

**СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ЛИТЕЙЩИКА**

**СПРАВОЧНИК**  
**МОЛОДОГО**  
**ЛИТЕЙЩИКА**



1900

1901

1902

1903

1904

1905

1906

1907

1908

Г.Г.Абрамов, Б.С.Панченко

# СПРАВОЧНИК

---

# МОЛОДОГО

---

# ЛИТЕЙЩИКА

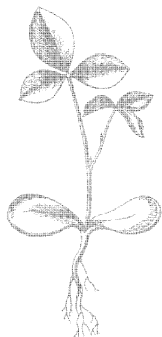
---

3-е издание, переработанное и дополненное

---



МОСКВА  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1991



Scan AAW

ББК 34.61  
А 16  
УДК 621.74

Справочник рекомендован к изданию Государственным  
комитетом СССР по народному образованию

Рецензент — канд. техн. наук В. А. Озеров (МАТИ)

**Абрамов Г. Г., Панченко Б. С.**  
А 16 Справочник молодого литейщика. — 3-е изд.,  
перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1991. — 319 с. ил.:  
ISBN 5-06-001101-1

Рассмотрены сведения о производстве отливок из стали, чугуна и цветных металлов способом литья в песчаные формы; приведены справочные данные о песках, глинах, смесях и других формовочных материалах; даны технические характеристики широко применяемого в литейном производстве оборудования.

Третье издание дополнено и переработано с учетом достижений в области литейного производства и требований учебных программ для подготовки молодых рабочих.

Справочник предназначен для учащихся и преподавателей учебных заведений профтехобразования и молодых рабочих.

А 2704020000 (4307000000)—154 69—90  
052(01)—91

ББК 34.61  
6П4.1

ISBN 5-06-001101-1

© Г. Г. Абрамов, Б. С. Панченко,  
1991

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Перед машиностроительной отраслью поставлены большие задачи по интенсификации и коренному техническому перевооружению литейного производства. Только в течение двенадцатой и тринадцатой пятилеток литейщикам предстоит увеличить производство отливок на автоматических линиях в 2,6—2,8 раза, точных отливок — в 2,8—3,0 раза. Численность рабочих, занятых ручным трудом, в текущей пятилетке должна снизиться в 1,5 раза, а темпы роста производительности труда должны увеличиться в 2,5—3,0 раза.

Для выполнения этих задач предусматривается освоение прогрессивных ресурсосберегающих технологий на базе нового высокопроизводительного литейного оборудования; создание гибких производственных систем и роторных линий, базирующихся на безотходной технологии и интегрированных с АСУТП, АРМ (автоматизированные рабочие места инженеров и рабочих); внедрение роботов и манипуляторов; закрытие или перевооружение цехов и участков с низкими технико-экономическими показателями и неудовлетворительными условиями труда; внедрение хозрасчетных методов в управлении литейным производством; улучшение подготовки рабочих и ИТР, переподготовка кадров; аттестация цехов, технологических процессов, рабочих мест.

На многих литейных предприятиях, цехах и участках, а также в НИИ разработаны и осуществляются программы Надежности и Качества.

Программа Надежности предусматривает улучшение конструкций и повышение надежности работы литейного оборудования, создание системы нормативно-технической документации, устанавливающей номенклатуру и порядок определения показателей надежности, а также технических требований к качеству ремонта литейного оборудования.

Программой Качество предусмотрен комплекс организационно-технических и экономических мероприятий, обеспечиваю-

щих улучшение качества изготовления литейного оборудования и литых заготовок.

Для развития литейного производства большое значение имеет и принятая недавно «Комплексная программа научно-технического прогресса стран—членов СЭВ до 2000 года». Она предусматривает, в частности, совместные, скоординированные действия стран—членов СЭВ по совершенствованию механизации и автоматизации литейного производства в технико-экономических, научно-технических областях, а также в стандартизации.

Наряду с повышением технического уровня литейного производства постоянно возрастают и требования к подготовке молодых рабочих-литейщиков различных профессий: модельщиков, формовщиков, стерженщиков, обрубщиков и др. Квалифицированный рабочий должен обладать техническими знаниями и уметь применять их на производстве.

Настоящий справочник написан на основе учебных программ для подготовки рабочих-литейщиков в системе профессионально-технического образования. Материал расположен в порядке разработки и осуществления технологического процесса производства отливок. Сначала приведены сведения, непосредственно регламентирующие процесс разработки литейной технологии, затем те, которые освещают основные этапы изготовления отливок. Завершают справочник сведения о техническом контроле и дефектах отливок.

В справочнике приведены сведения о новых материалах, процессах и оборудовании. В нем отражены технологические процессы изготовления отливок с использованием холоднотвердеющих и наливных смесей, описано современное оборудование, в том числе и автоматическое, для изготовления форм, стержней, очистки и отделки отливок. Материал справочника окажет большую практическую пользу учащимся и преподавателям учебных заведений профтехобразования и будет полезен для повышения квалификации кадровых рабочих предприятия.

