис. 72)	287	900×150×300	15	180	16,0	
Горизонтальная	286	500×300×300	10	180	10,0	
Полуавтоматические однопозиционные	348;	180×180×300	2,5	400	3,5	
	286-3;	400×300×400	5	250	5,0	
	305;	280×280×300	6	300	12,0	
	285-5;	600×500×500	16	200	16,0	
	288	900×450×310	80	180	100,0	
Автоматические многопозиционные	914;	400×400×300	20	240	20,0	
	95287	750×350×200	20	250	20,0	
	928М	860×400×200	40	240	80,0	

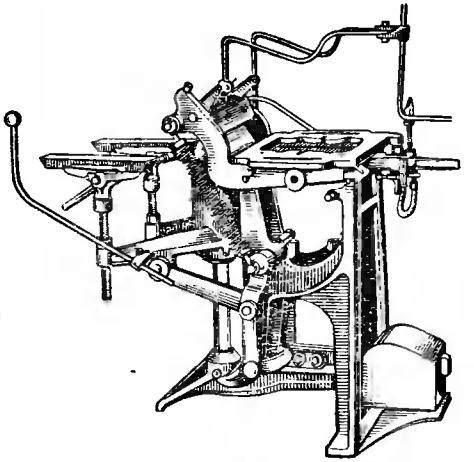


Рис. 70. Ручная встряхивающая стержневая машина с перекидным столом марки 283

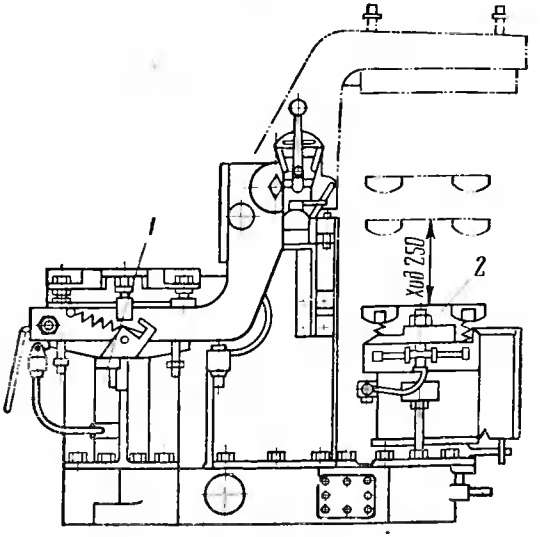


Рис. 71. Пневматическая встряхивающая стержневая машина с перекидным столом марки 284:

1 — встряхивающий цилиндр, *2* — цилиндр выемки стержня

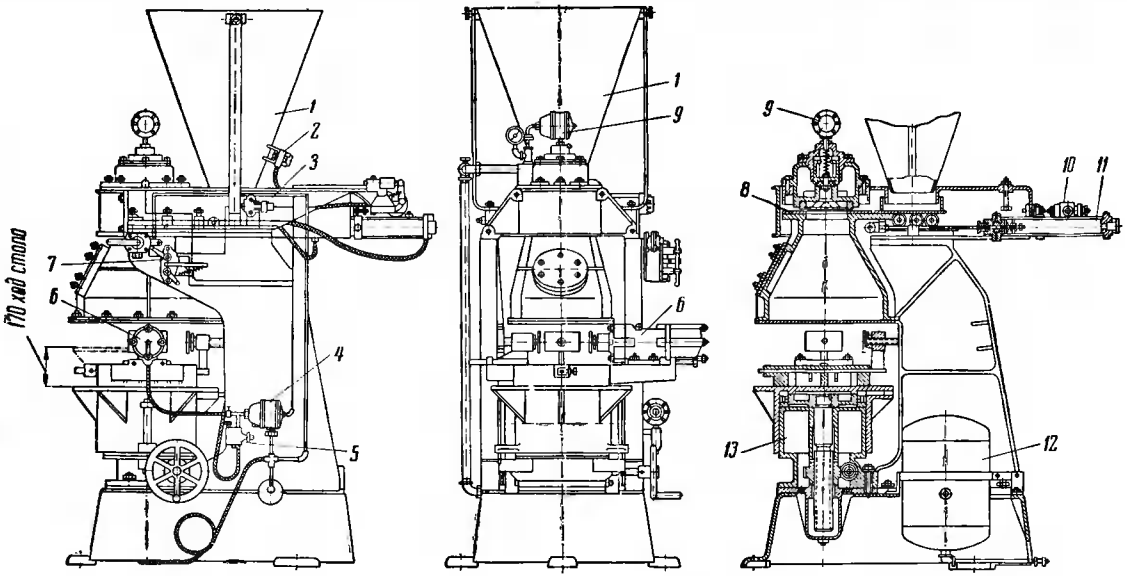


Рис. 72. Вертикальная пескодувная стержневая машина марки 287:

1 — бункер, *2* — вибратор, *3* и *5* — клапаны, *4* — воздухораспределитель, *6* — зажимной цилиндр, *7* — конечный выключатель, *8* — задвижка, *9* и *10* — золотник, *11* — цилиндр движения колпака, *12* — воздушный цилиндр, *13* — поршень

Таблица 101

Характеристика машин для изготовленных оболочковых стержней, ГОСТ 9312—59

Тип машины	Марка машины	Наибольшие размеры ящика, *мм*	Производительность, шт./*ч*	Способ обогрева стержневых ящиков
Однопозиционная с поворотным бункером	—	150×240×450	20	Камерная печь
Трехпозиционная карусельная (полуавтомат)	УОС-1	240×450×350	50	Электропечь
Четырехпозиционные карусельные	МИКС-4	140×300×150	40	То же
Четырехпозиционный карусельный автомат	АКС-4	180×220×200	120	»
Шестипозиционные карусельные автоматы	871	250×300×80	200—240	»
	872	300×350×140	200—240	»
	АО-1	400×400×150	200—240	»

Глава VII. СУШКА ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

1. СПОСОБЫ СУШКИ

Сушке подвергаются крупные и средние формы ответственного литья, мелкие формы сложных отливок из чугуна, стали и большинство стержней для увеличения их прочности, улучшения газопроницаемости, уменьшения пригара и выделения газов при заливке.

Таблица 102

Способы сушки форм и стержней [10]

Способ сушки	Краткое описание	Примечание
Горячим газом	Поверхность форм или стержня омывается горячими печными газами в сушиле	Наиболее распространенный метод сквозной просушки стержней и форм; скорость сушки 15—20 *мм/ч*
Химический	Продувка форм и стержней углекислым газом или добавление в жидкостекольную смесь специальных добавок, вызывающих ее твердение	Метод сушки форм и стержней из жидкоподвижных и самотвердеющих смесей или смесей с жидким стеклом; скорость сушки 15—20 *мм* за 10 *мин*
Теплоизлучателями	Поверхность облучается инфракрасными лучами специальных ламп	Поверхностная сушка на глубину 15—20 *мм* за 20—30 *мин* (в основном для сушки форм)
Токами высокой частоты	Формовочная или стержневая смесь прогревается теплом электрического тока	Применяется только для стержней однородного сечения без металлических каркасов; скорость сушки 15—20 *мм* сечения за 2—3 *мин*

В зависимости от состава формовочной или стержневой смеси, размеров форм или стержня применяют различные методы и режимы сушки.

Таблица 103

Температуры сушки форм и стержней [14]

Наименование	Температура сушки, °С	
	наибольшая допустимая	рекомендуемая
Стержень на патоке	175	150—175
Стержень на канифоли и муке	175	160
Стержень на декстрине и сульфатной барде	180	160—180
Стержень на сульфитном щелоке . .	200	160—180
Стержень на пековых эмульсиях . .	240	200—220
Стержень на масле	250	200—225
Стержень на глинистом крепителе . .	375	300—350
Формы для чугунного и цветного литья	550	400—450
Формы для стального литья	550	400—450

Таблица 104

Зависимость продолжительности сушки литейных форм от размеров [14]

Размер форм (длина×ширина), *м*	Продолжительность, *ч*	
	в опоках в камерном сушиле	в почве переносными сушилами (на глубину 50—80 *мм*)
От 0,9×0,6 до 1,2×0,9	6—8	2—3
„ 1,2×0,9 „ 3,0×2,0	8—12	4—6
„ 3,0×2,0 „ 5,5×4,0	12—16	8—10
Более 5,5×4,0	16—24	12—16

Примечание. Высота форм нормальная—400—600 *мм*, при большей высоте продолжительность сушки увеличивается на 20% на каждые 100 *мм* для форм высотой более 600 *мм*.

Таблица 105

Продолжительиость сушки стержней [14], [11]

Объем, $дм^3$	Примерный вес, кг	Продолжительность сушки, ч		
		стержни на органическом связующем	стержни на глинистом связующем	стержни с быстросохнущим связующим
До 1,0	До 1,5	1—2	2—3	—
1,0—15,0	1,5—20,0	2—3	4—5	0,10
15,0—25,0	20,0—35,0	3—4	6—7	—
25,0—50,0	35,0—75,0	4—5	8—9	0,15
50,0—100,0	75,0—150,0	5—6	10—11	—
Более 100	Более 150,0	6—7	12—14	0,20

Примечание. Нормальная толщина стержня до 150 *мм*, при большей толщине продолжительность увеличивается на 10% на каждые 50 *мм*.

2. СУШИЛЬНЫЕ ПЕЧИ

Для сушки форм и стержней применяют следующие типы сушильных печей:

сушильные шкафы для сушки мелких стержней в индивидуальном и мелкосерийном производстве;

камерные сушила для сушки средних, крупных и мелких стержней, для средних и крупных полуформ;

вертикальные конвейерные сушила для мелких и средних стержней при крупносерийном и массовом производстве;

горизонтальные конвейерные сушила для средних стержней при крупносерийном или массовом производстве;

проходные сушила с лампами инфракрасного излучения или электронагревателями сопротивления для поверхностной подсушки после окраски, ремонта или подкраски.

В качестве топлива для сушки используют бурый уголь, сернистый кокс, угольную пыль или коксовую мелочь.

Расход бурого угля, каменного угля, кокса 15—25 *кг* на 1 $м^3$ высушенной смеси, антрацита 12—18 *кг*, мазута 9—12 *кг*.

В конвейерных сушилах применяется обычно мазут. Расход мазута 9—12 *кг* на 1 $м^3$ смеси.

После сушки поверхность формы и стержней осматривается и, если имеются трещины или дефекты, еще в горячем виде подкрашиваются специальными красками.

За последнее время получили широкое применение формовочные и стержневые смеси на связующих из жидкого стекла. При продувке таких форм и стержней углекислым газом процесс твердения смеси длится 3—10 *мин* без последующей подсушки.

Таблица 106

Характеристика типовых сушил

Наименование	Вид топлива	Общая площадь полок или пода, $м^2$	Производительность, кг/ч
Сушильный шкаф с секторными полками	Генераторный газ, мазут	2,0—2,5 1,5—2,0	200—300 120—200
Сушильный шкаф с выдвижными полками	Антрацит, газ, мазут	3,6 4,5 5,4	250 300 360
Камерные сушила (рис. 74)	Бурый уголь, каменный уголь, сернистый кокс, газ	6 12 20 35 72	250 600 1000 2000 2600
Вертикальные конвейерные сушила (рис. 75)	Газ, мазут, электроэнергия	7,5—22,5 25,0—37,5 35,0—52,3 55,0—82,5	800 1300 1750 2500
Горизонтальное конвейерное сушило	Газ, мазут	75 110 150 260	6000 9000 12000 16000
Проходное сушило	Электроэнергия, газ	50	600 1200
Переносные сушила	Каменный уголь, кокс, газ	3—5	—

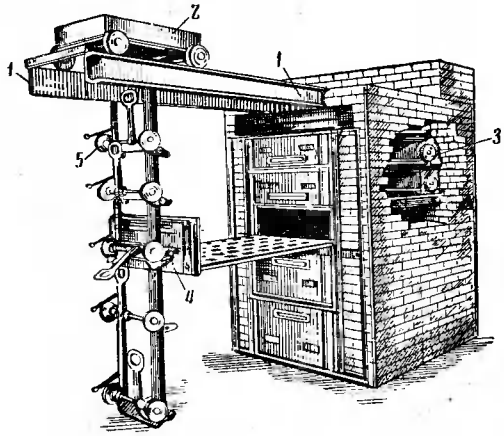


Рис. 73. Сушильный шкаф:

1 — рельсы для передвижения тележки, *2* — тележка, *3* — заднее колесо полки, *4* — сушильные полки, *5* — подвеска с захватом для полок

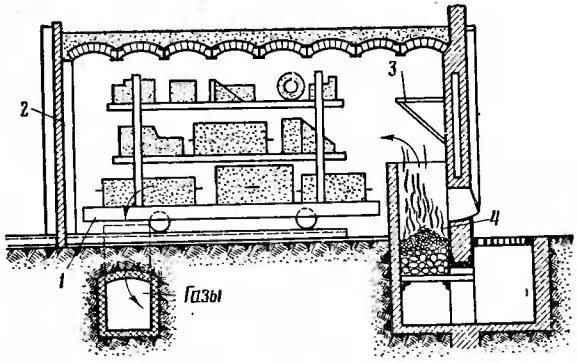


Рис. 74. Камерное сушило для стержней:

1 — тележка с этажерками, *2* — дверь камеры, *3* — полка для сушки форм и стержней, *4* — топка

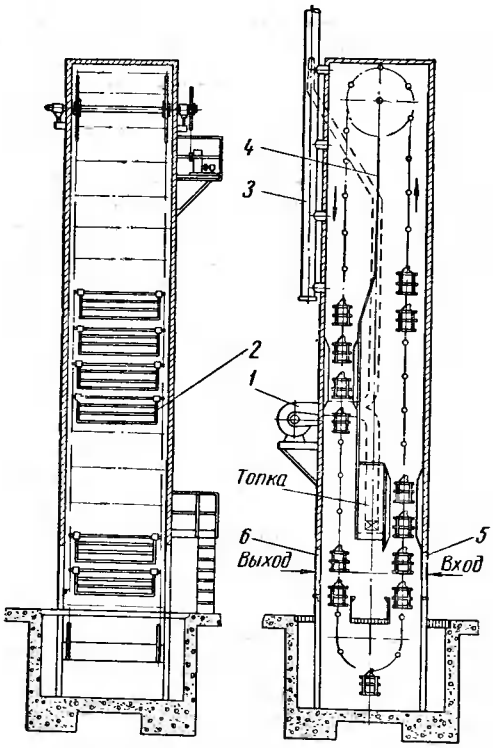


Рис. 75. Вертикальное конвейерное сушило для стержней:

1 — вентилятор, *2* — вертикальный конвейер с этажерками, *3* — дымовая труба, *4* — вертикальная разделительная стенка, *5* — окно для загрузки стержней, *6* — окно для выемки стержней

Таблица 107

Коэффициент заполнения объема сушил полуформами или стержнями

Тип сушила	Размеры опоки и объем стержня, $дм^3$	Коэффициент заполнения объема сушила, %
	Полуформы	
Камерные сушила	От 0,6×0,6 до 1,2×0,9	14—16
	» 1,2×0,9 » 3,0×2,0	18—20
	» 3,0×2,0 » 5,5×4,0	20—22
	Более 5,5×4,0	22—26
	Стержни	
Сушильный шкаф	До 15,0	6
	15,0—30	8
Этажерочное сушило	До 15,0	6
	15,0—25,0	8
	25,0—50,0	10
	50,0—100,0	12
	Более 100,0	12—15
Камерное сушило	15,0—25,0	8
	25,0—50,0	12
	50,0—100,0	16
	Более 100,0	18

Глава VIII. ЛИТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ

Литниковой системой называется система каналов, через которую заливают жидкий металл в полость формы и которая обеспечивает отделение и задержку неметаллических включений.

Литниковая система состоит из следующих основных частей:

литниковой чаши, или воронки, служащей для приема струи жидкого металла из ковша и равномерной подачи металла в литниковую систему;

литникового стояка, вертикально суживающегося к низу канала, служащего для подачи металла от литниковой чаши к плоскости выхода отверстий питателей;

шлакоуловителя — канала трапецеидального сечения или конической полости, служащего для отделения и задержания неметаллических включений (шлака, формовочной смеси, кусочков огнеупоров и т. д.);

питателей — каналов, обеспечивающих подвод металла от шлакоуловителя к полости формы;

выпоров — вертикальных каналов, расположенных на наиболее высоких частях отливки в форме и служащих для вывода газов из форм и контроля заполнения формы металлом (выпоры могут быть также отводные для перепуска металла при заливке с переливом и питающие, устанавливаемые над толстыми сечениями отливки);

прибыли — массивного прилива над наиболее толстым сечением отливки, служащего для питания жидким металлом усадочной раковины, образующейся при кристаллизации отливки.

1. ВИДЫ И РАСЧЕТ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

В зависимости от характера сплава, конструкции отливки и типа производства применяют один из видов литниковой системы (табл. 108): горизонтальный (рис. 76), вертикальный (рис. 77), сифонный и комбинированный.

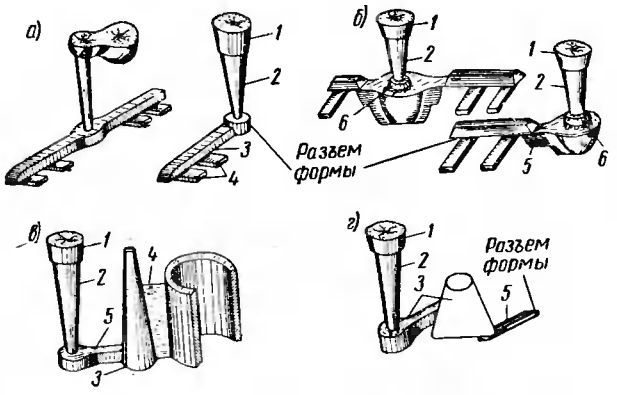


Рис. 76. Горизонтальные литниковые системы:
а — с двустороннim и одностороним шлакоуловителем, *б* — с фильтровальной сеткой, *в* — с вертикальным щелевым питателем, *г* — с завихрением в шлакоуловителе; *1* — литниковая воронка, *2* — стояк, *3* — шлакоуловитель, *4* — питатели, *5* — литниковый канал, *6* — фильтрующая сетка

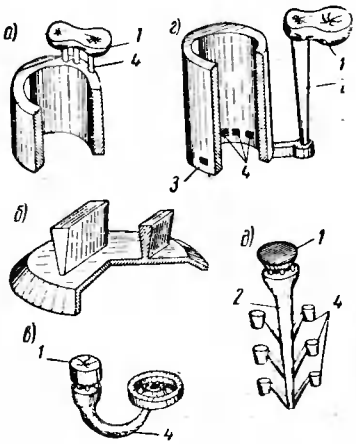


Рис. 77. Вертикальная литниковая система:
а — с дождевыми питателями, *б* — с клиновыми питателями, *в* — с фильтрующей сеткой и рожковым питателем, *г* — сифонная с кольцевым коллектором, *д* — сифонная с фильтрующей сеткой и елочными питателями; *1* — литниковая чаша, *2* — стояк, *3* — шлакоуловитель, *4* — питатели

Таблица 108

Виды литниковых систем для различных сплавов

Тип системы	Сплав	Отливка
Горизонтальные:		
обычная	Сталь, чугун, медные сплавы	Отливки любого веса различной конфигурации с горизонтальным разъемом
с фильтрующим шлакоуловителем	Чугун, цветные сплавы	Мелкие и средние отливки различной конфигурации ответственного назначения
с щелевидным питателем	Легкие сплавы	Толстостенные отливки
с кольцевым питателем	Чугун	Кольцевые и другие ответственные отливки
Вертикальные:		
дождевая	Чугун, медные сплавы	Средние и крупные отливки большой высоты
с клиновым питателем	Чугун	Тонкостенные сосуды
рожковые с сеткой	Чугун, цветные сплавы	Мелкие отливки зубчатых колес и других деталей
Сифонные:		
с кольцевым шлакоуловителем	Чугун, сталь, цветные сплавы	Средние и крупные отливки значительной высоты, отливаемые с центровым стержнем
обычные	Чугун, цветные сплавы	Мелкие отливки, заливаемые вертикально

Расчет площади сечения питателей

Суммарное сечение площади питателей определяется по формуле:

$$\Sigma F_{\text{пит}} = \frac{Q}{t \cdot K}\ см^2,$$

где $\Sigma F_{\text{пит}}$ — суммарное сечение площади питателей, $см^2$;
Q — вес жидкого металла, заливаемого через литниковую систему, $кг$;

t — продолжительность заливки, *сек*;
K — удельная скорость заливки, *кг/см² · сек*.

Значение удельной скорости заливки K (табл. 109) изменяется в зависимости от удельной плотности отливки γ_v, которая представляет собой отношение веса отливки в килограммах к ее объему в кубических дециметрах, определенному по габаритным размерам (произведение длины, ширины и высоты отливки), взятым между крайними ее точками.

В табл. 109—115 приведены данные, относящиеся к конструкции и расчету литниковых систем.

Правильный выбор конструкции и размеров литниковой системы в значительной степени определяет качество отливки. Литниковая система должна обеспечить:

отделение от металла всех неметаллических включений;
спокойное движение металла без ударов и перерывов;
равномерное заполнение всех частей полости формы;
медленное охлаждение и небольшое окисление металла при заливке;
небольшой расход металла на литниковую систему.

Чтобы получить точные размеры и форму литниковых каналов, необходимо даже при ручной формовке пользоваться моделями литников. Поэтому формовщик должен иметь у себя комплект моделей литников и при формовке подбирать их размеры в соответствии с указаниями технолога или справочными таблицами.

Выбор размеров частей литниковой системы

Для нормальной литниковой системы, состоящей из стояка, шлакоуловителя и питателей, принимают постепенное уменьшение сечений по ходу металла. Соотношение между сечениями частей литниковой системы

$$R = \frac{F_{ст}}{\Sigma F_{пит}}.$$

По сумме площадей и соотношению площадей сечений питателей и стояка определяется площадь сечения стояка и его диаметр в нижней части:

$$F_{ст} = \Sigma F_{пит} \cdot R,$$

$$d_{ст} = \sqrt{\frac{4F_{ст}}{\pi}},$$

где $F_{ст}$ — площадь сечения стояка, *см²*;
$F_{пит}$ — площадь сечения питателей, *см²*;
R — соотношение площадей сечений;
$d_{ст}$ — диаметр стояка, *см*.

В верхней части стояка около чаши или воронки диаметр берется на 10—15% больше. Если по расчету диаметр стояка получится больше 4 *см*, выбирают два стояка с таким же суммарным сечением.

Таблица 109

Зависимость удельной скорости заливки от вида литья

Вид литья	Значения удельной скорости заливки K, *кг/см² · сек*, при удельной плотности отливки γ_v, *кг/дм³*						
	До 1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6 и более
Чугунное	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,15
Стальное:							
всырую	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,90	0,95
всухую	0,95	1,00	1,15	1,20	1,30	1,40	1,50
Медные сплавы (кроме алюминиевой бронзы)	0,30—0,35	0,40—0,45	0,50—0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
Алюминиевая бронза	0,25—0,30	0,35—0,40	0,45—0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
Алюминиевые сплавы*	0,20—0,25	0,3—0,35	0,40—0,45	—	—	—	—

* Значения удельной скорости заливки приведены для заливки в сырые формы; для сухих форм значения нужно увеличить в 1,5 раза.

Таблица 110

Наименьшее сечение питателей для чугунных отливок весом до 6400 кг [9]

Вес отливки, кг	Питатели		Толщина стенок отливки, мм, в зависимости от числа питателей						
	сечение $F_{пит}$, $см^2$	длина, мм, не более	3—5	5—8	8—10	10—15	10—20	15—25	25—40
До 10	0,3—0,85	10—30	1—3	1—3	2—3	2—3	2—3	—	—
10—50	0,6—1,5	30—35	—	4—5	4	3—4	3	2	1
50—100	1,0—1,5	30—35	—	5—6	5	4—5	4	3	2
100—200	1,0—1,5	35—50	—	7—9	7—8	6—7	5—6	4—5	3—4
200—400	1,5—2,0	45—50	—	8—9	8—9	7—8	7—8	6—7	5—6
400—800	2,0—2,25	50—55	—	9—10	8—9	8—9	7—8	7—8	6—7
800—1600	2,25—2,60	55—60	—	—	10—11	9—10	8—9	7—8	6—7
1600—3200	2,6—2,9	60—65	—	—	11—12	10—11	9—10	8—9	7—8
3200—6400	2,9—3,6	65—75	—	—	—	11—12	10—11	8—9	8—9

Таблица 111

Наименьшее сечение питателей и время заливки стальных отливок весом до 6400 кг [5]

Вес отливки, кг	Площадь сечения питателей, $см^2$, и время заливки, сек, при удельной плотности отливки, γ_v							
	1,0		2,0		4,0		6,0	
	t	$\Sigma F_{пит}$	t	$\Sigma F_{пит}$	t	$\Sigma F_{пит}$	t	$\Sigma F_{пит}$
До 10	2,5	4,2	3,0	3,6	3,5	2,4	4,0	1,6
10—50	3,5—5,5	6,0—9,0	4,0—6,5	5,0—8,0	5,0—8,0	3,5—6,0	5,5—9,0	2,5—4,0
50—100	3,5—8,0	9,0—13,0	6,5—9,0	8,0—11,0	8,0—11,0	6,0—7,5	9,0—13,0	4,0—5,5
100—200	8,0—11,0	13,0—19,0	9,0—13,0	11,0—16,0	11,0—15,5	7,5—10,5	13,0—18,5	5,5—8,0
200—400	11,0—16,0	19,0—26,0	13,0—18,0	16,0—22,0	15,5—22,0	10,5—15,0	18,5—26,0	8,0—11,0
400—800	16,0—22,5	26,0—38,0	18,0—26,0	22,0—31,0	22,0—31,0	15,0—21,5	26,0—37,0	11,0—15,5
800—1600	22,5—32,0	38,0—53,0	26,0—36,0	31,0—44,5	31,0—44,0	21,5—30,0	37,0—52,0	15,5—22,0
1600—3200	—	—	36,0—54,0	44,5—66,0	44,0—65,0	30,0—45,0	52,0—75,0	22,0—32,5
3200—6400	—	—	54,0—70,0	66,0—86,0	65,0—85,0	45,0—60,0	75,0—100	32,5—42,5

Таблица 112

Питатели для отливок из цветных сплавов [5]

Объем жидкого металла, *л*	Вес отливки, *кг*				Количество питателей при толщине стенок отливки, *мм*					Питатели	
	бронзы	силумин	магниевые	алюминиевые	3—5	5—8	8—10	10—15	15—20	площадь сечения, $см^2$	длина, *мм*
0,07—0,7	0,6—6,0	0,2—1,8	0,1—1,3	0,2—1,8	1—2	1—2	1	1	1	0,3—0,85	10—30
0,7—2,0	6,0—17,2	1,8—5,2	1,3—3,6	1,8—5,4	3	3	2—3	2—3	2—3	0,65—0,85	25—30
2,0—5,3	17,2—45,6	5,2—14,8	3,6—9,64	5,4—14,2	*n*	5	4	3	3	0,85—1,0	30—35
5,3—10,5	45,6—90,3	14,8—29,3	9,64—19,1	14,2—28,3	*n*	4—6	4—5	3—5	3	1,0—1,5	30—35
10,5—21,0	90,3—181,0	29,3—58,6	19,1—38,0	28,3—56,0	*n*	6—8	7	4—6	4—5	1,0—1,5	35—50
21,0—44,0	181,0—378,4	58,6—123,2	38,0—80,0	56,0—118,8	*n*	8—9	7—8	7	6	1,0—2,0	45—50
44,0—65,0	378,4—579,0	123,2—182,0	80,0—118,2	118,8—175,5	*n*	8—9	8	7	6—7	1,85—2,25	45—55
65,0—85,0	579,0—759,6	182,0—238,0	118,2—154,4	175,5—229,5	*n*	9—10	9	8	7	2,25—2,85	50—55

Примечание. *n*—число питателей по месту.

Таблица 113

Размеры типовых питателей (рис. 78)

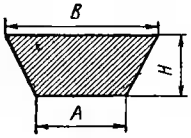


Рис. 78. Сечение типового питателя

Сечение, $см^2$	Размеры *A* и *B* при высоте сечения *H*, *мм*											
	3		4		5		6		8		10	
	A	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*
0,3	8	12	6	9	4	8	—	—	—	—	—	—
0,5	14	19	10	15	8	12	6	10,5	5	8	—	—
0,63	18	24	13	18	10	15	8	13	6	10	—	—
0,8	25	28,5	18	22	13,5	18,5	11	15,5	9	11	7	9
1,0	32	35	23	27	18	22	14	20	11	15	7	13
1,25	39	43,5	29	33	23	27	18	34	13	18	10	15
1,6	50	56	38	42	30	34	25	28	18	22	14	18
2,0	64,5	56,5	48	52	38	42	30,5	36,5	24	26	18	22

Таблица 114

Соотношение R между сечениями частей литниковой системы [5]

Части литниковой системы	Чугун				Сталь	Цветное литье	
	серый (толстостенные отливки)	серый (тонкостенные отливки)	серый (с фильтровальной сеткой)	ковкий		тяжелые сплавы	легкие сплавы
Питатель	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3—6
Фильтровальная сетка	—	—	0,7	—	—	—	—
Шлакоуловитель	1,1—1,2	—	1,1—1,2	1,5—1,7	1,1—1,2	1,1—1,2	1,5—3,0
Стояк	1,2—1,4	1,15—1,25	0,8—1,2	0,8—1,0	1,2—1,4	1,2—1,4	1,0

Примечание. Для ковкого чугуна на расстоянии 8—12 *мм* от отливки рекомендуется устанавлива ·1 на питателе питающие бобышки, заменяющие шлакоуловители.

Размеры литниковых воронок (рис. 79) приведены в табл. 115, 116.

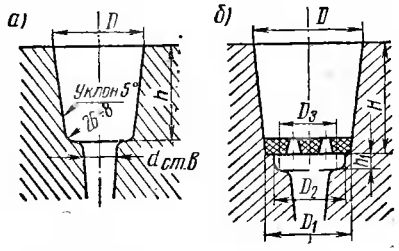


Рис. 79. Литниковые воронки:
а — обыкновенная, *б* — с фильтрующей сеткой

Таблица 115

Размеры литниковых воронок

Нижний диаметр стояка $d_{ст}$, *мм*	Верхний диаметр воронки $D_в$, *мм*	Высота воронки h, *мм*	Емкость воронки, *кг* (для чугуна)
До 16	56	40	0,5
16—18	58	42	0,6
18—20	60	44	0,7
20—22	62	46	0,7
22—24	64	48	0,9
24—26	66	50	1,0
26—28	68	52	1,2
28—30	70	54	1,3

Таблица 116

Размеры литниковых воронок с фильтрующей сеткой

Нижний диаметр стояка $d_{ст}$, *мм*	№ фильтрующей сетки	Размеры, *мм*						Емкость воронки, *кг* (для чугуна)
		D	D_1	D_2	D_3	H	h_1	
18—21	1	90	68	60	52	70	12	2,0
22—25	2	95	75	67	57	75	15	2,3
25—30	3	100	82	74	64	80	15	2,8

Площадь сечения шлакоуловителя $F_{шл}$ также определяют по сумме площадей сечения питателей и соотношению сечений питателя к шлакоуловителю

$$F_{шл} = \Sigma F_{пит} \cdot R_1 = \frac{A+B}{2} \cdot h_{шл} \ мм^2,$$

где A и B — основание трапеции в сечении;
h — высота сечения, *мм*.

Диаметр выпора обычно берут равным 0,5—0,7 толщины сечения отливки в месте установки выпора. Для толстостенных отливок выпор делается диаметром до 1,2 толщины стенки отливки. В верхней части диаметр делается больше на 10—15% и на поверхности около выпора вырезается небольшая воронка.

Таблица 117

Размеры круглых фильтрующих сеток к литниковой воронке (рис. 80)

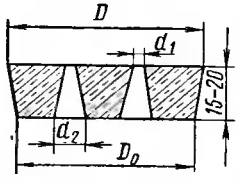


Рис. 80. Круглая фильтрующая сетка

№ сетки	Количество отверстий в сетке	Размеры, *мм*				Общая площадь поперечного сечения отверстий, *см²*
		D	D_0	d_1	d_2	
1	20	72	68	5	6	3,9
2	20	79	75	6	7	5,6
3	20	86	82	7	8	7,7

При ручной формовке у формовщика должен быть набор моделей литниковых каналов различных размеров.

2. ПРИБЫЛИ ФАСОННЫХ ОТЛИВОК

Сечение прибыли выбирают несколько больше сечения отливки с таким расчетом, чтобы прибыль застывала дольше отливки и жидкий металл из средней ее части мог бы питать усадочную раковину, образующуюся в отливке.

Размеры и виды прибылей зависят от конфигурации и веса отливки, температуры и свойств жидкого металла (табл. 118).

Таблица 118

Зависимость качества отливки от вида прибылей

Вид прибыли	Относительный вес прибыли от веса отливки, %	Плотность отливки
Открытая прибыль с прямым питанием и ферростатическим давлением (рис. 81)	80—120	Удовлетворительная
Закрытая прибыль с ферростатическим давлением (рис. 82)	60—100	Посредственная

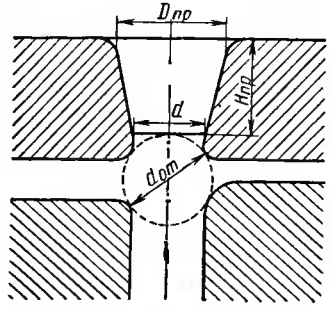


Рис. 81. Открытая прибыль с прямым питанием и ферростатическим давлением

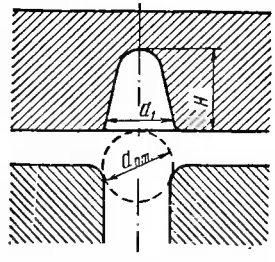


Рис. 82. Закрытая прибыль с ферростатическим давлением

Продолжение табл. 118

Вид прибыли	Относительный вес прибыли от веса отливки, %	Плотность отливки
Закрытая прибыль с атмосферным давлением (рис. 83)	50—60	Хорошая
Газотворная закрытая прибыль с боковым питанием, с газовым давлением	25—40	Весьма хорошая
Закрытая прибыль со сверхатмосферным давлением от компрессора 5—6 *ат*	25—40	Весьма хорошая

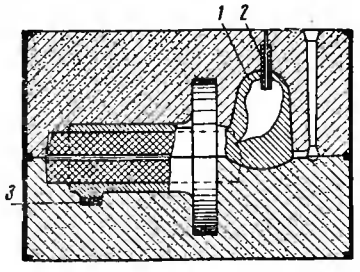


Рис. 83. Закрытая прибыль с атмосферным давлением:
1 — прибыль, *2* — стерженек атмосферного давления, *3* — холодильник

Примечания. 1. Прибыли с ферростатическим давлением должны устанавливаться выше отливки, в противном случае они не будут действовать как прибыли.
2. Прибыль со сверхатмосферным давлением необязательно располагать выше отливки; питание отливки во всех условиях будет обеспечено.

Расчет размеров прибылей

Площадь поперечного сечения шейки прибыли (F_1) определяют по формуле:

$$F_1 = (1{,}4 - 1{,}8)\,F \ см^2,$$

где F — площадь круга с диаметром $d_{от}$, вписанного в сечение отливки (см. рис. 81).

Диаметр шейки прибыли

$$d_1 = \sqrt{\frac{4F_1}{\pi}} \ см.$$

Верхний диаметр сечения прибыли

$$D_{пр} = (2{,}0 \div 2{,}6)\,d_1 \ см.$$

Высота прибыли

$$H_{пр} = (1{,}5 + 1{,}8)\,D_{пр} \ см.$$

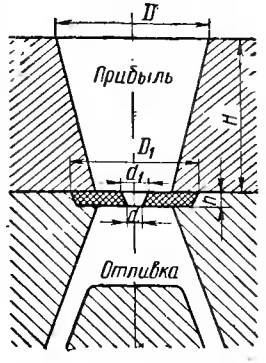


Рис. 84. Прибыль с разделительной пластинкой

Чем больше вес отливок при данной толщине стенок, тем больше должны быть размеры прибыли.

Для облегчения отделения прибыли от отливки иногда между ними ставится тонкая разделительная пластинка с отверстием в центральной части (рис. 84) или стержни.

Таблица 119

Размеры разделительных пластинок и стержней для прибылей круглого сечения

Диаметр прибыли, *мм*	Материал пластинок	Размеры пластинок, *мм*			
		толщина h	отверстие низа d	отверстие верха d_1	диаметр стержня D_1
100—130	Листовое железо (окрашено формовочной краской)	1,0	25,0	25,0	130
		1,0	30,0	30,0	160
160	То же	1,0	25,0	25,0	130
			40,0	45,0	230
200	Песчаный стержень	12	50,0	58,0	280
300		15	60,0	68,0	330

В закрытых прибылях с атмосферным давлением в верхней части устанавливают специальные стерженьки, которые изготовляются из обычной стержневой смеси, в них имеются вентиляционные сквозные каналы.

Таблица 120

Размеры стерженьков для прибылей с атмосферным давлением [4]

Диаметр, *мм*		Длина стерженька, *мм*	
прибыли	стерженька	общая длина	длина знака
70—120	15	90	45
121—200	20	120	50
201—300	25	150	60
Более 300	50	200	80

Патроны для образования газового давления в прибыли (рис. 85) состоят из газообразующего заряда (мел, негашеная известь и 10% древесного угля или кокса) весом от 2,5 до 50 *г*, покрытого сверху

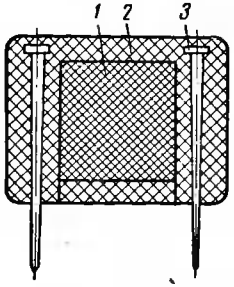


Рис. 85. Патрон для образования газового давления в прибыли:
1 — газовый заряд, *2* — защитная глиняная оболочка, *3* — шпилька для крепления

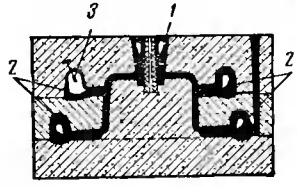


Рис. 86. Прибыли на стальной отливке:
1 — прямая открытая, *2* — боковые закрытые, *3* — боковая закрытая с газовым давлением

шамотной или глиняной оболочкой, разрушающейся при соприкосновении с жидким металлом. Патрон устанавливается при помощи шпильки в верхней части полости прибыли (рис. 86). При соприкосновении с жидким металлом оболочка разрушается и внутри застывшей корочки металла создается газовое давление до 2—5 *ат*.

К прибыли с сверхатмосферным давлением от компрессора подводится металлическая трубка, через которую после образования наружной корочки металла в прибыль подается воздух под давлением 3—5 *ат*.

Таблица 121

Характеристика патронов для прибылей с газовым давлением [4]

Показатели	Диаметр прибыли, *мм*						
	80—100	140—160	160—180	200—240	260—300	300—400	400—500
Вес заряда, *г* . . .	2,5	5,0	5,0	10	10	15	20
Толщина оболочки заряда, *мм*	5	5	8	10	15	20	30
Время, через которое начинает действовать заряд после заливки, *мин* .	1	1	1,5	2	4	8	10
Примерная толщина застывшей корочки металла в прибыли, *мм*	3	5	8	10	12	25	30

3. ХОЛОДИЛЬНИКИ

Холодильниками называют металлические вставки, устанавливаемые в литейной форме для ускорения кристаллизации.

Холодильники предотвращают образование усадочных раковин и пористости в толстых сечениях отливки (рис. 87).

Холодильники бывают внешние, установленные в стенках формы для образования внешних ее очертаний, и внутренние, устанавливаемые в полости формы и заливаемые металлом.

Холодильники изготовляют из чугуна или стали. Толщина сечения холодильников выбирается в зависимости от сечения отливок.

Применение слишком толстых холодильников может привести к закалке металла и образованию трещин.

Внутренние холодильники устанавливают в толстых сечениях отливки и труднодоступных частях формы.

Вес внутреннего холодильника обычно берется в пределах 8—10% от веса металла в данной части отливки.

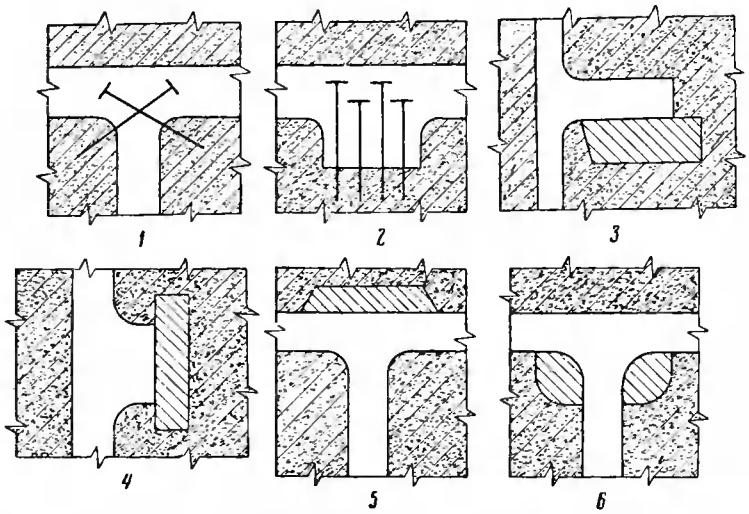


Рис. 87. Виды холодильников в литейной форме:
1 и *2* — с внутренним холодильником (шпилька), *3*, *4*, *5*, *6* — с внешним холодильником

Глава IX. РАЗЛИВКА ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В ФОРМЫ

1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА РАЗЛИВКИ

При разливке металла для обеспечения высокого качества отливки следует:

хорошо подготавливать, просушивать и подогревать разливочный ковш;

правильно скреплять или загружать литейную форму;

правильно подбирать температуру заливки металла;

хорошо очищать металл от шлака и окислов;

правильно размещать ковш около формы для обеспечения минимальной длины струи и предотвращения разбрызгивания металла;

равномерно заливать металл в литниковую чашу, чтобы она была заполнена в течение всей заливки;

поджигать газы, выходящие из формы, во избежание взрывов.

При заливке необходимо соблюдать требования техники безопасности (иметь защитные очки, плотный брезентовый защитный костюм с брюками навыпуск, несгораемую обувь и т. д.).

При заливке ручным ковшом нагрузка на одного заливщика не должна превышать 25—28 *кг*. При заливке из кранового подвесного ковша усилие, прикладываемое к ковшу, не должно превышать 10—12 *кг*.

Оставшийся металл в ковше следует сливать как некачественный (окисленный и насыщенный газами).

2. ТИПЫ РАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

Для разливки металла применяют несколько типов разливочных ковшей.

Ручные ковши одинарные (рис. 88, *а*) емкостью 15—20 *кг* и двойные емкостью до 50 *кг* (рис. 88, *б*); двойной ковш крепится на металлических носилках и переносится двумя заливщиками. Первый заливщик при разливке направляет струю металла в литниковую чашу, второй производит заливку.

Ручной ковш емкостью до 100 *кг* жидкого металла переносится четырьмя заливщиками.

Малые подвесные ковши емкостью до 100—120 *кг* обычно подвешиваются на монорельс и перевозятся одним человеком (рис. 89).

Барабанный крановый ковш емкостью до 2,0 *т* удобен тем, что металл в нем остывает довольно медленно (рис. 90).