*Автор*

## 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

### 1. Организация технологической подготовки производства

Прежде чем приступить к изготовлению отливок, производят определенные подготовительные работы, связанные с оформлением заказа и разработкой необходимой для производства документации, с нормированием работ по технологическим переделам производства, проектированием и изготовлением специальной технологической оснастки, приспособлений, инструмента для работы и контроля, если это требуется по условиям выполнения заказа (рис. 1.1). Основные технологические переделы получения отливок в разовых песчаных формах показаны на рис. 1.2.

### 1.2. Основные условия оформления заказа и технологическая разработка

Изготовление отливок начинают с разработки литейной технологии, предварительно решив вопрос о возможности выполнения заказа на предприятии в зависимости от массы, габаритных размеров, серийности, назначения литой детали и т. д.

В табл. 1.1, 1.2, 1.3 приведены данные для первоначального рассмотрения условий заказа на изготовление отливок из черных сплавов.

#### 1.1. Классификация отливок по весовым группам

Весовая группа	Характеристика размеров	Масса, кг
I	Мелкие	До 100
II	Средние	101—1000
III	Крупные	1001—5000
IV	Очень крупные	Свыше 5001

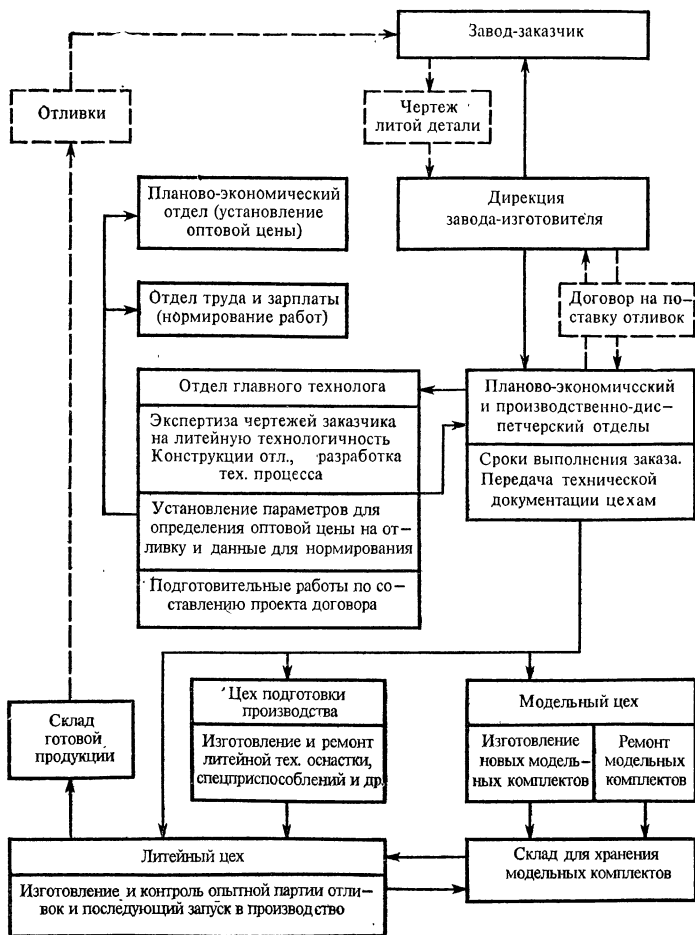


Рис. 1.1. Схема организации технологической подготовки производства при централизованном изготовлении отливок