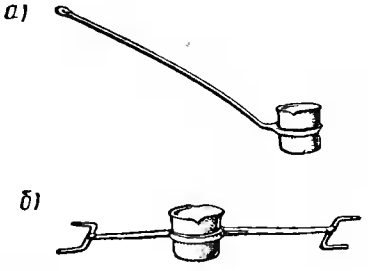


Рис. 88. Ручные разливочные ковши:
а — одинарный, *б* — двойной

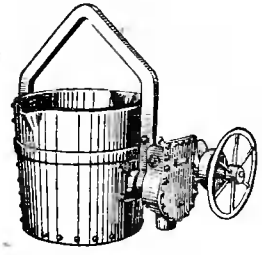


Рис. 89. Малый крановый разливочный ковш

Конические крановые ковши емкостью до 200 *кг* до 100 *т* и конические чайниковые ковши емкостью от 500 *кг* до 10 *т*, применяемые для разливки чугуна, удобны тем, что очистка металла от шлака происходит в самом ковше огнеупорной перегородкой, металл же находится под шлаком и окисляется медленнее (рис. 91).

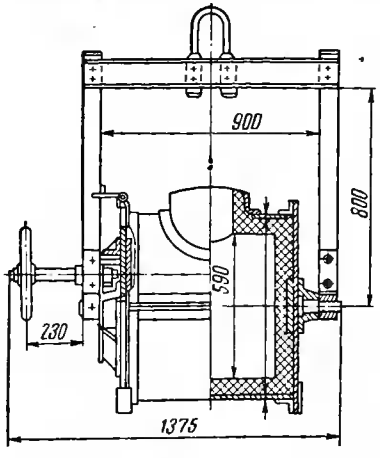


Рис. 90. Барабанный крановый ковш

Стопорные крановые ковши емкостью от 500 *кг* до 100 *т* применяются для разливки стали. Диаметр выпускного стопорного отверстия 25—60 *мм* (рис. 92).

Для разливки цветных металлов используются ковши емкостью 100—1000 *кг* без футеровки, с защитной окраской.

После окончания разливки ковши должны быть очищены от остатков металла и шлака. Если необходимо, подновляется футеровка или производится дополнительная окраска нефутерованных ковшей.

Ковш просушивается и перед заливкой прогревается до красного свечения стенок.

После выпуска поверхность металла в ковше засыпается тонким слоем сухого кварцевого песка для сгущения шлаков и защиты металла от окисления и газонасыщения.

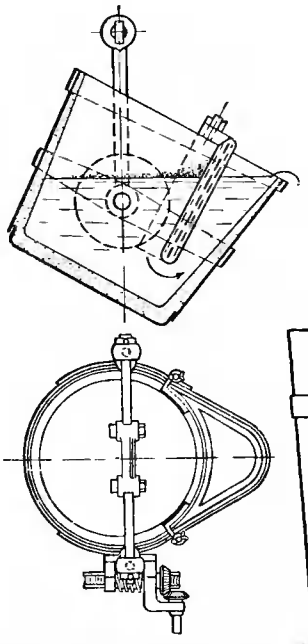


Рис. 91. Конический чайниковый крановый ковш

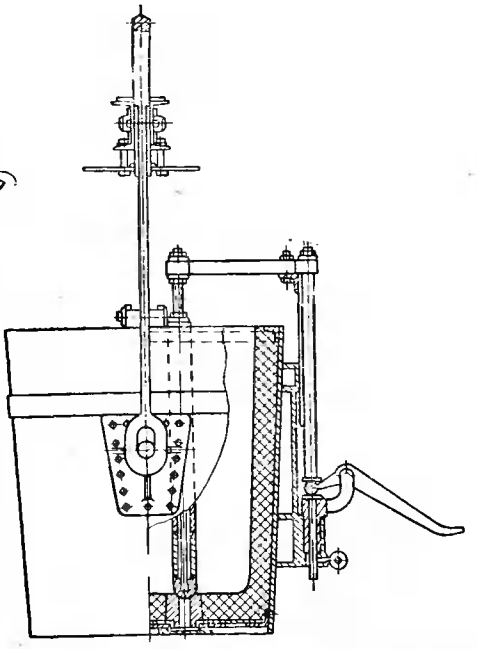


Рис. 92. Стопорный крановый ковш для стали

3. ВЫБОР ТЕМПЕРАТУРЫ

Температура заливки металла выбирается в зависимости от толщины стенки отливки и ее конфигурации (табл. 122).

Температура жидкого чугуна и стали измеряется обычно оптическим пирометром, а цветных сплавов — термопарами.

Продолжительность заливки зависит от веса отливки, средней толщины стенки и может быть определена по следующей формуле:

$$t = S\sqrt{Q}\ \ сек,$$

где Q — вес отливки, *кг*;

S — коэффициент, зависящий от вида металла и средней толщины стенки (табл. 123).

Скорость разливки (табл. 125) металла q (*кг/сек*) зависит от типа ковша, вида металла и определяется по следующей формуле:

$$q = \frac{Q}{t}\ \ кг/сек,$$

где Q — вес отливки, *кг*;

t — продолжительность заливки, *сек*.

Таблица 122

Рекомендуемые температуры заливки [4], [9], [26], [22]

Сплав	Толщина стенки отливки, *мм*	Температура заливки, °С
Серый чугун	До 4	1450—1370
	4—10	1430—1360
	10—20	1400—1330
	20—50	1380—1310
	50—100	1340—1250
	100—150	1300—1230
	Более 150	1280—1220
Отбеленный чугун:		
прокатные валки	Более 200	1280—1240
колеса с отбеленным ободом	„ 50	1320—1300
Ковкий (белый) чугун	До 4	1480—1400
	4—10	1460—1380
	10—20	1430—1370
	Более 20	1400—1300
Высоколегированный чугун:		
ферросилид	—	1300—1270
хромистый	—	1450—1400
марганцовистый (немагнитный)	—	1350—1280
Сталь:		
углеродистая и низколегированная	—	1430—1480
высокоуглеродистая и марганцовая	—	1360—1400
высоколегированная	—	1450—1500
Алюминиевые:		
АЛ1	—	720—770
АЛ4	—	730—750
АЛ10	—	690—730
Прочие	—	640—750
Магниевые	—	720—780
Бронзы	—	1050—1150

Таблица 123

Значения коэффициента *S*

Назначение	Значения коэффициента *S* для сплавов					
	сталь	серый чугун	ковкий чугун	медные	алюминиевые	магниевые
Для тонких небольших отливок	1,2	1,1	1,2	1,3	0,8	0,9
Для толстых крупных отливок . .	1,6	1,6	1,4	1,5	1,00	1,2

4. ВРЕМЯ И СКОРОСТЬ ЗАЛИВКИ

Таблица 124

Зависимость времени заливки формы от веса металла (для серого чугуна и стали)

Вес металла в форме, *кг*	Время *t*, *сек*	Вес металла в форме, *кг*	Время *t*, *сек*
3—5	2—3	250—500	20—28
5—10	3—4	500—1 000	28—40
10—50	4—9	1 000—5 000	40—85
50—100	9—12	5 000—10 000	85—120
100—250	12—20	10 000—50 000	120—250

Таблица 125

Скорость разливки различных металлов [4], [26], [10]

Тип ковша	Средняя скорость разливки q, кг/сек			
	чугун	сталь	алюминиевые и магниевые сплавы	медные сплавы
Малые ручные ковши . .	2,5—4,0	—	4—6	5—8
Крановые ковши средней емкости	6,0—8,0	12,0—18,0	10—15	12—18
Крупные крановые ковши	30—50	100—150	—	—

Заливка металла прекращается после заполнения чаши выпора или прибыли, когда металл перестает поступать из литниковой чаши в форму.

Таблица 126

Время использования разливочного ковша при разливке стали

Емкость ковша, m	Время, ч					
	сушка и подогрев	непрерывная работа	остывание до ремонта	текущий ремонт	установка под желоб и заполнение	служба футеровки между капитальными ремонтами
0,05—0,10	0,5—1,0	3—4	0,8—1,0	0,5—1,0	0,10	50
0,15—0,20	0,5—1,0	3—4	0,8—1,0	0,5—1,0	0,15	50
0,5—1,0	0,8—1,2	5—7	1,2—1,5	0,8—1,2	0,25	40
5,0—10,0	1,5—2,0	Одна заливка	1,5—2,0	1,2—1,5	0,40	30
20,0—50,0	2,0—2,5	То же	2,0—2,5	1,5—2,0	1,00	10

Раскреплять или разгружать залитые формы следует не ранее половины времени охлаждения отливки в форме, указанного в табл. 127.

Таблица 127

Продолжительность охлаждения отливок в песчаной форме [26], [9], [4]

Вес отливки, кг	Средняя толщина стенки, мм	Продолжительность охлаждения отливки в песчаной форме, ч	
		сталь	чугун
До 10	5—12	0,2—0,5	0,2—0,4
50	15—20	0,5—0,8	0,4—0,6
100	15—30	2—4	0,8—2,0
500	20—50	6—8	4,0—6,0
2 000	30—80	18—24	18—16
10 000	50—120	36—50	24—36
20 000	100—200	80—100	60—72

Глава X. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЛИТЬЯ

К специальным видам литья относятся:
литье в металлические формы (кокили);
литье под давлением;
центробежное литье;
литье по выплавляемым моделям;
литье в оболочковые формы;
литье методом вакуумного всасывания;
непрерывное литье.

Эти виды литья применяют в основном при серийном или массовом производстве отливок. Они требуют более значительных затрат на специальное оборудование по сравнению с затратами на обычные методы литья в разовые песчаные формы, но дают возможность увеличить выпуск литья при меньших затратах труда, уменьшить потери металла, улучшить механические свойства и структуру отливок, повысить точность и качество поверхности, снизить стоимость изготовления.

1. ЛИТЬЕ В МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФОРМЫ

Литье в металлические формы (кокили) по сравнению с обычным литьем имеет следующие преимущества:

выпуск литья увеличивается в 2—5 раз при той же площади цеха;

отходы при литье уменьшаются на 8—12%;

количество бракованных отливок снижается на 50—70%;

себестоимость литья за счет уменьшения расхода материалов и заработной платы снижается на 15—20%;

увеличивается точность и значительно упрощается процесс получения отливок.

Недостатками являются высокая стоимость изготовления металлических форм и трудность регулирования охлаждения отливки, что ведет иногда к закалке (отбелу) отливок.

Применяемые материалы

Сталь в стальные формы заливать нельзя во избежание приваривания отливок к стенкам формы даже при наличии защитных покрытий форм.

Таблица 128

Материалы для изготовления металлических форм [1], [3], [12]

Наименование сплава для изготовления формы	Марка сплава	Применение
Серый чугун перлитный	СЧ 15-32	Для мелких отливок из всех сплавов
Серый чугун ферритный	СЧ 12-28	Для крупных отливок из всех сплавов
Сталь низкоуглеродистая	Ст. 3; Ст. 4	Для мелких отливок из чугуна и цветных сплавов
Сталь легированная жаростойкая	5ХНМ; 4ХВС; 3ХВХ; ХН3 и др.	Для отливок из цветных сплавов сложной конфигурации и для прессформ литья под давлением
Медь	М1	Для теплоотводящих вставок в литейных формах, для отливок из цветных сплавов

В металлических формах можно получать отливки: чугунные от 10 *г* до 7 *т*, из стали от 0,5 *кг* до 4 *т* и из цветных сплавов от 5 *г* до 500 *кг*.

В зависимости от температуры плавления заливаемого сплава и качества защитных покрытий формы выдерживают от 100 до 20 000 заливок (табл. 129).

Таблица 129

Стойкость металлических форм [1], [12], [3]

Материал формы	Отливки	Температура плавления сплава, °С	Количество заливок до износа формы
Чугун	Стальные	1450	100—500
»	Чугунные	1130	5 000
»	Медные	1050	5 000—10 000
Сталь	Алюминиевые	650	60 000
»	Магниевые	640	750 000
»	Цинковые	420	150 000
»	Оловянисто-свинцовые	250	200 000

Для лучшего заполнения формы металлом и снижения износа рабочих поверхностей форму облицовывают защитными покрытиями. Для защитных покрытий применяют футеровку толщиной 8—10 *мм* для чугунных отливок крупных размеров, облицовку толщиной 0,1—0,6 *мм* для всех металлических форм и краску толщиной до 0,2 *мм*.

Состав футеровки следующий: шамотный порошок — 40%; мелкий кварцевый песок — 40% и огнеупорная глина — 20%.

Футеровку наносят на рабочую поверхность формы во влажном виде, затем просушивают, а перед заливкой окрашивают защитной краской.

Футеровка наносится один-два раза в смену на рабочую поверхность формы, а затем окрашивается специальными составами (табл. 131).

Таблица 130

Облицовка для покрытия металлических форм [1], [3], [12]

Компоненты	Варианты составов					
	1	2	3	4	5	6
Для чугунных отливок, г						
Глина огнеупорная	30	150	100	—	—	—
Маршалит	—	—	—	—	—	100
Магнезит белый	—	—	—	50	—	—
Хромовая руда	—	—	—	—	100	—
Жидкое стекло	100	62	30—50	30	30	50
Магниевокислый кальций	—	—	0,3	—	0,3	—
Вода, *л*	1	1	1	1	1	1
Для стальных отливок, объемные части						
Маршалит	74	—	—	—	—	—
Сульфитный щелок	20,5	—	—	—	—	—
Патока кормовая	3,0	—	—	—	—	—
Огнеупорная глина	2,0	—	—	—	—	—
Жидкое стекло	0,5	—	—	—	—	—
Для отливок из медных сплавов, %						
Масло вареное	96	50	—	—	—	—
Графит в порошке	4	1—2	5	—	—	—
Мыло зеленое	—	50	—	—	—	—
Смазочное масло	—	—	20	—	—	—
Парафин	—	—	10	—	—	—
Керосин	—	—	65	6	4,5	6
Костяная мука	—	—	—	7	5	7
Мазут	—	—	—	57	51,5	67
Мыло	—	—	—	30,0	15,5	20
Окись цинка	—	—	—	—	8,0	—
Каолин	—	—	—	—	15,5	—

Продолжение табл. 130

Компоненты	Варианты составов					
	1	2	3	4	5	6
Для отливок из легкоплавких алюминиевых и магниевых сплавов, г						
Окись цинка	30	—	—	—	—	—
Жидкое стекло	30	30	—	32	200	20
Свинцовая чернь	—	—	450	—	—	—
Зеленое мыло	—	—	56	—	—	—
Вода, *л*	1	1	1	0,85	2,2	0,3
Мел	—	200	—	—	—	—
Борная кислота	—	—	—	35	—	—
Тальк	—	—	—	100	—	—
Графит коллоидальный	—	—	—	—	50	80
Углекислый кальций	—	—	—	—	550	—

Таблица 131

Состав красок для металлических форм [13], [12], [3]

Материал	Номер краски и состав, %						Назначение красок
	1	2	3	4	5	6	
Асбест жженый	8	2	6—7	—	—	7	1, 2 — утеплительная краска для магниевого литья
Окись цинка	5	—	2—3	—	4—5	3	3 — утеплительная краска для алюминиевого литья
Тальк	—	—	1—1,5	8,5	—	1	4, 5 — изолирующие краски для магниевого и алюминиевого литья

Продолжение табл. 131

Материалы	Номер краски и состав, %						Назначение красок
	1	2	3	4	5	6	
Борная кислота	2,5	5	—	2,5	—	—	6 — для покрытия трущихся поверхностей при магниевом и алюминиевом литье
Мел молотый	—	5	—	—	—	—	
Графит . . .	—	—	—	—	0,8—1,5		
Жидкое стекло	2,5	2,5	3—4	2,5	1,2—1,5	4	
Вода			Остальное				

Окрашивают формы для чугунного и стального литья раствором маршалита и графита в воде или ацетиленовой копотью.

Таблица 132

Допустимые толщины стенок металлических форм в зависимости от толщины стенки отливки [3]

Вид отливок	Толщина стенок отливки, *мм*	Толщина стенок формы, *мм*
Стальные тонкостенные	10—20	15—50
Массивные стальные	50—80	25—50
Чугунные	10—30	10—30
Медные и алюминиевые	5—20	10—25
Магниевые	5—20	10—20

Таблица 133

Допустимая минимальная толщина стенки отливок в зависимости от материала [1], [3]

Материал	Толщина стенки, *мм*, не менее	
	для мелкого литья	для среднего литья
Сталь	5	10
Чугун	4	6
Бронза	3	6
Алюминий	1,5	3
Магний	2,0	4

Режимы заливки и охлаждения

Таблица 134

Рекомендуемые режимы заливки и охлаждения отливок в форме различных сплавов

Сплав	Температура нагрева сплава, °С	Температура заливки, °С	Температура формы, °С	Время выдержки в форме, *мин*	Температура выбивки отливки и формы, °С
Сталь	1570—1620	1500—1520	150—300	1,5+0,2Q	850—950
Чугун	1400—1420	1300—1320	200—300	1,2+0,1Q	800—850
Медные сплавы	1120—1140	1070—1100	150—250	1,5+0,1Q	400—600
Алюминиевые сплавы . . .	750—780	690—720	150—300	0,8+0,05Q	300—400
Магниевые сплавы . . .	770—800	720—740	250—300	0,8+0,05Q	350—400

Примечание. Q—вес отливки в *кг*.

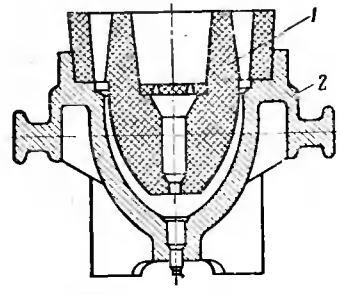


Рис. 93. Вытряхная металлическая форма с песчаным стержнем:
1 — стержень, *2* — металлическая форма

По конструкции различают следующие виды металлических форм:

вытряхные с металлическим или песчаным стержнем (рис. 93), из которых отливка вместе со стержнем удаляется при повороте формы;

разъемные с горизонтальной и вертикальной плоскостью разъема (рис. 94), которые могут быть одноместными (для получения только одной отливки) или многоместными (для получения нескольких отливок);

с песчаными или металлическими стержнями или без стержней.

Металлические формы обычно устанавливают на машинах, которые закрывают половинки формы, раскрывают их и удаляют из формы отливки. Такие машины могут быть ручные, с гидравлическим, электрическим и пневматическим приводом (рис. 95).

Так как точность отливок, получаемых в металлических формах, значительно выше, чем в песчаных, то припуск на механическую обработку и допуски в этом случае меньше (табл. 135).

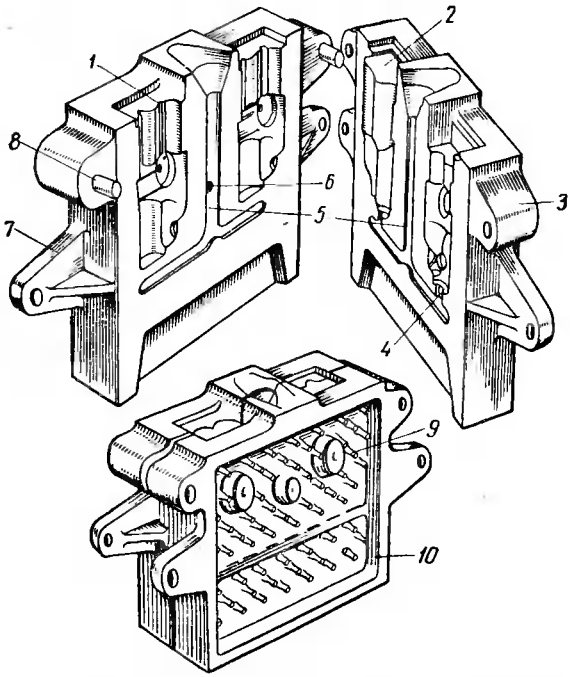


Рис. 94. Металлическая вертикальная разъемная двухместная форма:

1 — полость, *2* — песчаный стержень, *3* — прилив с отверстием для центровки, *4* — питатель, *5* — стояк, *6* — отверстие для толкателя, *7* — прилив для крепления на машине, *8* — штырь для центровки, *9* — пальцы, *10* — ребра жесткости

Литниковые системы

Охлаждение металла в металлической форме идет быстро, поэтому литниковые системы должны иметь большое сечение каналов. Длина каналов должна быть возможно меньшей. В них не допустимы острые углы, повороты или резкие изменения сечений. На практике применяют типовые литниковые системы для металлических форм (рис. 96).

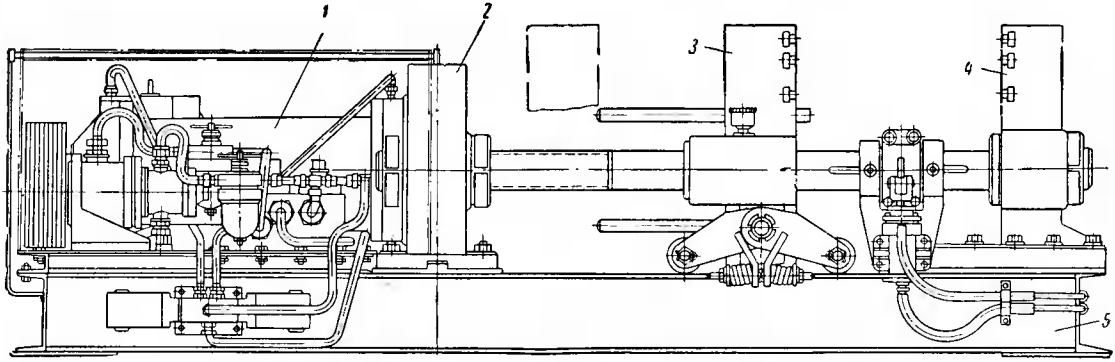


Рис. 95. Кокильная машина с пневматическим приводом:
1 — цилиндр закрывания и снятия формы, *2* — стойка крепления направляющих, *3*, *4* — плиты для крепления металлических полуформ, *5* — станина

Площадь сечения питателей берется на 25—33% больше, чем для песчаных форм.

Для выхода газов, лучшего заполнения форм и получения качественных отливок рекомендуется делать в форме выпоры и вентиляционные каналы следующих размеров:

выпоры в виде щели в верхней части формы толщиной 2—3 *мм* и длиной 15—20 *мм*;

вентиляционные каналы по разъему половинок формы в местах, куда металл заливается в последнюю очередь, толщиной 0,2—0,4 *мм*, шириной 10—12 *мм*;

вентиляционные круглые каналы в местах скопления газов в виде металлических пробок с 2—3 срезами на боковой поверхности толщиной 0,25 *мм*;

вентиляционные каналы в стержнях и в стержневых знаках.

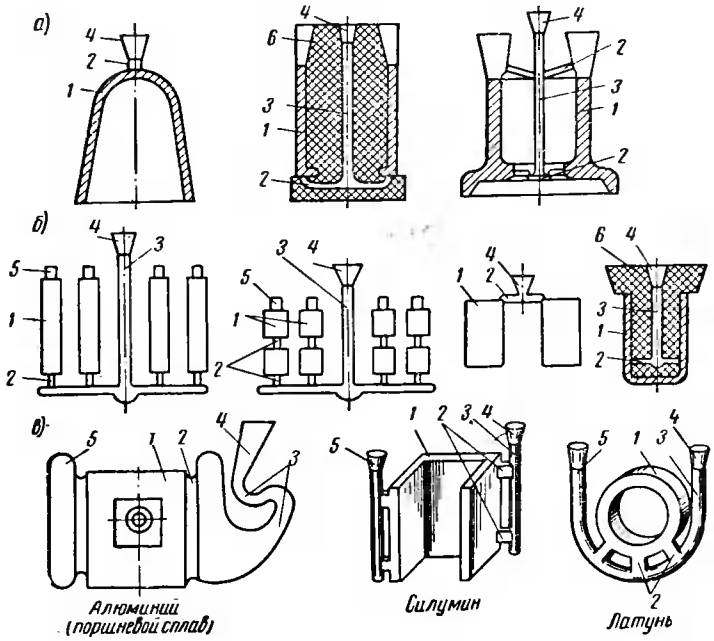


Рис. 96. Типовые литниковые системы для металлических форм при литье:

а — стали, *б* — чугуна, *в* — цветных сплавов; *1* — отливка, *2* — питатель, *3* — стояк, *4* — литниковая чаша, *5* — выпор, *6* — песчаный стержень

Таблица 135

Рекомендуемые припуски и допуски для литья в металлические формы [1], [12]

Размер отливок, *мм*	Припуск на одну сторону, *мм*			Наибольшие допуски (отклонения), *мм*	
	нижние или наружные боковые поверхности	внутренние боковые поверхности	верхние поверхности	на механически обрабатываемых рабочих поверхностях	на литых необработанных рабочих поверхностях
До 40	0,7—1,0	1,0	1,5	±0,4	±0,5
40—100	1,0—1,5	1,5	2,0	±0,5	±0,8
100—250	1,5—2,0	2,0	2,5	±0,8	±1,0
250—600	2,0—2,5	2,5	3,0	±1,0	±1,2
600—1600	3,0—3,5	3,0	4,0	±1,2	±1,5

Таблица 136

Типы литниковых систем

Наименование литника	Назначение	Эскиз литниковой системы
Прямой	В одноместных формах для отливок большой толщины из всех сплавов	
Сифонный	В двухместных формах для отливок большой толщины из всех сплавов	
Змеевик	Для форм алюминиевого и магниевого литья (для отливок большой толщины)	
Прибыль	Для форм мелких тонкостенных отливок из всех сплавов	

Продолжение табл. 136

Наименование литника	Назначение	Эскиз литниковой системы
Прибыль «глухарь»	Для форм отливок больших размеров при малой толщине стенок в местах скопления металла из всех сплавов	

2. ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Особенности литья

При литье под давлением заполнение формы и кристаллизация металла происходит при избыточном давлении (от небольшого до сотен атмосфер), что обеспечивает большую плотность отливок и меньший брак из-за повышенной пористости и раковин.

Литье под давлением обеспечивает большую производительность, получение отливок по 3—4-му классу точности и получение тонкостенных отливок (до 0,75 *мм*). Применяется в основном для отливок из цветных металлов. Имеются опытные установки для литья под давлением стали и чугуна.

Для получения отливок хорошего качества металлические формы при заливке под давлением должны иметь следующую температуру при литье:

алюминиевых и магниевых сплавов — 200—250° С;
медных — 250—350° С;
цинковых — 100—200° С.

Перед запуском машины формы предварительно подогревают, а во время интенсивной работы охлаждают струей воздуха или водой.

Рекомендуемые материалы

Так как износ прессформ для литья под давлением больше, чем в обычных металлических формах, то для их изготовления, кроме материалов, перечисленных в табл. 127, используются специальные стали (табл. 137).

Для увеличения стойкости прессформ (табл. 138) и предотвращения приварки отливки к форме рабочие поверхности перед заливкой смазывают специальными составами: стержни и элементы литниковой системы после двух — четырех заливок, остальную поверхность — через 10—20 заливок.

Сплавы для литья под давлением (табл. 139) должны обладать достаточной жидкотекучестью, возможно меньшей усадкой, высокой прочностью при высоких температурах и однородностью при кристаллизации (табл. 140).

Таблица 137

Рекомендуемые материалы для прессформ литья под давлением [1], [3], [12]

Наименование частей прессформы	Сплавы		
	цинковые	алюминиевые и магниевые	медные
Матрицы	5ХНМ	5ХНМ	3ХВ8
	4ХНВ	3ХВ8	4ХВ8
	—	4ХВ8	ЭИ121
	—	Э16	—
Рассекатели	4ХВ8	4ХВС	Х12М
Вкладыши, стержни	—	4ХВ8	ЭХВ8
	—	Э4ХВ8	—

Таблица 138

Стойкость прессформ и составы для смазки [1], [3], [12]

Сплавы	Стойкость (количество заливок)		Составы смазки
	средняя	максимальная	
Цинковые	150 000	300 000	Моторное масло
Магниевые и алюминиевые	40 000	110 000	Парафин 30%, вазелин 14%, графит 26—30%
Медные	5 000	10 000	Смесь графита с маслом

Таблица 139

Сплавы, применяемые для литья под давлением

Сплавы	Марки сплавов	Назначение
Алюминиевые	АЛ2, АЛ4, АЛ5, АЛ6, АЛ9	Для деталей сложной конфигурации малых и средних размеров
Магниевые	МЛ5, МЛ6	То же
Медные	ЛС 59-1 ЛК 80-3 ЛКС 80-3-3 ЛК вторичный	Мелкие и средние детали паровой и водяной арматуры для химической, автомобильной, авиационной и судостроительной промышленности
Цинковые	ЦА4, ЦА01 ЦАМ1, ЦАМ4-3, ЦАМ4-1, ЦАМ5-10	Сложное декоративное литье, типографские шрифты и матрицы, сложные детали, работающие с небольшими нагрузками; детали в автомобильной, приборостроительной и судостроительной промышленности

Примечание. Химические составы и свойства перечисленных сплавов см. в главе I, табл. 14, 15, 16, 17, 18 и 19.

Таблица 140

Характеристики отливок, получаемых литьем под давлением [I]

Сплавы	Вес отливки, *кг*	Средняя толщина стенки отливки, *мм*	Конусность на боковых стенках, %		Размер отверстия, *мм*		
			наружная	внутренняя	наименьший диаметр	Наибольшая глубина	
						непроходные	проходные
Цинковые	До 6	1,5—4	0,2	0,5	1,5	5	10
Магниевые	„ 6	1,5—5	0,5	1,0	2,0	4	8
Алюминиевые . . .	„ 15	1,5—6	0,5	1,0	2,5	3	5
Медные	„ 6	1,5—6	0,5—1	1—1,5	3,0	3	4

Таблица 141

Характеристика машин для литья под давлением [1], [4]

Типы машин	Техническая характеристика	Назначение
Поршневые с горячей камерой прессования (рис. 97)	Вертикальные и горизонтальные цилиндры; давление 6—75 *am*; производительность полуавтоматических — 250, автоматических — до 1000 заливок в час	Для сплавов с низкой температурой плавления (цинковые, алюминиевые, магниевые), удобны в эксплуатации
Поршневые с холодной камерой прессования типа 511 и 512 (рис. 98)	Вертикальные и горизонтальные камеры прессования; давление 100—1000 *am*; производительность — 250—300 заливок в час	Для всех цветных сплавов высококачественного литья, широко распространены в промышленности
Компрессорная с горячей ванной (рис. 99)	Неподвижная камера сжатия; давление 7—25 *am*; производительность до 200 заливок в час; сильное окисление металла	Для сплавов с низкой температурой плавления, неответственного литья, применяется редко
Компрессорная с подвижным черпаком (рис. 100)	Подвижная камера сжатия (гузнек); давление 10—50 *am*; производительность до 400 заливок в час; малое окисление металла	Для всех цветных сплавов высококачественного литья
Компрессорная с уравновешенным тиглем (рис. 101)	В камере сжатия помещается обогреваемый электричеством тигель; производительность до 200 заливок в час; сильное окисление металла	Для алюминиевых и медных сплавов

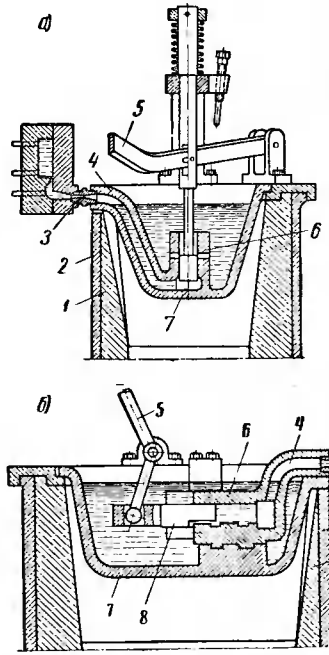


Рис. 97. Поршневая машина с горячей камерой прессования:

а — с вертикальным цилиндром, *б* — с горизонтальным цилиндром; *1* — футеровка печи, *2* — кожух печи, *3* — мундштук, *4* — подводящий канал, *5* — рычаг, *6* — цилиндр, *7* — тигель для расплавленного металла, *8* — поршень

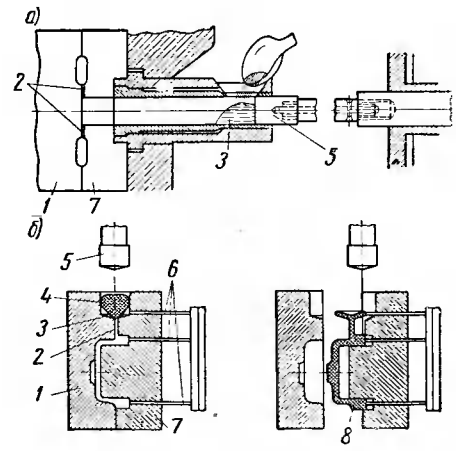


Рис. 98. Поршневая машина с холодной камерой прессования:

а — с горизонтальной камерой, *б* — с вертикальной камерой; *1* — подвижная половинка формы, *2* — литниковый канал, *3* — камера прессования, *4* — жидкий металл, *5* — прессующий поршень, *6* — толкатель, *7* — неподвижная половинка формы, *8* — отливка

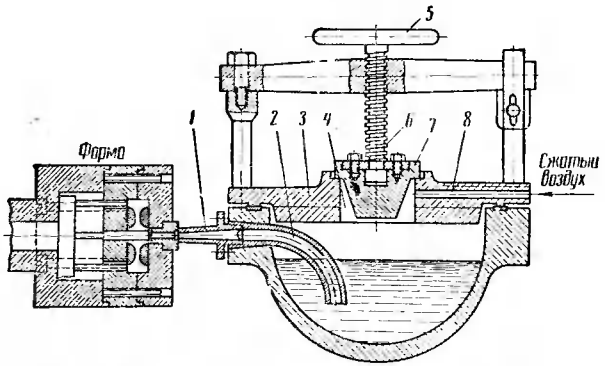


Рис. 99. Компрессорная машина с горячей ванной:

1 — мундштук, *2* — литниковый канал, *3* — крышка ванны, *4* — отверстие для заливки металла, *5* — маховик, *6* — винт, *7* — крышка, *8* — канал подачи сжатого воздуха

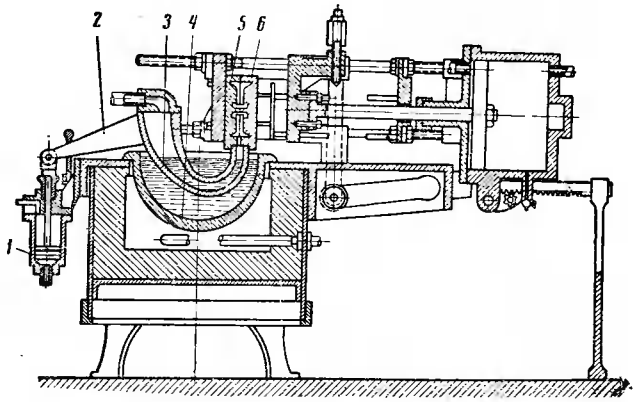


Рис. 100. Компрессорная машина с подвижным черпаком:

1 — пневматический цилиндр наклона черпака, *2* — рычаг, *3* — черпак, *4* — ванна с жидким металлом, *5* и *6* — металлическая форма

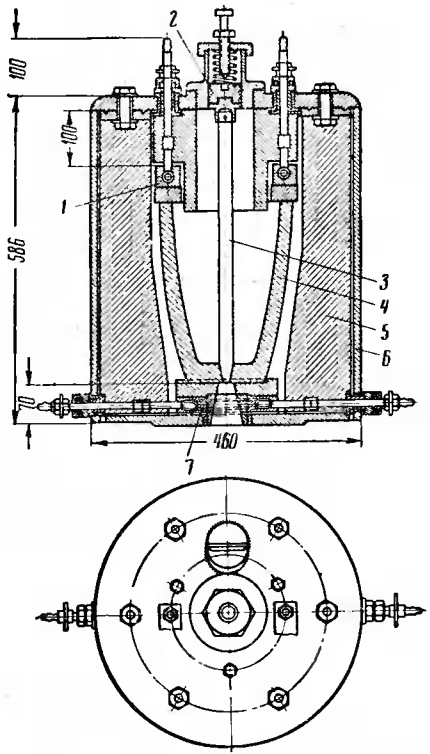


Рис. 101. Компрессорная машина с уравновешенным тиглем:

1 и *7* — контактные кольца, *2* — поршень, *3* — игла выпуска металла, *4* — токопроводящий тигель, *5* — футеровка камеры, *6* — металлический кожух

3. ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ЛИТЬЕ

Особенности литья

При центробежном литье заполнение формы и кристаллизация происходит под действием центробежной силы, образующейся при вращении формы, что обеспечивает большую плотность отливки и меньшее количество неметаллических включений, отбрасываемых к центру вращения. Этим методом получают отливки труб, колец, втулок и других тел вращения.

Формы для центробежного литья могут быть металлические и песчаные. Применяются футерованные изложницы — металлические формы с тонкой песчаной футеровкой и металлические формы со стержневыми вставками.

Центробежным способом можно отливать сталь, чугун и цветные сплавы, имеющие небольшую ликвацию.

Применяются следующие способы центробежного литья (табл. 142):

с горизонтальной и вертикальной осями вращения — внутри отливки образуются полости цилиндрической или конической формы;

полуцентробежный — внутренняя полость образуется при помощи песчаного стержня;

центрифугирование, при котором полости формы смещаются от оси вращения, для получения фасонных отливок.

Центробежный метод заливки применяют для получения двухслойных отливок и заливки антифрикционных сплавов в подшипники.

ХАРАКТЕРИСТИКА МАШИН

Таблица 142

Характеристика центробежных машин [1], [4], [14]

Тип машины	Скорость вращения n, об/мин	Назначение
Центробежные с горизонтальной осью вращения (рис. 102 и 103)	$n = \frac{5520}{\sqrt{\gamma(R-a)}}$, где γ — удельный вес жидкого металла в $г/см^3$: R — наружный радиус отливки, $см$; a — толщина стенки отливки, $см$. Принимают n=280—850.	Для деталей, у которых длина больше диаметра отливки (трубы, длинные втулки, гильзы и др.)
Центробежная с вертикальной осью вращения (рис. 104)	$n = 423\sqrt{\frac{H}{R_3^2 - R_2^2}}$, где H — высота отливки, $см$; R_3 и R_2 — радиусы отверстий в нижней и верхней частях формы, $см$. Принимают n=300—500.	Для деталей с небольшой высотой по сравнению с диаметром (втулки, кольца, заготовки для венцов, зубчатых колес и др.)
Полуцентробежная машина с вертикальной осью вращения (рис. 105)	Скорость вращения зависит от диаметра отливки. Принимают n=60—80	Для деталей с фигурной внутренней поверхностью (кольца, зубчатые колеса)
Центрифуговальная машина с вертикальной осью вращения (рис. 106)	Принимают n=20—50	Для деталей с толстыми стенками, но малых габаритов

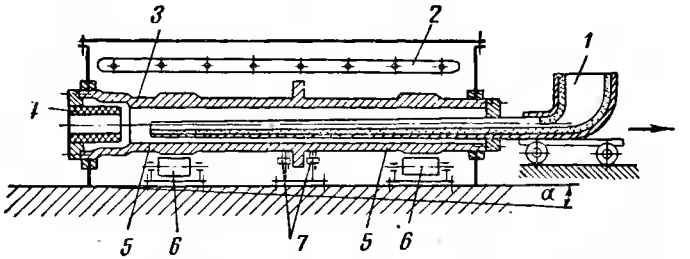


Рис. 102. Центробежная машина с горизонтальной осью вращения для отливки водопроводных труб в металлическую форму:

1 — заливочная воронка, *2* — труба водяного охлаждения формы, *3* — металлическая форма, *4* — песчаный стержень, образующий раструб, *5* — центрирующее устройство на форме, *6* — опорные ролики, *7* — осевые ролики

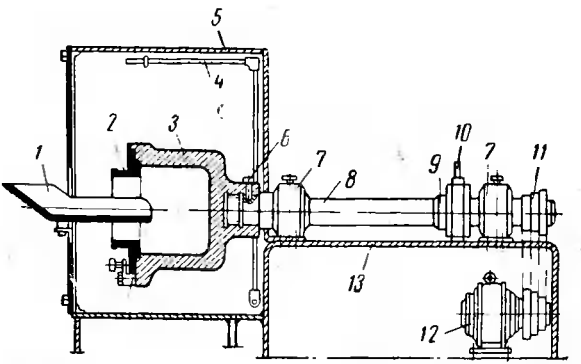


Рис. 103. Консольно-центробежная машина для отливки втулок:

1 — заливочная воронка, *2* — крышка формы, *3* — металлическая форма, *4* — водяное охлаждение, *5* — кожух машины, *6* — стопорный винт, *7* — подшипники, *8* — вал, *9* — ограничитель движения вала, *10* — тормозное устройство, *11* — шкив привода, *12* — двигатель, *13* — кожух привода

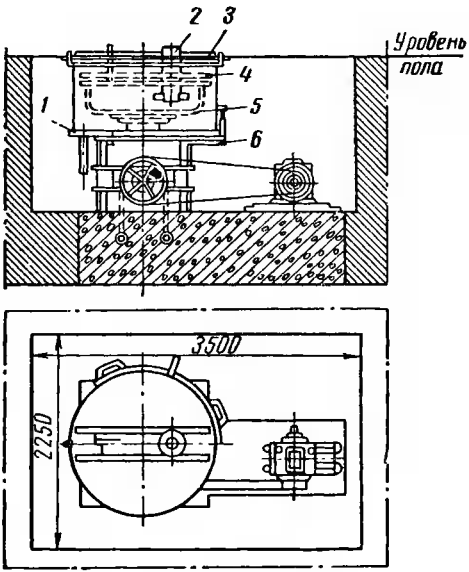


Рис. 104. Центробежная машина с вертикальной осью вращения:
1 — кожух, *2* — заливочная воронка, *3* — крышка кожуха, *4* — крышка изложницы, *5* — изложница, *6* — корпус

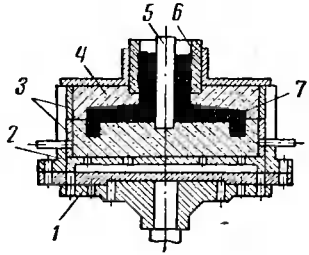


Рис. 105. Полуцентробежная машина с вертикальной осью вращения для отливки зубчатых колес:
1 — вращающийся стол, *2* — центрирующее кольцо, *3* — круглая опока, *4* — верх формы, *5* — центровой стержень, *6* — литниковая чаша, *7* — отливка

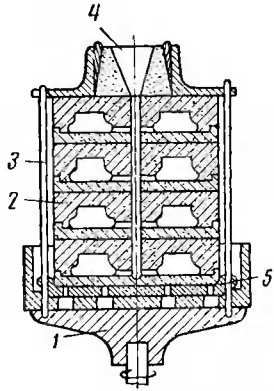


Рис. 106. Центрифуговальная машина с вертикальной осью вращения для стопочной отливки фасонных деталей:
1 — вращающийся стол, *2* — песчаные сухие формы, *3* — направляющие штыри, *4* — литниковая чаша, *5* — металлический поддон

4. ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Особенности литья

Сущность этого метода заключается в том, что в металлической прессформе изготовляется легкоплавкая модель отливки. На поверхность модели наносится огнеупорная оболочка. Модель с оболочкой заформовывается в опоку. Модель выплавляется, а форма прокаливается и еще горячей заливается жидким металлом.

Литье по выплавляемым моделям применяют для получения отливок небольших размеров сложной конфигурации, с точными размерами, в том числе деталей, трудно поддающихся механической обработке.

Применение неразъемной высокоогнеупорной формы позволяет получать качественные отливки из стали, чугуна и цветных сплавов с высокой точностью и чистотой поверхности, что позволяет в ряде случаев не применять механическую обработку.

Таблица 143

Точность размеров и чистота поверхности литья по выплавляемым моделям в зависимости от их габарита и веса

Наибольший размер отливок	Преобладающая толщина стенок, *мм*	Примерный вес, *кг*	Класс точности	Класс чистоты поверхности, ГОСТ 2789—51
50	До 3	До 0,2	4—5	5—6
150	3—5	0,2—1,0	4—5	4—5
250	5—10	1,0—5,0	5—6	3—4
500	10—20	5,0—15,0	6—7	3
Более 500	Более 20	Более 15	7—8	3

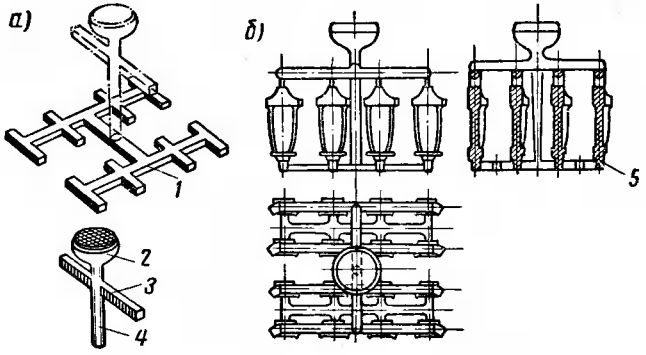


Рис. 107. Блок выплавляемых моделей:
а — блок литниковой системы, *б* — блок моделей; *1* — нижняя ветвь питателей, *2* — литниковая чаша, *3* — верхний литниковый ход, *4* — стояк, *5* — выплавляемая модель

Последовательность операций

Процесс производства отливок по выплавляемым моделям складывается из следующих операций:

изготовление металлического эталона;
изготовление прессформы из легкоплавкого сплава;
прессование выплавляемых моделей и сборка их в блок (рис. 107);
нанесение на модель огнеупорного покрытия;
формовка модели с огнеупорным покрытием;
выплавление моделей из форм;
прокаливание формы;
подготовка шихты, плавка и заливка формы металлом;
выбивка, очистка, обрезка литников;
контроль отливки.

ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица 144

Легкоплавкие составы для изготовления прессформ [1], [14]

Температура плавления, °С	Химический состав, %			
	олово	свинец	висмут	сурьма
139	49	—	51	—
140	35	30	35	—
140	15	70	15	—
247	—	87	—	13

Таблица 145

Характеристика составов для изготовления выплавляемых моделей [26], [9]

Номер состава	Химический состав, %						Линейная усадка, %	Температура запрессовки, °С	Особые условия
	канифоль	воск пчелиный	парафин	церезин	стеарин	этилцеллюлоза			
1	—	—	60	—	40	—	1,5	42—43	—
2	—	—	25	—	65	10	1,0	50	Под давлением 3—5 *ат*
3	40	4	38	—	—	18	1,0	55	
4	—	—	68	—	28	4	1,0	42	
5	10	—	20	10	70	—	1,0	—	Свободная заливка
6	—	—	29	61	—	—	1,0	—	
7	—	—	—	—	85	15	2,0	110—115	Под давлением 3—5 *ат*

Таблица 146

Состав огнеупорных покрытий для выплавляемых моделей [26]

Назиачение	Состав, %				
	первый вариант			второй вариант	
	кварцевая мука 005; 01	кварцевый песок 01; 016	гидролизованный раствор этилсиликата	кварцевая мука 005; 01	жидкое стекло
Первый слой покрытия	70	—	30	78—82	18—22
Последующие слои	65	—	35		
То же	50	22	28	—	—

Таблица 147

Составы формовочных смесей [26], [1]

Назиачение	Составы формовочных смесей, %						
	кварцевый песок 016, 0315	молотый шамот	гипс	асбест	раствор этилсиликата	бура	окись магния
Сухой наполнитель для черных металлов	98—99	—	—	—	—	1—2	—
Сухой наполнитель для деталей повышенной точности .	—	98—99	—	—	—	1—2	—
Сухой наполнитель для цветных сплавов	—	—	35	65	—	—	—
Сухой наполнитель для крупных деталей	99,0	—	—	—	—	—	1
Жидкий наполнитель	80,0	—	—	—	20	—	—
То же	96,9	—	—	—	3	—	0,1

Покрытие наносят в 4—6 слоев. Каждый слой в сыром состоянии посыпают мелким кварцевым песком. Модель с покрытием выдерживается при t=18—22° С в течение 6—12 *ч*, а затем выплавляют состав, а оболочку прокаливают.

Применяют огнеупорные покрытия с жидким стеклом в виде связующего. Жидкое стекло (ГОСТ 962—41) с модулем 2,7—3,0 разводят водой до плотности 1,40 и смешивают с горячим (70—80° С) 8%-ным водным раствором нашатыря. В результате реакции выпа-

дает коллоидальный кремнезем, который постепенно в течение 4—8 *ч* полностью растворяется. В раствор добавляют маршалит (сито 005).

Блок моделей опускают в раствор 3—5 раз. После каждого раза его присыпают песком *К* (сито 0063), затем погружают в закрепитель (20%-ный водный раствор нашатыря или азотнокислого аммония) на 1—2 *мин*. Блок выдерживают на воздухе первый раз 7—10 *мин*, второй — 2—3 *мин* и через 15 *мин* передают на выплавку модели.

Формовочные составы слегка увлажняют для придания им пластичности.

Выплавку моделей из форм производят при $t=150$—$200°$ С в течение 0,5—1,0 *ч*, а формы прокаливаются при $t=850$—$950°$ С в течение 3—5 *ч*.

При жидком наполнителе продолжительность прокаливания удлиняется до 8—10 *ч*.

Металл плавят в электрических печах небольшой емкости и заливают в еще горячие формы.

Выбивку производят вручную или механизированным способом.

Отливки из чугуна и стали промывают в горячем растворе щелока и затем подвергают пескоструйной очистке.

В последнее время применяют также модели, изготовленные из замороженной ртути или пластмассы. Пластмассовые модели сгорают при прокаливании форм.

5. ЛИТЬЕ В ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ

Литье в оболочковые формы дает возможность получать отливки сложной конфигурации с точными размерами и чистой поверхностью.

Отливки малых и средних размеров получают заливкой металла в литейную форму в виде тонкой оболочки толщиной 4—5 *мм*, что значительно сокращает расход формовочных материалов. Крупные детали (весом до 1 *т*) заливаются в оболочковые формы, засыпаемые в опоке инертным наполнителем — сухим песком или дробью, используемыми многократно.

Точность отливок достигает 0,05—0,10 *мм*.

Таким же методом можно получить и стержни для литейных форм.

Последовательность операций

Процесс литья в оболочковые формы состоит из:

сушки песка и просеивания песка, смешивания песка со смолой;

нанесения песчано-смоляной смеси на подогретую модельную плиту;

спекания оболочки на подмодельной плите;

снятия оболочки с подмодельной плиты;

сборки оболочковой формы;

заливки, выбивки, обрубки и зачистки отливок.

Модельные плиты, изготовленные из чугуна, стали или алюминия, применяются для формовки с подогревом в печи или электронагревателями до 250° С (рис. 108). Плиты чугунные и стальные выдерживают 12 000 формовок, алюминиевые до 5000.

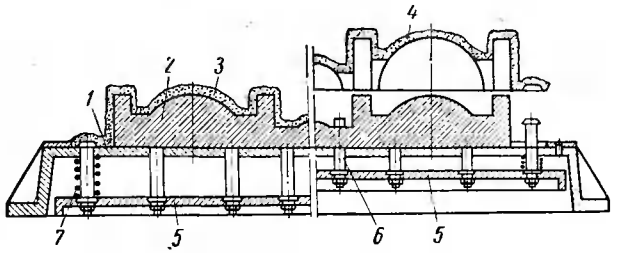


Рис. 108. Модельная плита для формовки с подогревом оболочковых полуформ:

1 — модельная плита, *2* — модель, *3* — оболочковая полуформа на модели, *4* — оболочковая полуформа после съема, *5* — плита толкателя, *6* — толкатели для съема оболочки, *7* — пружины возврата плиты толкателей

Таблица 148

Состав формовочных смесей для оболочковых форм [1], [29]

Материалы	Связующие составы, %	
	бакелитовый	с жидким стеклом
Песок кварцевый 016; 0315	92—96,5	92—94,5
Пульвер-бакелит*	8—3	—
Жидкое стекло (плотность 1,20—1,25) .	—	7—5
10%-ный раствор едкого натра . . .	—	1
Молотый графит	0,5	0,5

* Пульвер-бакелит представляет собой пылеобразную смесь фенолформальдегидной смолы с 5—12% уротропина. Толщина оболочки и расход пульвер-бакелита зависят от температуры плиты и продолжительности выдержки на плите.

Температура и продолжительность прокаливания оболочки на модельной плите зависят от желаемой толщины оболочки (табл. 149).

На рис. 109 изображена схема изготовления оболочковой полуформы.

Оболочки на жидком стекле могут твердеть при продувке их углекислым газом в течение 3—5 *мин*, без прокаливания.

Выбивка, очистка и обрубка отливок обычные.

На рис. 110, 111 изображены оболочковые формы для отливки коленчатых валов.

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМОВ

Таблица 149

Зависимость толщины оболочки от температуры плиты и продолжительности выдержки прокаливания*

Показатели	Температура нагрева плиты за 7 *сек*, °С				Длительность выдержки на плите при 150°С, *сек*				
	150	175	200	225	3	7	15	30	48
Толщина оболочки, *мм*	4,8	5,1	5,6	6,1	3,18	4,76	6,30	7,90	9,50
Расход бакелита на площадь плиты, *г/м²*	332	363	391	418	221	332	440	557	655

*При изготовлении оболочковых форм и стержней на жидком стекле модельные плиты не подогревают. Продувка углекислым газом форм и стержней в течение 1—2 *мин* позволяет получать оболочку толщиной 30—40 *мм*.

Таблица 150

Продолжительность прокаливания оболочки на пульвер-бакелите [29]

Толщина оболочки, *мм*	Продолжительность прокаливания, *мин*, при температуре в печи, °С		
	260	399	538
4,80	9	3	0,5
5,10	6	2,3	0,2
5,60	4	1,5	0,2
6,10	2	1,0	0,1

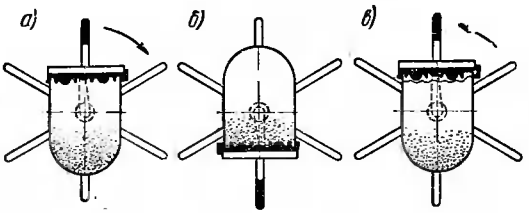


Рис. 109. Схема изготовления оболочковой полуформы:
а — исходное положение (бункер со смесью внизу), *б* — бункер перевернут (формовочная смесь спекается на нагретой модельной плите); *в* — первоначальное положение бункера, (с модельной плиты удаляется избыток смеси)

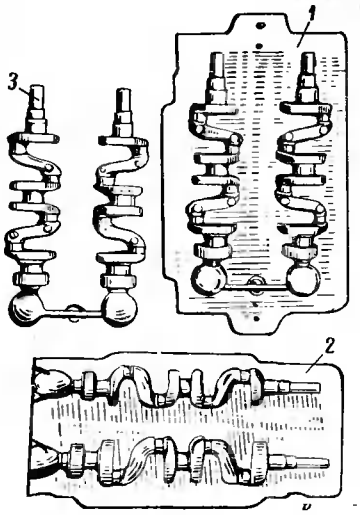


Рис. 110. Отливка коленчатого вала в оболочковую форму:
1 — модельная плита, *2* — оболочковая полуформа, *3* — блок отливок

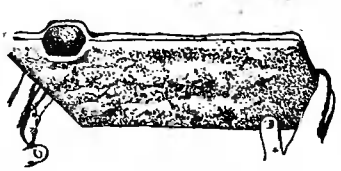


Рис. 111. Собранная оболочковая форма для отливки коленчатых валов

6. ЛИТЬЕ МЕТОДОМ ВАКУУМНОГО ВСАСЫВАНИЯ

Литье методом вакуумного всасывания применяется для получения плотных цилиндрических или трубных заготовок из алюминиевых или медных сплавов. Этот метод позволяет получать отливки без пористости и усадочных дефектов.

Сущность процесса состоит в следующем. Водоохлаждаемый цилиндрический кристаллизатор погружается открытым концом в жидкий металл и из него выкачивается воздух. В разреженное простран-

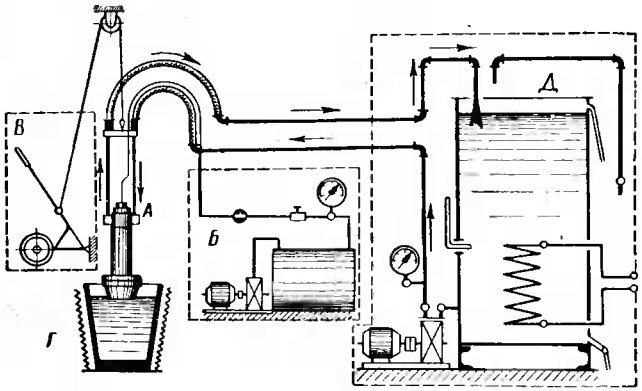


Рис. 112. Схема установки для литья методом вакуумного всасывания:

А — кристаллизатор, *Б* — вакуумный насос, *В* — машина для подъема и опускания кристаллизатора, *Г* — плавильно-раздаточная печь, *Д* — система охлаждения кристаллизатора

ство кристаллизатора всасывается жидкий металл, который, соприкасаясь с охлажденными водой стенками, кристаллизуется, образуя постепенно утолщающуюся трубчатую заготовку. Если отсос воздуха прекратить, то жидкий металл из средней части выльется обратно в ванну и получится отливка в виде трубы. Если отсос воздуха продолжать дальше, то весь металл застынет и получится сплошная цилиндрическая заготовка.

Схема установки показана на рис. 112.

Для получения отливки длиной l *мм* из металла, имеющего удельный вес γ *кг/м*^{3}, необходимо разрежение в кристаллизаторе

$$H = \frac{\gamma l}{13\,600} \text{ мм рт. ст.}$$

Отливку в кристаллизаторе охлаждают в течение 10—45 *сек* и затем извлекают. Для лучшего отделения отливки от кристаллизатора стенку его перед заливкой смачивают керосином или раствором парафина в керосине.

7. НЕПРЕРЫВНОЕ ЛИТЬЕ

Непрерывное литье применяется для отливки длинных заготовок равномерного сечения (круглого, прямоугольного, профильного и трубчатого), а также проволоки и листов.

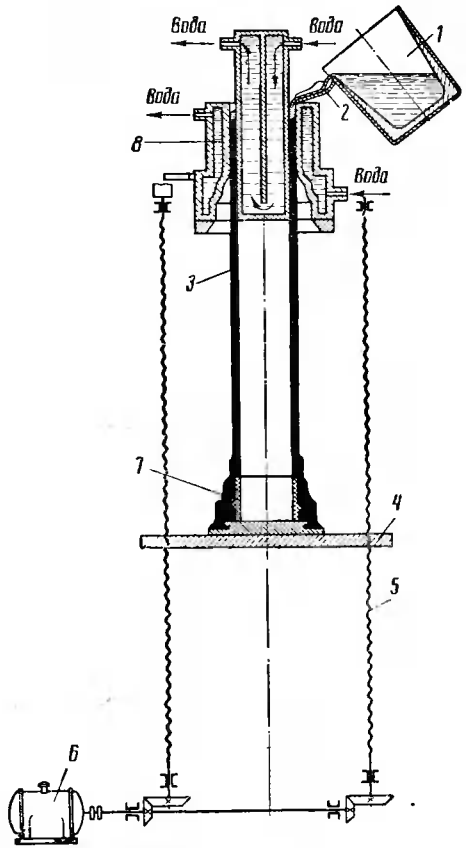


Рис. 113. Схема отливки труб непрерывным способом:

1 — ковш с металлом, *2* — заливочный желоб, *3* — отливка, *4* — поддон, *5* — винт движения поддона, *6* — двигатель, *7* — стержневой раструб, *8* — кристаллизатор

Непрерывным литьем можно получать отливки из чугуна, стали и цветных металлов.

Сущность процесса состоит в том, что жидкий металл при помощи дозатора равномерно заливается в подвижный металлический водоохлаждаемый кристаллизатор, где застывает и постепенно извлекается из кристаллизатора при помощи тянущих валков или опускающегося поддона (рис. 113, 114).

Для предотвращения образования трещин на поверхности заготовки кристаллизатор совершает возвратно-поступательное движение: вниз вместе с заготовкой со скоростью ее роста на 8—10 *мм*; вниз, быстро опережая заготовку на 2—3 *мм*; вверх, быстро опережая заготовку на 10—12 *мм*.

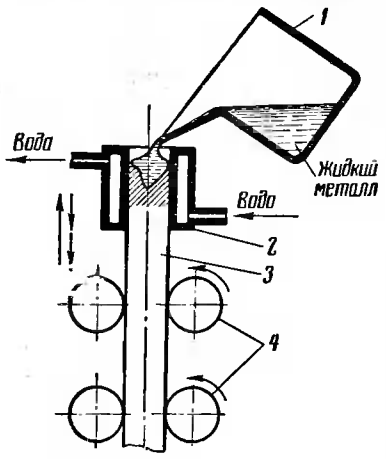


Рис. 114. Схема непрерывного литья слитка:

1 — ковш, *2* — водоохлаждаемый кристаллизатор, *3* — слиток, *4* — тянущие валки

Возможность непосредственно из жидкого металла получать высококачественные плотные заготовки без усадочной рыхлости и пористости устраняет разливку металла по изложницам, промежуточные нагревы и прокатку.

Машины непрерывного литья очень производительны, они дают до 20—30 тонкостенных заготовок или 6—8 *т* слитков цветного металла в час.

Для улучшения поверхности заготовок внутренняя поверхность кристаллизатора смазывается перед заливкой растительным маслом.

Таким методом можно протягивать из жидкого алюминия проволоку диаметром 5—8 *мм* со скоростью до 35 *м/ч*.

В последнее время широкое применение получило производство чугунного листа прокаткой из жидкого металла, что также является разновидностью непрерывного литья. Жидкий чугун из дозатора через разливочную воронку подается к водоохлаждаемым прокатным валкам, между которыми металл кристаллизуется. Далее горячий лист проходит через обжимные валки и сматывается в рулоны или режется ротационными ножницами на стандартные листы, которые затем подвергаются отжигу, правке, обрезке и упаковке.

Чугунный лист значительно дешевле железного кровельного и превосходит его по стойкости против коррозии.

Толщина листов от 0,6 до 2 *мм*.

Производительность машины 1,5—3 *т* листов в час.

Кроме перечисленных методов, в настоящее время имеются опытные установки для получения отливок.

Установка, работающая по методу намораживания, служит для отливки пустотелых деталей без применения стержней.

В металлическую форму заливается порция жидкого металла, соответствующая весу отливки. Форму приводят во вращение в двух перпендикулярных друг другу направлениях. Металл, переливаясь в полости формы, «намерзает» на металлические стенки и образует пустотелые отливки. Так отливаются пустотелые шары без отверстий.

Установка для жидкой штамповки служит для получения деталей, не нуждающихся в дальнейшей механической обработке.

Половинки металлической формы укрепляются на прессе, одна из них является пуансоном, вторая матрицей.

В процессе литья металл подвергается обжатию между охлаждаемыми водой половинками формы, что обеспечивает хорошее качество и высокую точность отливок. Этим методом получают ковочные штампы без механической обработки.

Глава XI. ВЫБИВКА, ОЧИСТКА И ОБРУБКА ЛИТЬЯ

После охлаждения отливок в формах производятся следующие технологические операции:

выбивка отливок из формы;
контроль и отбраковка отливок;
очистка поверхности отливок от пригара и приставшей смеси;
удаление литников и прибылей;
обрубка заливов и чистка абразивными инструментами;
исправление дефектов;
испытание и приемка отливок;
окраска отливок и контроль качества;
отправка готовых отливок на склад.

Выбивка, очистка и обрубка литья являются трудоемкими и тяжелыми операциями, на выполнение которых в среднем затрачивается на 1 *т* литья:

стального . . .	20—25 чел.-час.
чугунного . .	8—12 »
цветного . . .	5—8 »

Поэтому для снижения трудоемкости операции выбивки, очистки, обрубки и заточки стремятся максимально механизировать и автоматизировать.

1. ВЫБИВКА ОТЛИВОК ИЗ ФОРМ

Таблица 151

Способы выбивки отливок из форм

Способы выбивки	Характеристика процесса	Применение
Ручная	При помощи кувалды и лома	Только при индивидуальном способе производства в немеханизированных литейных цехах

Продолжение табл. 151

Способы выбивки	Характеристика процесса	Применение
Подвесным вибратором (рис. 115)	Отливка вместе с горелой землей удаляется из формы от ударов вибратора, закрепленного на стенке опоки	Для выбивки опок средних размеров при индивидуальном и серийном производстве
При помощи вибрационного коромысла (рис. 116)	Сначала выбивается верхняя опока, затем нижняя; удаление формовочной смеси и отливки из опоки происходит за счет вибрации опоки, подвешенной на крюке коромысла	Для выбивки опок малых и средних размеров при серийном производстве
При помощи эксцентриковых решеток механических и инерционных с пневматическим или с электрическим приводами (рис. 117, 118)	Форма устанавливается на вибрационную решетку и выбивается при ее сотрясении	Для опок крупных размеров в механизированных литейных цехах
На выбивных машинах (рис. 119)	Форма или отливка зажимается в захватах машины и подвергается воздействию вибратора	Выбивка форм малых и средних размеров и выбивка стержней из отливок

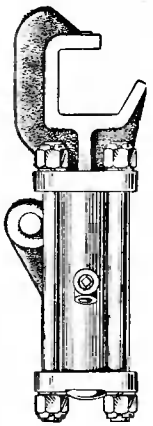


Рис. 115. Подвесной вибратор

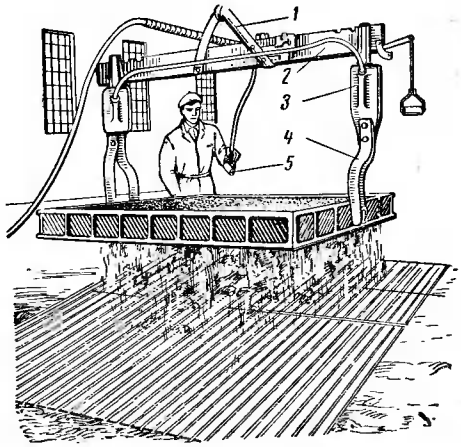


Рис. 116. Выбивка опоки при помощи вибрационного коромысла:
1 — скоба подвески к крану, *2* — вибрационное коромысло, *3* — вибратор, *4* — крюк, *5* — передвижной пульт управления

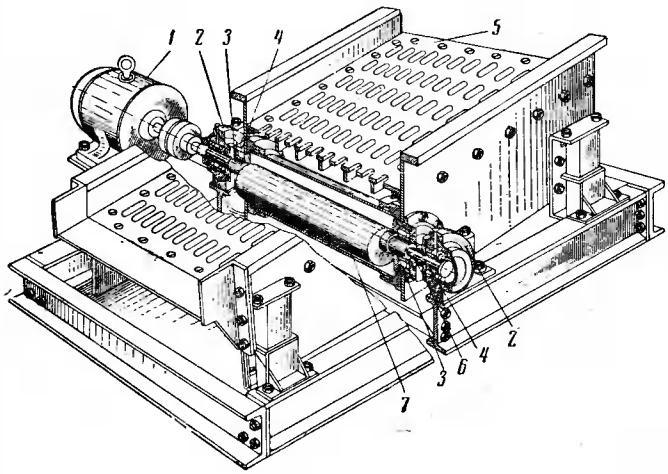


Рис. 117. Механическая эксцентриковая выбивная решетка 422:
1 — мотор, *2* — подшипники, *3* — эксцентрик, *4* — резиновые буферы, *5* — решетка, *6* — вал, *7* — противовес решетки

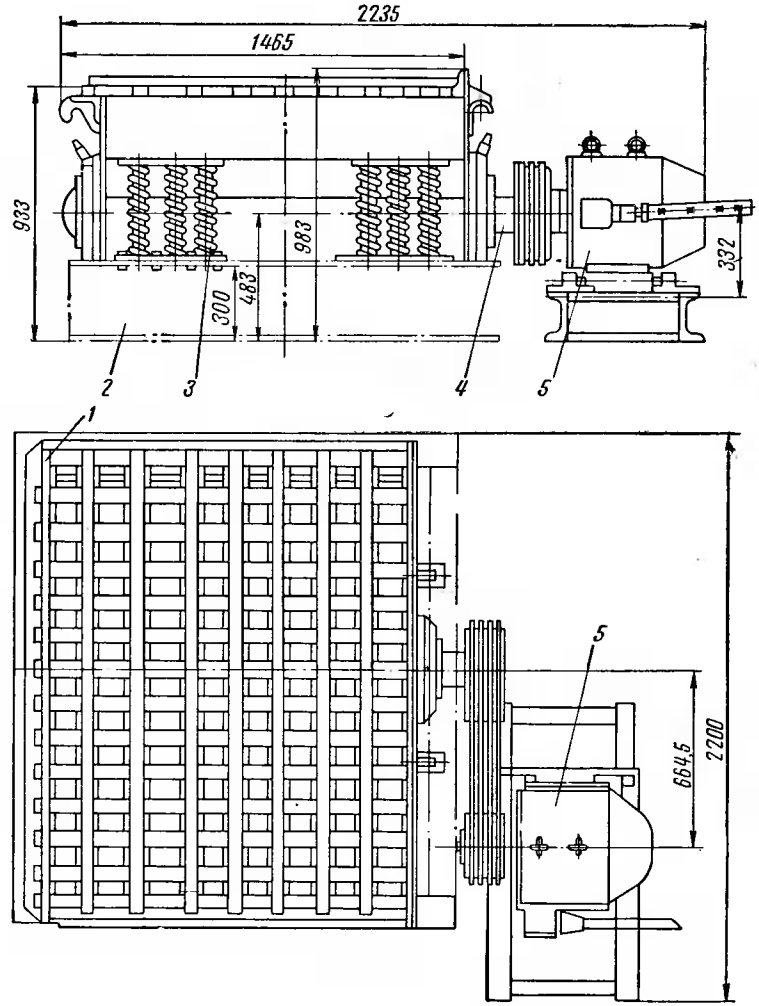


Рис. 118. Выбивная инерционная ударная решетка ИР-12:
1 — решетка, *2* — рама, *3* — пружина, *4* — инерционный вал, *5* — электродвигатель

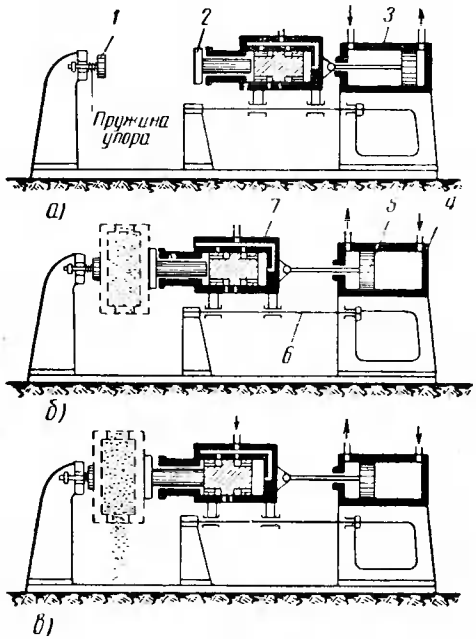


Рис. 119. Выбивная машина 411:

а — исходное положение, *б* — отливка зажата между пружинным упором и вибратором, *в* — работа вибратора; *1* — пружинный упор, *2* — упор вибратора, *3* — цилиндр зажима форм, *4* — впуск сжатого воздуха, *5* — поршень, *6* — направляющие движения вибратора, *7* — вибратор

Таблица 152

Характеристика выбивных механизмов [10], [26],]20]

Выбивной механизм	Марка	Грузоподъемность, *кГ*	Производительность, форм в час	Максимальный размер опок, *м*
Подвесной вибратор	452	800	8—10	1,5×1,5×0,3
Вибрационное коромысло	454	1 000	30—60	1,0×0,8×0,4
	455	2 000		1,3×1,0×0,5
	456	3 000		1,8×1,5×0,6
Пневматическая вибрационная решетка	431	1 000	80—100	1,3×1,0×0,4
	421	1 500	100—120	1,3×1,0×0,5
	0-12	2 000	30—60	2,4×1,0×0,6
	0-13	3 000	20—30	3,4×1,2×0,6
Электрическая вибрационная решетка механическая (ГОСТ 8262-63)	МР-9	2 500	100—120	2,0×0,9×0,6
	422	1 600	100—120	1,5×0,9×0,4
	425	8 000	20—30	1,8×1,4×0,6
Вибрационная решетка инерционная	ИР-41	16 000	100—120	1,8×1,4×0,8
	ИР-12	10 000	100—120	1,5×1,4×0,8
Выбивная машина для выбивки стержней из отливки	0-15	200	100—120	0,300
	411	300	100—120	0,500

При массовом и серийном производстве отливки выбиваются из формы при температуре 400—500° С.

После выбивки из опок отливки остывают на воздухе.

Продолжительность охлаждения отливок на воздухе в зависимости от веса [[26], [10]

Вес, *кг*	до 10;	50;	100;	500;	2000;	10000;	20000
Продолжительность, *ч* . .	1;	3;	5;	8;	15;	20;	30

2. ОЧИСТКА

После охлаждения отливки осматривают с целью выявления наружных дефектов (недолив, трещины, крупные засоры и т. д.) Отливки без явных крупных дефектов очищают от приставшей формовочной смеси.

Таблица 153

Рекомендуемые способы очистки отливок

Способы очистки	Применение
Зубило	Для индивидуальных тонкостенных отливок или труднодоступных мест
Щеткой	Для наружных поверхностей индивидуальных мелких отливок
Пневматическим зубилом	Для наружных и внутренних толстостенных поверхностей отливок
В очистных вращающихся барабанах	Для толстостенных мелких и средних отливок с неточными наружными размерами
В дробеструйных аппаратах	Для наружных поверхностей и крупных внутренних полостей тонкостенных отливок. Поверхность отливки получается шероховатой, удобной для окраски
В гидравлических и пескогидравлических установках	Для крупных и средних отливок
Механически вращающимися щетками	Для наружных поверхностей крупных тонкостенных отливок индивидуального производства

Отливки, полученные в металлических формах, очистке не подвергаются. При наличии в таких отливках стержней очищается только поверхность, соприкасающаяся со стержнем.

При дробеметной очистке используют в основном чугунную дробь, получаемую из жидкого металла с помощью распыленной струи воды, направленной на тонкую струйку металла.

В настоящее время при массовом и крупносерийном производстве отливки очищают в полуавтоматических и автоматических дробеструйных и гидравлических установках.

Таблица 154

Краткая характеристика механизмов, применяемых для очистки литья [26], [20], [24]

Очистной механизм	Марка	Производительность в час	Техническая характеристика
Пневматический молоток (рис. 120)	КЕ-16 КЕ-14 РМ-3	Крупные отливки 40—50 *дм²*; мелкие отливки 8—10 *дм²*	Расход воздуха 0,5—0,6 *м³/мин*; давление сжатого воздуха до 6 *ат*; число ударов до 2500 в минуту; вес 6—8 *кг*
Вращающаяся щетка с гибким валом (используется обычный наждачный станок с гибким валом)	3781	Крупные отливки 60—80 *дм²*; мелкие 12—15 *дм²*	Диаметр щетки до 400 *мм*; длина вала до 3 *м*; скорость до 3000 *об/мин*
Гидравлическая очистная камера (рис. 121)	3×3	1,0—1,5 *т*	Давление воды 20—35 *ат*; расход воды 10 *л* на 1 *м²* поверхности
	4×4		
	6×4	2,5—3,5 »	
	8×5		
	10×5	4,0—4,5 »	

Продолжение табл. 154

Очистной механизм	Марка	Производительность в час	Техническая характеристика
Цилиндрический очистной барабан (рис. 122)	311	0,4—1,0 *т*	Скорость вращения 20—40 *об/мин*;
	312		
	313	1,2—1,5 »	Продолжительность очистки 1,5—2 *ч*;
	ОБ-80	1,5—3,0 »	диаметр барабана 0,6—1,2 *м*;
	КБ-48	1,5—2,0 »	емкость барабана 0,7—4,0 *м*³
Дробеструйный ленточный барабан (рис. 123)	322	1—4 »	Расход дроби 3—5 *кг* на 1 *т* литья;
	324		
			диаметр барабана 0,7—1,2 *м*;
			емкость барабана 0,3—0,7 *т*
Дробеструйный стол (рис. 124)	353	5—24 »	Расход дроби 5—6 *кг* на 1 *т* литья;
Дробеметный стол (рис. 125)	342	0,5 »	диаметр стола 2 *м*
	325	0,15 »	скорость вращения 0,1—5 *об/мин*
	0—4	1—6 »	
	342		
Дробеметная камера (рис. 126)	861		Площадь камеры до 80 *м*²;
	372	3—6 »	расход дроби—5 *кг* на 1 *т* литья;
	367		
	880		скорость вращения стола 2—3 *об/мин*
	ДК-10М		
Гидравлическая камера с двумя гидромониторами	880	0,8—3,0 »	Давление воды до 100 *ат*;
	051		размер камеры до 25 *м*²;
	036		
			расход воды до 4—5 *м*³ на 1 *т* литья
Дробеметные камеры непрерывного действия	—	7—12 »	Размеры камер, *м*:
		5—10 »	8×5,5
		10—15 »	8×6,5
			11×4,5
			Наибольший вес очищаемых отливок 500 *кг*

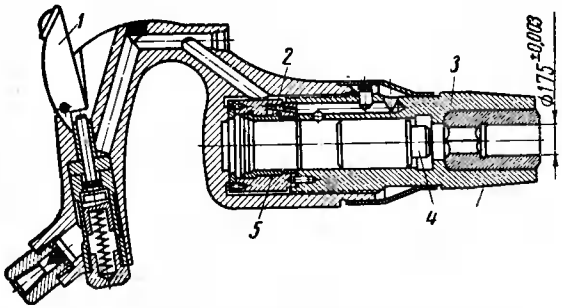


Рис. 120. Пневматический молоток завода «Пневматик»:

1 — рычаг клапана, *2* — золотник, *3* — корпус молотка, *4* — поршень ударника, *5* — цилиндр

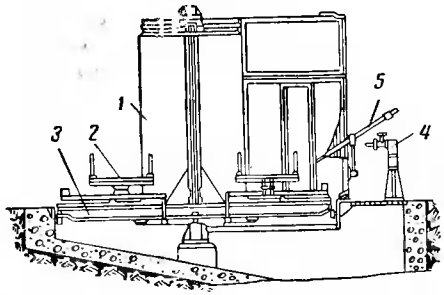


Рис. 121. Гидравлическая очистная камера:

1 — кожух, *2* — карусель вращения отливок на столе, *3* — вращающийся стол, *4* — пульт управления, *5* — гидромонитор

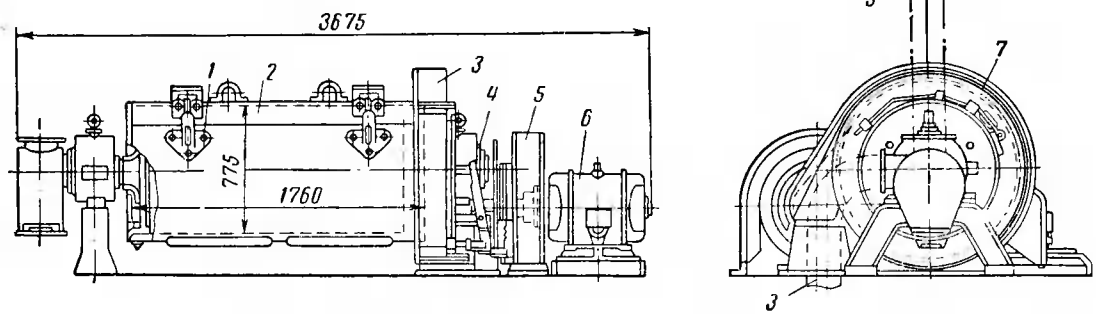


Рис. 122. Цилиндрический очистной барабан:

1 — запор для крепления крышки барабана, *2* — крышка, *3* — труба для отсоса пыли, *4* — подшипник, *5* — редуктор, *6* — электродвигатель, *7* — корпус

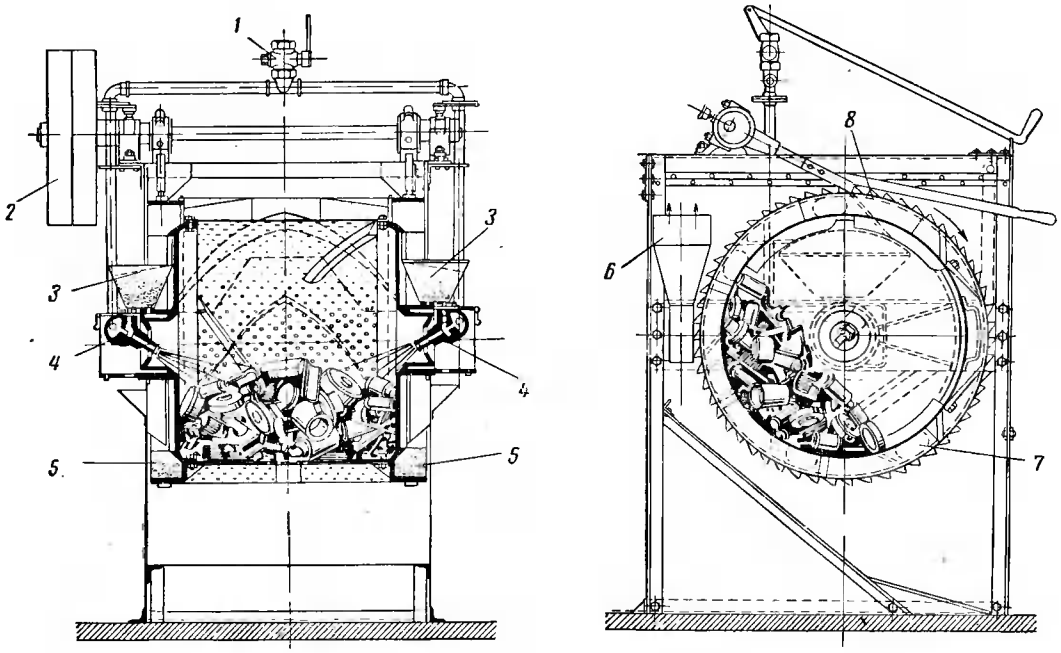


Рис. 123. Дробеструйный ленточный барабан:

1 — кран включения сжатого воздуха, *2* — шкив привода барабана, *3* — ящик для оборотной дроби, *4* — дробеструйные головки, *5* — лопатки возврата дроби в ящик, *6* — труба для вытяжки пыли, *7* — корпус, *8* — приводные собачки

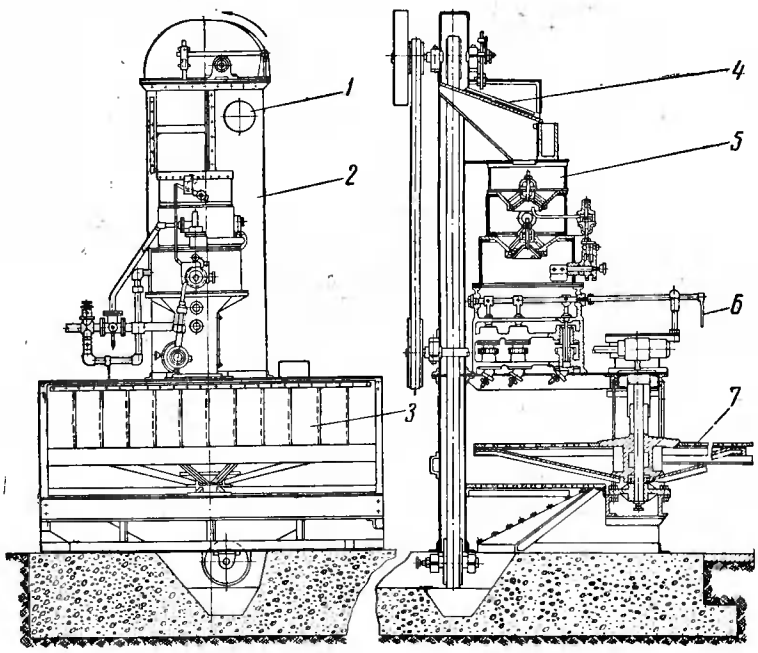


Рис. 124. Дробеструйный стол:

1 — окно для вентиляции, *2* — элеватор, *3* — кожух, *4* — сито, *5* — дробеструйный аппарат, *6* — рычаги управления, *7* — вращающийся стол

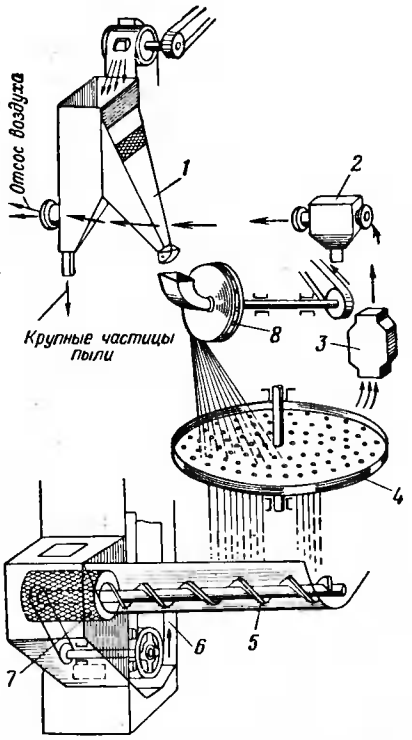


Рис. 125. Схема дробеметного стола:

1 — бункер, *2* — вентилятор, *3* — фильтр очистки воздуха, *4* — вращающийся стол, *5* — шнек, *6* — элеватор, *7* — сито, *8* — дробеметная головка

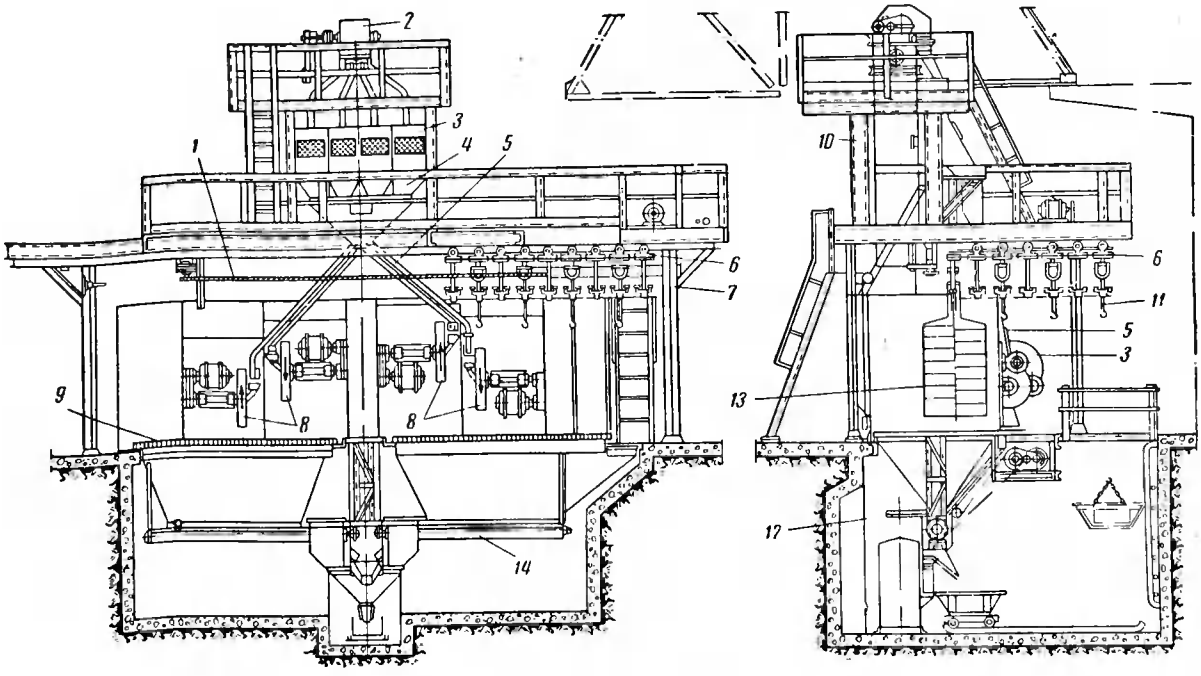


Рис. 126. Дробеметная камера непрерывного действия с подвесным конвейером:

1 — цепь движения отливок, *2* и *10* — элеваторы, *3* — бункер, *4* — желоб, *5* — труба для подачи дроби к головкам, *6* — подвесной конвейер, *7* — камера, *8* — дробеметные головки, *9* — решетка для просеивания дроби, *11* — крюки для подвеса отливок, *12* — приемник элеватора, *13* — входная дверь камеры с резиновыми занавесками, *14* — шнеки

3. ОБРУБКА

При обрубке литья производят следующие работы: отделение от отливок литников, выпоров и прибылей; удаление заусенцев, заливов по линиям разъема, неровностей и др.

Таблица 155

Способы обрубки литья в зависимости от материала отливки [4], [9], [14], [24]

Операция	Способ обрубки		
	чугун	сталь	цветные сплавы
Обрубка литников, выпоров и прибылей	Ручным зубилом или рубильным молотком с последующей заточкой на наждачном станке в немеханизированных литейных цехах при индивидуальном производстве и ручными механизированными инструментами	Газовыми резаками, мелкое литье ленточными и дисковыми пилами с последующей обрубкой и заточкой механизированными инструментами	Эксцентриковыми прессами, ленточными дисковыми пилами с последующей заточкой наждаками
Удаление заусенцев и заливов	Крупное и среднее литье пневматическими зубилами, маятниковыми наждаками, ручными механизированными инструментами УШР-2, И44А и др., мелкое — на стационарных обдирочно-шлифовальных станках		Стационарными обдирочно-шлифовальными станками, ленточными и дисковыми эксцентриковыми прессами
Зачистка неровностей на поверхности отливок	На крупном и среднем литье — маятниковыми наждаками, ручными механизированными инструментами. На мелком литье — на стационарных шлифовальных станках		

Таблица 156

Краткая характеристика механизмов, применяемых при обрубке литья [10], [28]

Обрубной механизм	Марка	Производительность в час	Технические данные
Пневматическое зубило	РК-42 РК-43 РК-44 РК-45	Швы и заливы толщиной 4—6 *мм* до 15—20 *пог. м*	Длина от 300 до 450 *мм*; вес ударника 0,2—0,6 *кг*; число ударов 1100—2120 в минуту
Ленточная пила (рис. 127)		На стальном литье до 12 $дм^2$; на цветном литье до 25 $дм^2$	Скорость ленты до 30 *м/мин*; наибольшая величина реза до 200 *мм/мин*; ширина реза до 2 *мм*
Дисковая пила (рис. 128)		При весе отливок в 50 *кг* до 60 резов	Диаметр пилы 400—1300 *мм*; ширина реза 4—8 *мм*; скорость до 1200 *об/мин*
Шлифовальный станок с гибким валом (рис. 129)	3382	На среднем и крупном литье до 0,3 *т*	Диаметр круга до 250 *мм*; ширина круга до 40 *мм* скорость до 3000 *об/мин*
Подвесной обдирочно-шлифовальный станок (рис. 130)	3374	На среднем и крупном литье до 0,5 *т*	Диаметр круга до 400 *мм*; ширина круга до 40 *мм*; скорость до 2800 *об/мин*
Стационарный станок с наждачным кругом (рис. 131)	3М364 3М365 3М366	На мелком литье до 0,3 *т*	Диаметр круга 400—600 *мм*; ширина круга до 75 *мм*; скорость до 1400 *об/мин*
Газовые резаки (рис. 132)	ВАГ № 1 № 2	От 4 до 15 *пог. м*	Максимальная толщина реза до 300 *мм*; расход кислорода до 25 $м^3/ч$; расход ацетилена до 0,9—1,2 $м^3/ч$
Эксцентриковый обрубной пресс (рис. 133)	Завод им. Калинина	До 300 резов	Давление на нож 12—50 $т/см^2$; ход ножа до 80 *мм*; число ходов до 50 в минуту; наибольшая толщина реза 50 *мм*

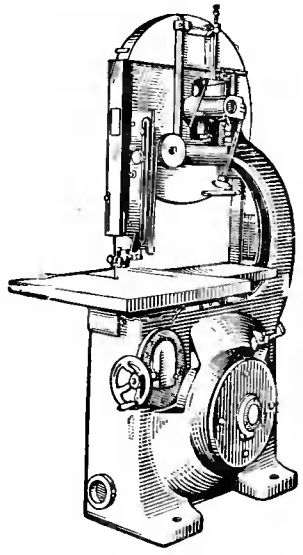


Рис. 127. Ленточная пила

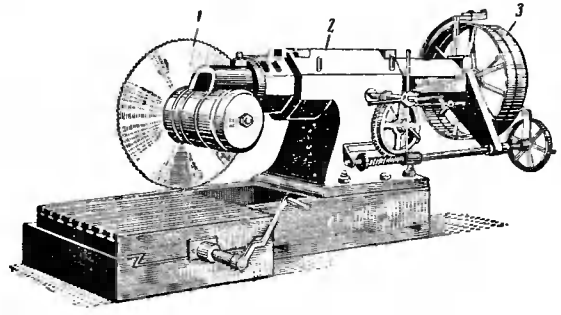


Рис. 128. Дисковая пила:
1 — диск, *2* — корпус, *3* — шкив привода

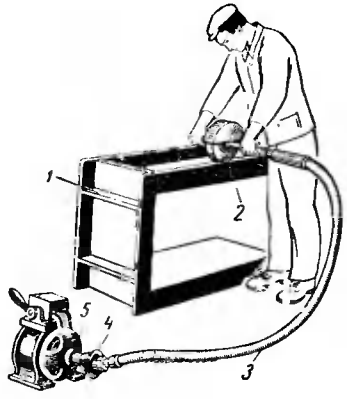


Рис. 129. Шлифовальный станок с гибким валом:
1 — отливка, *2* — наждачный круг, *3* — гибкий вал, *4* — упругая муфта, *5* — электродвигатель

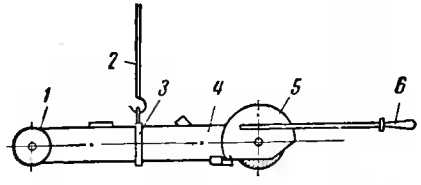


Рис. 130. Подвесной обдирочно-шлифовальный станок:
1 — электродвигатель, *2* — трос с крюком, *3* — кольцо для поворота станка, *4* — корпус, *5* — защитный кожух, *6* — рукоятка управления

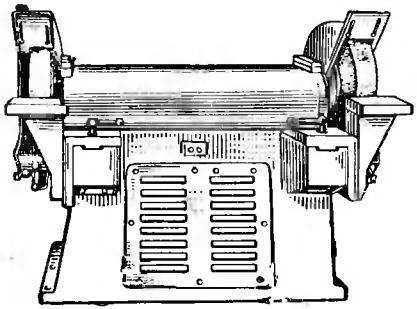


Рис. 131. Стационарный станок с двумя наждачными кругами

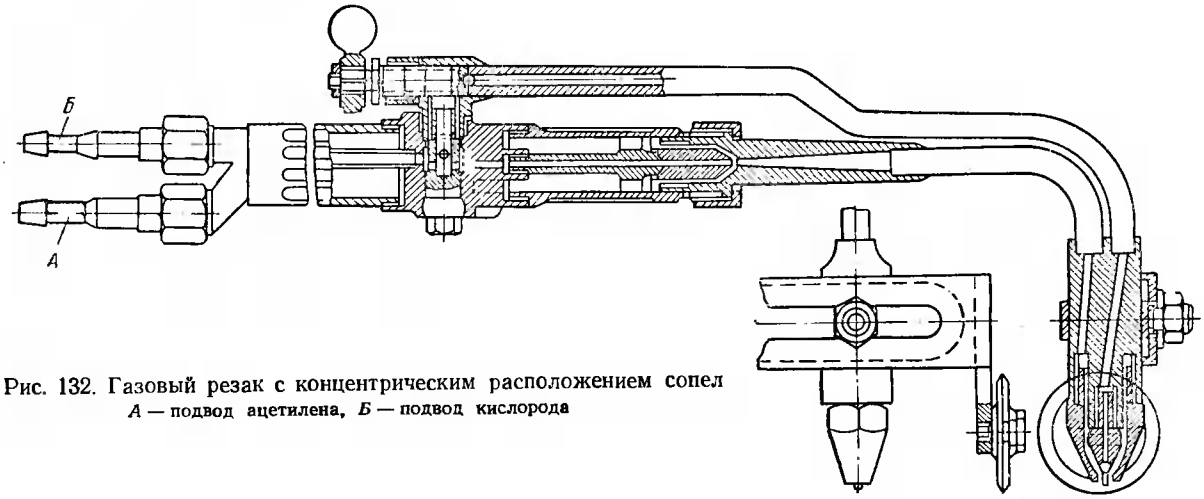


Рис. 132. Газовый резак с концентрическим расположением сопел
А — подвод ацетилена, *Б* — подвод кислорода

При серийном производстве обрубку и зачистку отливок целесообразно производить при помощи специальных кондукторов и приспособлений. Эти приспособления при движении по направляющим обди-

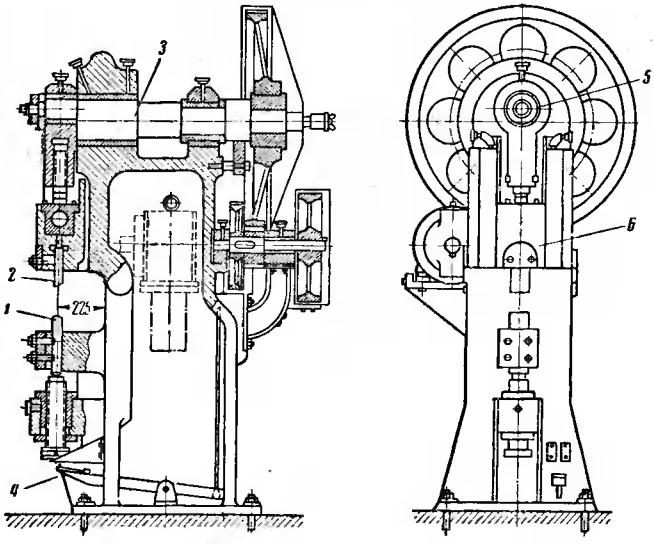


Рис. 133. Эксцентриковый обрубной пресс:
1 и *2* — ножи, *3* — вал эксцентрика, *4* — пусковая педаль, *5* — эксцентрик, *6* — ползун

рочно-шлифовального станка обеспечивают большую точность, соблюдение размеров и повышение производительности.

При массовом производстве обрубку и заточку отливок эффективнее производить на специальных автоматических и полуавтоматических установках.

4. КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЕ ОТЛИВОК

С целью проверки соответствия отливок ГОСТ и техническим условиям перед сдачей на склад производится проверка и испытание готового литья.

Таблица 157

Виды контроля отливок

Вид контроля	Назначение и характеристика
Проверка размеров отливки по чертежу	Производится на разметочной плите линейкой или штангенциркулем непосредственно на отливке, а также шаблонами
Химический состав металла	Проверяется во время плавки по специально отлитым образцам или по стружке от литниковой системы
Механические свойства	Вместе с отливкой отливаются специальные образцы или на отливке делается специальный прилив, который отрезается и испытывается на разрыв и изгиб. Твердость проверяется на наиболее ответственных частях отливки
Структура отливки	Судят по твердости или структуре специальных образцов, отлитых вместе с отливкой. Грубым методом является проверка по излому отлитого контрольного клина или излому литника
Плотность отливок, работающих под давлением	Проверяется наличие течи при гидравлических испытаниях отливки на специальной установке. Давление воды или масла берется обычно в 2—3 раза больше нормального
Наличие внутренних дефектов	Обнаруживаются рентгеновскими лучами или излучением радиоактивных веществ. Трещины, неметаллические включения и раковины—магнитом по расположению железного порошка на поверхности отливки, помещенной в магнитное поле
Вес отливки	Контрольное взвешивание. Проверяется толщина стенок отливки, т. е. соответствие отливки ГОСТ 1855—55 и 2009—55 (допуски на отливки)

Примечание. Могут применяться и другие виды контроля, специально оговоренные в технических условиях: проверяется жаростойкость, коррозиестойкость, состояние поверхности отливок и т. д.

Глава XII. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОТЛИВОК

Термической обработкой называют операции нагрева и охлаждения металлов, имеющие целью улучшение структуры и механических свойств. Практически в литейных цехах применяются следующие виды термообработки:

низкотемпературный отжиг для снятия внутренних напряжений в отливках;

графитизирующий отжиг белого чугуна на ковкий чугун;

отжиг и нормализация для выравнивания структуры;

химико-термическая обработка для улучшения свойств поверхностного слоя с изменением химического состава этого слоя.

1. ТЕРМООБРАБОТКА ДЛЯ СНЯТИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Для снятия внутренних напряжений применяется низкотемпературный отжиг, т. е. нагрев, выдержка и медленное охлаждение отливок. Отжигу целесообразно подвергать все отливки из стали, чугуна и цветных сплавов крупных размеров и сложной конфигурации, с неравномерной или большой толщиной стенок.

Таблица 158

Режим отжига для снятия внутренних напряжений в отливках

Материал	Наибольшая температура, нагрева, С°	Продолжительность нагрева, ч	Продолжительность выдержки, ч
Сталь	750—780	2—6	2—8 (в зависимости от толщины)
Чугун	500—550	4—8	2—10 (в зависимости от толщины)
Медные сплавы	Практически не применяется		—
Алюминиевые »	То же		—
Магниевые »	235—360	1—2	1—2

2. ГРАФИТИЗИРУЮЩИЙ ОТЖИГ КОВКОГО ЧУГУНА

Графитизирующий отжиг отливок ковкого чугуна проводят с целью превращения цементитной структуры (белый или половинчатый чугун) в более пластичную феррито-графитовую или перлитно-графитовую структуру.

При крупносерийном и массовом производстве отжиг отливок производится в туннельных печах (рис. 134).

Отливки устанавливают на тележки, которые поступают в загрузочную камеру, откуда специальными толкателями периодического действия проталкиваются через печь и выходят в камеру выдачи.

Печь отапливается мазутом, газом или нагревается электрическим током.

При отжиге в печах-ваннах (в расплавленных солях) общая продолжительность отжига может быть снижена до 12—18 *ч*.

Отжиг проводят в специальных томильных печах в коробках. Отливки засыпают железной рудой (для получения белосердечного перлитного чугуна) или кварцевым песком (для получения черносердечного феррито-графитового чугуна).

Таблица 159

Режимы отжига ковкого чугуна

Наименование	Назначение	Температурный интервал, °С	Продолжительность для чугуна, *ч*	
			феррито-графитового	перлитного
Нагрев	Перевод структур в зону растворимости углерода в аустените	От 20 до 950—1050	15—25 в зависимости от толщины стенки	15—25
Выдержка—I стадия графитизации	Разложение свободного цементита на аустенит и графит	950—1050	25—30	15—25
Промежуточное охлаждение	Для предотвращения роста зерна в металле	950—760	3—4	—
Выдержка — II стадия графитизации	Разложение эвтектоидного и эвтектического цементита	720—750	5—10	—
Охлаждение в печи или на воздухе	Выравнивание структуры	720—90	3—5	3—5

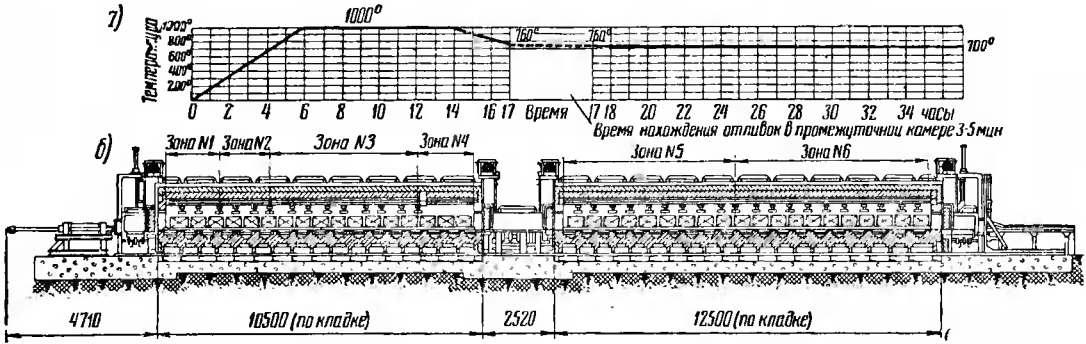


Рис. 134. Туннельная печь для отжига ковкого чугуна:
а — график режима отжига, *б* — конвейериая печь для отжига

Таблица 160

Примерные режимы видов термической обработки

Наименование	Цель	Режим термической обработки литья									
		стального		чугунного		медных сплавов		из алюминиевых сплавов		из магниевых сплавов	
		наибольшая температура, °С	общая продолжительность обработки, ч	наибольшая температура, °С	общая продолжительность обработки, ч	наибольшая температура, °С	общая продолжительность обработки, ч	наибольшая температура, °С	общая продолжительность обработки, ч	наибольшая температура, °С	общая продолжительность обработки, ч
Высокотемпературный отжиг	Выравнивание структуры по сечению	900—1100	3—6	—	—	850—750	2—6	—	—	—	—
Закалка	Увеличение прочности и твердости	900—1100	3—6	830—900	1—3	875—920	2—6	515—525	2—12 (в зависимости от марки)	—	—
Отпуск	Увеличение пластичности и снятие внутренних напряжений	120—400	2—4	200—400	0,5—1,0	410—460	1,5—3,0	150—220	1—4	—	—
Нормализация	Измельчение структуры	650—700	2—4	850—950	1,0—3,0	850	2—6	—	—	—	—
Старение	Улучшение механических свойств	—	—	—	—	—	—	175±5	16	175±5	16
Гомогенизация	Выравнивание структуры по сечению	—	—	—	—	—	—	—	—	380—415	10—16

3. ТЕРМООБРАБОТКА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК

Для улучшения свойств или выравнивания структуры отливки подвергают следующим видам термообработки: высокотемпературному отжигу, закалке, отпуску, старению, нормализации.

Таблица 161

Характеристика закалочных сред

Наименование	Скорость охлаждения, *град/сек*, в интервалах		Применение
	650—550°С	200—300°С	
Вода при 18°С	600	270	Для мелких деталей простой формы из мягкой стали
10%-ный раствор поваренной соли при 18°С	1100	300	Для закалки тонких отливок
Минеральное масло	150	30	Для деталей больших размеров и сложной конфигурации
Воздух	3	2	При нормализации

4. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Химико-термическую обработку производят с целью улучшения свойств поверхностного слоя отливки.

Химико-термической обработке подвергают стальные и чугунные отливки для повышения механических свойств, твердости, износоустойчивости или жароупорности поверхностного слоя.

Таблица 162

Режимы химико-термической обработки стальных отливок

Метод	Цель обработки	Краткая характеристика	Нагрев, °С	Продолжительность, *ч*
Цементация	Насыщение поверхностного слоя углеродом на глубину 0,2—2,0 *мм* для повышения твердости	Нагрев в твердом или газообразном карбюризаторе (науглероживающее вещество)	890—930	4—25 (в зависимости от толщины науглероженного слоя)
Азотирование	Насыщение поверхностного слоя азотом с образованием нитродов на глубину 0,3—0,8 *мм*	Нагрев в среде диссоциированного аммиака	480—500	35—80 (в зависимости от толщины слоя и среды)
Алитирование	Насыщение поверхностного слоя алюминием на глубину 0,1—1,0 *мм* с целью повышения жароупорности и коррозиестойкости	Нагрев в алитированной смеси (49% Al+49% Al_2O_3+2% NH_4Cl) или в жидком алюминии	900—1050	2—12 (в зависимости от толщины алитированного слоя)
Хромирование	Насыщение поверхностного слоя хромом на глубину 0,1—0,3 *мм* с целью повышения твердости и износоустойчивости	Нагрев в твердой среде (56—55% FeCr, 45—50% Al_2O_3, 2% NH_4Cl) или газовой среде (70% $BaCl_2$, 15—20% $CaCl_2$, 10—15% $CrCl_2$)	1050—1150	6—15
Цианирование	Насыщение поверхностного слоя одновременно углеродом и азотом на глубину 0,3—0,5 *мм* с целью повышения твердости и износоустойчивости	Нагрев в газовой или жидкой среде (50% CO+50% NH_3 или 10% NaCN+40% NaCl+50% $BaCl_2$)	820—870	0,5—1,0
Силицирование	Насыщение поверхностного слоя кремнием на глубину 0,5—1,0 *мм* с целью повышения коррозиеустойчивости	Нагрев в жидкой среде (16% FeSi+42% $BaCl_2$+42% NaCl)	1010	2,0—4,0

Таблица 163

Режимы химико-термической обработки чугунных отливок

Метод	Цель обработки	Краткая характеристика	Нагрев, °С	Продолжительность, *ч*
Обезуглероживающий отжиг	Получение ферритного слоя для понижения поверхностной твердости, улучшения коррозиеустойчивости, улучшения обрабатываемости; глубина 1,0—2,5 *мм*	Нагрев в окисляющей среде (25% свежей и 75% отработанной железной руды)	900—1050	1—1,5
Азотирование, алитирование, хромирование	Цель, условия обработки и назначение такие же, как для стали	—	—	—

5. ПЕЧИ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Таблица 164

Характеристика нагревательных печей

Материал отливок	Характер отливок	Рекомендуемый тип печи	Вид топлива	Температура нагрева, °С	Емкость или средняя производительность печи
Сталь	Крупное и среднее литье	Камерная печь с выдвижным подом	Каменный угль, природный газ	До 1100	До 60,0 *т*
		Камерная печь	Мазут	» 1100	» 5,0 *т*
	Мелкое литье	Камерная печь	Мазут, природный газ	» 1100	» 3,0 *т*
		Проходная конвейерная печь	Каменный уголь		3,0 *т/ч*
Серый чугун	Крупное и среднее литье	Камерная печь с выдвижным подом	Каменный или бурый уголь, природный газ	» 1000	До 25,0 *т*
			Мазут		» 5,0 *т*
	Мелкое литье	Камерная печь	Каменный или бурый уголь, природный газ	» 1000	» 5,0 *т*
		Проходная конвейерная печь	Мазут	» 1000	3,0 *т/ч*
Ковкий чугун	Мелкое и среднее литье	Туннельные печи	Мазут	» 1000	До 3,0 *т/ч*
	Массовое производство	Колпаковая печь	Электроэнергия		» 40 *т*
	Серийное производство	Камерная печь	Каменный уголь, природный газ	» 1000	» 10 *т*
		Проходные конвейерные печи	Мазут		» 0,5 *т/ч*
Бронза и латунь	Мелкое литье	Камерная печь	Мазут	» 950	» 5,0 *т*
		Муфельная печь	Каменный уголь		
		Колпаковая печь	Электроэнергия		» 25 *т*
Алюминиевые сплавы	Крупное литье	Камерная муфельная печь	Мазут, природный газ	» 550	» 5,0 *т*
		Колпаковая печь	Электроэнергия		» 10 *т*
	Среднее и мелкое литье	Печи-ванны	Мазут	» 550	» 0,5 *т*
		Камерная муфельная печь	Природный газ		» 5,0 *т*
Магниевые сплавы	Среднее и мелкое литье	Колпаковая печь	Электроэнергия	» 450	» 10 *т*
		Камерная муфельная печь	Мазут, природный газ		» 5,0 *т*

Глава XIII. ПРИЧИНЫ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ БРАКА

В соответствии с техническими условиями брак литья может быть разделен на две группы:

окончательный брак, т. е. отливки, не соответствующие техническим условиям и не годные для использования после исправления;

исправимый брак, который можно устранить без значительного ухудшения свойств отливки.

1. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ БРАКА

Таблица 165

Основные виды брака отливок из стали, чугуна и цветных сплавов, причины их возникновения и меры предотвращения [26]

Вид брака	Причины	Меры предотвращения
Нарушение сплошности		
Трещины горячие	Неправильная конструкция отливок	Не допускать сочетания тонких и толстых сечений с резкими переходами
	Неравномерное охлаждение отливки в форме	Правильно подводить металл, устанавливать холодильники в форме, контролировать влажность форм
	Недостаточная податливость формы или стержней	Изменить состав смеси. Уменьшить плотность набивки
	Неправильный выбор состава металла	Применять металл более пластичный и с меньшей усадкой

Продолжение табл. 165

Вид брака	Причины	Меры предотвращения
	Несвоевременная выбивка отливок	Увеличить выдержку отливки в форме
Трещины холодные	Неравномерное охлаждение отливки в форме	Установка холодильников на толстых сечениях, прямой подвод металла к отливке
	Неосторожное обращение с отливкой при выбивке, обрубке и очистке	Более внимательное отношение или изменение метода выбивки, очистки и обрубки
Усадочные раковины, пористость и рыхлоты	Неправильная конструкция отливки	Устранение «горячих мест» в отливке, т. е. скопления металла
	Неправильная литниковая система	Установка прибылей, питающих бобышек и правильный подвод питателей
	Неправильный выбор состава металла	Применение металла с меньшей усадкой
		Заливка более холодным металлом
Раковины газовые	Большое содержание газов в металле	Улучшение метода плавки металла, применение более чистой шихты. Регулировка дутья. Улучшение раскисления металла
	Неправильная литниковая система	Выбор правильных соотношений сечений литниковой системы, не допускающей подсос воздуха и неправильный вывод газов из формы
	Неправильная заливка	Увеличение температуры металла при заливке. Уменьшение длины струи. Улучшение сушки ковша

Продолжение табл. 165

Вид брака	Причины	Меры предотвращения
	Небрежная формовка	Устранение слишком плотной набивки, снижение влажности смеси, улучшение состава формовочной краски. Лучшая вентиляция форм
	Высокая температура металлической формы	Выбор правильной температуры
	Плохая сушка форм и стержней	Улучшение процесса сушки и контроля за сушкой
	Ржавые жеребейки и холодильники	Очистка жеребеек и холодильников
Раковины шлаковые	Небрежная заливка	Улучшение очистки металла от шлака перед заливкой. Снижение температуры заливки. Не допускать перерыва в заливке. Применение чайниковых ковшей
	Неправильная литниковая система	Улучшение литниковой системы, правильный подбор шлакоуловителей
	Нераскисленный металл	Улучшение раскисления металла
Раковины земляные	Неправильный выбор состава формовочной и стержневой смеси	Улучшение состава смеси, замена более прочной
	Небрежная формовка	Улучшение крепления тонких кромок, улучшение отделки форм, контроль перед сборкой
	Неправильная литниковая система	Изменение метода подвода питателей для устранения угара металла
	Неправильная модель или стержневой ящик	Увеличение формовочных знаков. Улучшение качества поверхности модели или ящика

Продолжение табл. 165

Вид брака	Причины	Меры предотвращения
«Корольки», небольшие твердые шарики металла внутри тела отливки	Неправильная литниковая система	Не допускать падения струи металла в форме при заливке. Уменьшение длины струи металла. Не допускать разбрызгивания, сплеска металла
Спаи	Неправильная конструкция отливки, неправильная заливка	Не допускать перерывов в заливке. Увеличить температуру заливки, выбрать правильную скорость
	Неправильная литниковая система	Улучшение подвода металла к отливке
	Неправильный подбор состава металла	Применение состава металла с большей жидкотекучестью
Несоответствие структуры, свойств и состава техническим условиям		
Неправильный химический состав	Неправильный подбор шихты или неправильная плавка	Изменение состава шихты. Улучшение контроля плавки
Структура, не соответствующая техническим требованиям	Неправильный выбор состава металла	Изменение состава металла
	Недостаточная обработка металла в ковше	Улучшение обработки металла модификаторами и раскислителями
	Несвоевременная выбивка отливок из форм	Устранение преждевременной или поздней выбивки отливок
	Неправильный метод взятия проб металла или испытания отливок	Уточнение метода взятия проб или испытания отливок
	Неправильная термическая обработка	Улучшение термической обработки
	Неправильная конструкция отливки	Выравнивание сечений отливки и устранение слишком тонких и толстых сечений

Продолжение табл. 165

Вид брака	Причины	Меры предотвращения
	Неправильная формовка	Снизить влажность смеси, изменить систему охлаждения отливки в форме. Изменить литниковую систему
	Неправильный выбор химического состава	Изменение химического состава металла: введение модификаторов или легирование
Несоответствие механических свойств отливки требованиям технических условий	Неправильный метод взятия проб или испытания отливок	Улучшение метода взятия проб или испытания отливок
	Неправильный выбор температуры заливки	Подбор наилучшей температуры заливки
	Заливка недостаточно раскисленным металлом	Улучшение раскисления металла или плавка под раскисляющими шлаками
Неравномерность свойств и структуры в различных сечениях	Неправильный выбор состава металла	Применение металла с меньшей ликвацией, дающего более однородную структуру
	Неправильная литниковая система	Изменить метод подвода металла к отливке
	Неправильная конструкция отливки	По возможности выравнять тонкие и толстые сечения
Несоответствие отливки специальным техническим условиям по жароупорности, износостойкости, коррозиестойкости, магнитным свойствам и т. д.	Неправильный выбор химического состава металла	Подбор состава металла, обеспечивающего нужные свойства
	Неправильная термическая обработка или отсутствие ее	Выбор режима термической обработки, обеспечивающей получение нужных свойств. Введение химико-термической обработки
Поверхностные дефекты		
Недостаточная чистота поверхности отливок (пригар, окисные пленки, мелкие неровности на поверхности)	Неправильный состав формовочной смеси или краски	Улучшение состава смеси и краски
	Слишком высокая температура заливки	Снижение температуры металла при заливке
	Неправильная литниковая система	Изменение системы подвода металла к форме

Продолжение табл. 165

Вид брака	Причины	Меры предотвращения
	Небрежная формовка	Более тщательное и равномерное уплотнение и увлажнение формы
	Неправильный выбор метода очистки литья	Применение более эффективного метода очистки литья
	Плохая очистка металла от окислов	Более тщательная очистка металла перед заливкой
«Ужимины»	Неправильный подбор формовочной смеси или краски	Подобрать состав с большей огнеупорностью, прочностью и меньшей деформацией при нагреве
Наросты	Неравномерное уплотнение смеси при формовке	Более тщательное уплотнение смеси при формовке и более равномерное увлажнение
	Неправильная литниковая система	Изменить подвод металла к отливке
Неправильные размеры или форма		
Недолив	Неправильный выбор состава металла	Применение состава металла с большей жидкотекучестью
	Слишком низкая температура металла при заливке	Повысить температуру металла при заливке
	Небрежная заливка	Не допускать перерыва струи металла при заливке, подбирать количество жидкого металла. Лучше очищать металл от шлака при заливке
	Неправильная конструкция отливки	Увеличить толщину тонких сечений
	Неправильная литниковая система	Изменить систему подвода металла к тонким сечениям
	Плохое скрепление или загрузка форм	Более тщательно скреплять или загружать формы

Продолжение табл. 165

Вид брака	Причины	Меры предотвращения
Перекосы	Неправильная модель или стержневой ящик	Устранить зазоры в модели или ящике, проверить их соответствие чертежу. Проверить соответствие зазоров в форме. Проверить крепление моделей на плитах
	Небрежная формовка или сборка	Не допускать одностороннего расталкивания модели в форме. Лучше крепить стержни жеребейками
	Неисправные опоки или штыри	Устранить зазоры во втулках опок и заменить износившиеся штыри
	Небрежное скрепление опок	Штыри вынимать из опок только после скрепления опок
	Неправильная сушка	Не допускать деформации форм и стержней при сушке
Заливы	Искривление модельной плиты или модели	Проверить точность плиты или модели
	Небрежная сборка или плохая подгонка половинок формы	Проверить плотность посадки опоки на плиту. Не допускать подчистки и исправлений по плоскости разъема. Не допускать увлажнения разъема. Не допускать прокладок по разъему толстых жгутов
	Несоответствие знаков модели и стержня	Проверить и устранить излишние зазоры в знаках
	Небрежная отделка формы	Более тщательно заделывать трещины и неровности

Продолжение табл. 165

Вид брака	Причины	Меры предотвращения
Коробление отливок	Неправильная конструкция отливки	Устранить неравномерность сечений отливки, особенно длинных. На моделях сделать обратный изгиб
	Коробление моделей при формовке	Увеличить жесткость модели металлическими пластинками или стержнями
	Неправильная технология формовки	Поставить холодильники на толстых сечениях
	Неподатливые стержни или форма	Подобрать более податливый состав смеси
	Ранняя выбивка отливок	Не допускать неравномерного охлаждения отливок
	Деформация при термической обработке	Неправильный выбор режима нагрева или размещения отливок в печи
Неправильные размеры или вес отливки	Неправильные размеры модели или стержневого ящика	Проверить и исправить размеры ящика или модели
	Неправильно рассчитана усадка отливки	Изменить размеры ящика или модели
	Небрежное уплотнение форм, раздутие форм	Более плотно и равномерно уплотнять смесь в форме. Не допускать неравномерного смешивания
	Недостаточная жесткость опок	Заменить опоки более жесткими
	Небрежная сборка и крепление форм перед заливкой	Проверить правильность сборки при помощи шаблонов. Лучше скреплять или грузить формы перед заливкой
	Неправильная дозировка металла при литье под давлением	Уточнить дозировку жидкого металла

2. МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ БРАКА

Таблица 166

Осиовные методы устранения брака литья [10], [26], [14], [4], [24]

Метод устраиения	Брак	Краткое описание
Заварка электродуговая	Трещины, раковины, спаи, недоливы на необрабатываемых и неответственных поверхностях	Горячая заварка производится на отливках, подогретых до 600—700 °С; полугорячая при подогреве отливок до 250—400° С и холодная без подогрева
Заварка газовая	Трещины, раковины, спаи на ответственных поверхностях	Применяется полугорячая и холодная заварка ацетилено-кислородным пламенем
Пайка	Заделка дефектов, не снижающих прочности и эксплуатационных свойств отливок	Пайка припоем ацетилено-кислородным пламенем
Заделка раковин и отверстий пробками и завертышами	Глубокие раковины, сплошные отверстия в отливках	Раковину рассверливают, нарезают резьбу, в отверстие ввертывают металлическую вставку и сверху на соединение наваривают шов
Металлизация	Раковины, ужимины и поверхностные дефекты, не снижающие прочность отливки	Присадочный металл расплавляется электродугой и в распыленном состоянии наносится на поверхность отливки. Распыление производится сжатым воздухом
Подчеканка	Рыхлоты, пористость и мелкие раковины, ведущие к «течи» отливок при гидроиспытании	Поверхность зачеканивается ударами молотка или при помощи бородка
Заделка замазками	Заделка раковин у отверстий на неответственных местах отливки. Декоративная заделка поверхностей	Поверхность отливки очищается, обезжиривается и заделывается замазкой специального состава

Продолжение табл. 166

Метод устраиения	Брак	Краткое описание
Пропитка	Устранение небольшой течи из-за пористости и рыхлости отливки	Отливка погружается и выдерживается в течение 5—14 *ч* в горячей воде, в соляном растворе, аммиачном растворе или жидком стекле, пропитывается бакелитовым лаком

Таблица 167

Применяемые составы присадочных материалов и электродов для заварки отливок [10], [14], [4]

Отливка	Материал присадочного стержня или электрода	ГОСТ	Химический состав материала для заварки, %
Стальная	Малоуглеродистая сталь	2246—60	Сталь (С 0,1; Si 0,03)
	Аустенитовая сталь	2246—60	Сталь (С 0,2; Si 1,0; Mn 2,0; Cr 24—27,0; Ni 24—16,0)
Чугунная	Чугун	2671—44	Электрод мягкого чугуна (С 3,5—4,0; Si 3,5—4,0;)
	Аустенитовый чугун	—	То же (С 2,0; Si 1,1; Cr 7,0—8,0; Ni 20,0)
	Никелево-медный сплав	—	Монель-металл (Ni 70—65; Cr 25—30; Fe 2—3; Mn 1,2—1,8)
	Сталь мягкая с медью	—	Сталь мягкая, пучок проволоки с добавкой 8—10% медных прутков

Продолжение табл. 167

Отливка	Материал присадочного стержня или углерода	ГОСТ	Химический состав материала для заварки, %
Цветные сплавы	Монель-металл	492—52	Ni 70—65, Cu 25—30; Fe 2—3; Mn 1,2—1,8
	Константан	492—52	Ni 34—41; Mn1—2,0; Cu остальное
	Силумин	1521—50	Si 10,0—13,0; примесей 1,0, Al остальное
	Припой медный	1019—47	Cu 57—60; Mn 0,4—0,8; Fe 0,5—1,0; Pb 0,8—1,5; Zn остальное

Таблица 168

Составы замазок для заделки раковин чугунных и стальных отливок

Состав	Количество, вес. проц.	Способ приготовления и применения
Жидкое стекло Чугунная стружка Цемент	20 75 5	Замешивают и плотно набивают в раковину отливки, не подвергающуюся воздействию влаги
Жидкое стекло Графит Чугунная стружка Цинковые белила	7 15 71 7	Тщательно перемешивают и набивают раковину
Бура Окись магния Железная стружка Поваренная соль	6 10 78 6	Перемешивают и набивают в раковину жароупорных отливок

Примечание. После исправления места дефектов тщательно зачищаются и испытываются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головин С. Я. Особые виды литья. Машгиз, 1959.
2. Бугров Ф. И. и Головко И. Д. Справочные таблицы по проектированию литейных цехов. Машиностроение, 1964.
3. Дубинин Н. П. Отливки в металлические формы чугунных деталей. Машгиз, 1956.
4. Носова Е. М., Кугель А. В., Кузнецов Н. А. Справочник литейщика. Техиздат, Киев 1961.
5. Руссиян С. В., Баранов И. А. и др. Проектирование процессов литейного производства. Машгиз, 1951.
6. Лейкин В. Е. и Сахарук П. А. Электрометаллургия ферросплавов. Металлургия, 1960.
7. Волкомич А. И., Лакшин А. П. и Хазин Д. Л. Литейные машины. Справочник, Машгиз, 1959.
8. Чернов Ю. И. и Кизилов А. И. Справочник по литейной оснастке. Машгиз, 1961.
9. Стальное литье. Справочник для мастеров литейного производства. Машгиз, 1961.
10. Справочник по чугунному литью. Под ред. Н. Г. Гиршовича. Машгиз, 1961.
11. Сосненко М. Н. Формовщик литейного цеха. Машгиз, 1956.
12. Дубинин Н. П., Жевтунов П. П., Хренов А. Д. и др. Технология металлов. «Высшая школа», 1964.
13. Поттер Г. Справочник по литейному производству. Машгиз, 1959.
14. Кузелев М. А., Скворцов А. Я., Смеляков Н. Н. Справочник рабочего литейщика. Машгиз, 1957.
15. Линчевский Б. В. и Вертман А. А. Применение вакуума в производстве стали. Металлургиздат, 1960.
16. Банный Н. П. Эффективность применения кислорода в мартеновском производстве. Металлургиздат, 1959.
17. Глинков М. А. Металлургические печи. Металлургиздат, 1951.
18. Орлов Г. М. Автоматическая установка для выбивки литейных форм. Машгиз, 1961.
19. Альтман М. Б., Лебедев А. А., Полянский А. П. и Чухров М. В. Плавка и литье легких сплавов. Металлургиздат, 1965.

20. Литейное оборудование. Каталог НИИЛИТМАШ, Машгиз, 1963.

21. Справочник металлурга по цветным сплавам. Под ред. Н. И. Мурач. Металлургиздат, 1953.

22. Телис М. Я. Плавка цветных металлов и сплавов. «Высшая школа», 1964.

23. Лесков А. В. Кислород в черной металлургии. Гостехиздат, 1959.

24. Алексеев С. А., Балабин В. В., Барбашин Н. Н. и др. Справочник литейщика. Машгиз, 1962.

25. Краткий справочник металлурга. Под ред. Д. П. Андрияновой. Металлургиздат, 1960.

26. Колобнев И. Ф., Крылов В. В., Полянский А. В. Справочник литейщика, Машгиз, 1957.

27. Долин П. А. Справочник по технике безопасности. Госэнергоиздат, 1958.

28. Фантилов Л. И. Основы проектирования литейных цехов. Машгиз, 1953.

29. Соколов Н. А. Литье в оболочковые формы. Машгиз, 1956.

30. Технологичность конструкций. Под ред. С. А. Ананьева. Дом техника, Москва, 1959.

31. Вышемирский М. М. Стерженщик. Машгиз, 1960.

32. Механизация и автоматизация трудоемких процессов в литейном производстве. Под ред. Г. И. Кобылянского. Машгиз, 1959.

33. Современные литейные машины отечественного производства. ЦБТИ Мосгорсовнархоза, 1958.

34. Книпп Э. Пороки отливок. Машгиз, 1958.

Барбашина Е. Г. и Фокин Г. Ф.

СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ЛИТЕЙЩИКА

Изд. 2-е, переработ. и доп. М.,
«Высш. школа», 1967.
320 с. с илл.

6П4.1
УДК 621. 74

Научный редактор *И. С. Денисов*
Ведущий редактор *Л. П. Чарноцкая*
Художественный редактор *Т. В. Панина*
Технический редактор *З. А. Муслимова*
Корректор *Р. И. Каплева*

Т-06826 Сдано в набор 16/XII—66 г.
Подп. к печати 13/V—67 г. Формат 84×108$^{1}/_{32}$
Объем 10 печ. л. 16,8 усл. п. л.
Уч.-изд. л. 15,03 Изд. № М-54
Тираж 20.000 экз. Цена 63 коп.
Тематический план издательства
«Высшая школа» (профтехобразование)
на 1967 г. Позиция № 90
Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14,
Издательство «Высшая школа»

Московская типография № 8 Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР,
Хохловский пер., 7. Зак. 3374

63 коп.

СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ЛИТЕЙЩИКА

ВЫСШАЯ ШКОЛА · 1967