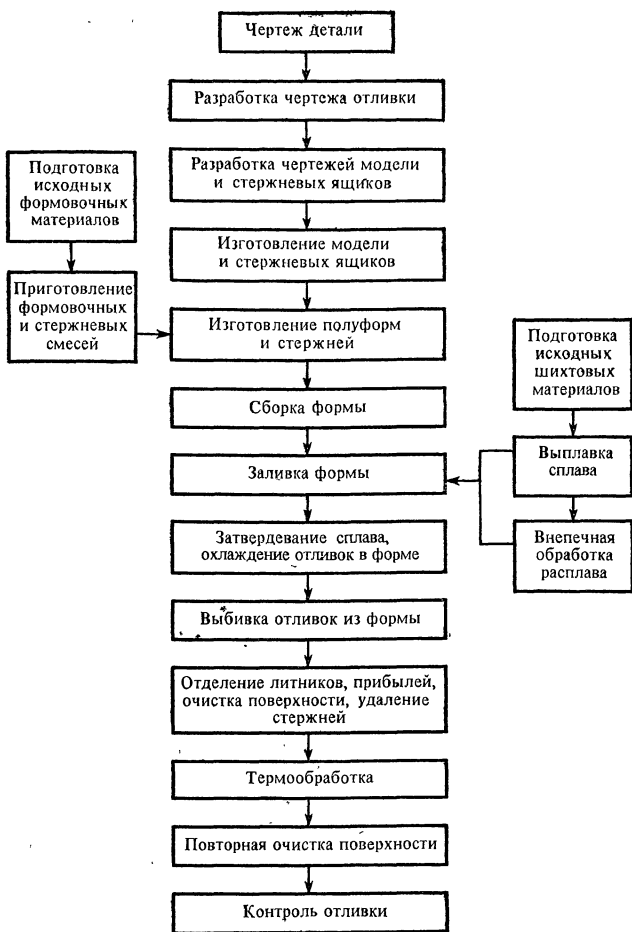


Рис. 1.2. Основные технологические переделы получения отливок в разовых песчаных формах

## 1.2. Классификация отливок по назначению

Назначение	Характеристика
Отливки неответственного назначения	Отливки деталей, не рассчитываемых на прочность. Конфигурация и размеры отливок определяются конструктивными и технологическими требованиями к ним
Отливки ответственного назначения	Отливки деталей, испытываемых на прочность, работающих при статических нагрузках, а также в условиях трения скольжения
Отливки особо ответственного назначения	Отливки деталей, испытываемых на прочность и эксплуатируемых в условиях динамических и знакопеременных нагрузок

## 1.3. Серийность отливок в зависимости от их массы и весовых групп

Весовая группа	Масса отливки, кг	Годовой выпуск отливок одного наименования (серийность) для различных типов производства, шт				
		единичного	мелкосерийного	серийного	крупносерийного	массового
I	20	До 300	300—3000	3000—35 000	35 000—200 000	Свыше 200 000 100 000
	21—100	150	150—2000	2000—15 000	15 000—100 000	
II	101—500	75	75—1000	1000—6000	6000—40 000	40 000
	501—1000	50	50—600	600—3000	3000—20 000	20 000
III	1000—5001	20	20—100	100—300	300—4000	4000
IV	5001—10 000	10	10—50	50—150	150—1000	1000
	Свыше 10 001	5	5—25	25—75	75	—

После того как установлено, что заказ может быть выполнен, приступают к разработке литейной технологии. Технологическая разработка имеет целью обеспечить работающих на всех стадиях изготовления отливки технической информацией —

чертежами, технологическими картами, эскизами и т. д. Такая информация содержит конкретные указания исполнителям по использованию материальных, технологических, технических средств и соблюдению безопасности проведения работ.

Техническую документацию, определяющую технологию изготовления конкретной отливки, разрабатывают, как правило, в отделе главного технолога завода (ОГТ) в технологическом бюро цеха или в отделе главного металлурга (ОГМ). При разработке технологии используют нормативно-техническую документацию: ГОСТы (государственные стандарты), ТУ (технические условия), технологические инструкции, стандарты предприятия и отраслевые регламенты.

### **1.3. Этапы проектирования литейной технологии**

При разработке литейной технологии решаются определенные и последовательно выполняемые задачи производства. В выбранной технологии должны использоваться процессы обработки, соответствующие современному уровню техники и технологии, а также обеспечивающие эффективность работы предприятия, выпуск высококачественной продукции и безопасность (см. приложения) проведения работ на всех этапах производства отливок. Для достижения этого широко используют метод последовательного типового проектирования технологических процессов, основные этапы которого приведены в табл. 1.4.

### **1.4. Требования к технической документации**

При составлении рабочих чертежей учитывают требования технических условий, отражая их в технической документации, учитывают возможности и специфику производства, соблюдают правила Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Основные требования к оформлению технической документации заключаются в следующем:

- разработка чертежей должна выполняться с учетом требований литейной технологии;

- объем технической документации, выдаваемой в производство, должен учитывать серийность заказа (табл. 1.5);

- технические условия на отливку и обработанную деталь необходимо указывать на чертежах отдельно;

- рабочие чертежи для отливок размером свыше 300 мм должны иметь удобные места для маркирования или простановки даты;

- на проекциях чертежей необходимо обозначать подвергаемые гидроиспытаниям камеры с указанием уровня жидкости,

#### 1.4. Последовательность разработки технологического процесса

Этапы проектирования	Задача производства
<p>Установление оптимального объема технологической документации</p>	<p>Обеспечить безошибочное и в наименьшие сроки выполнение заказа, а также оперативное решение вопросов производства</p>
<p>Анализ на литейную технологичность конструкции заготовки и заданных технических условий</p>	<p>Обеспечить количественное и качественное выполнение заказа с наименьшими затратами, безопасность и удобство выполнения работ на всех этапах изготовления отливки</p>
<p>Выбор способа формовки и вида литейной формы, установление плоскости разъема, числа и границ стержней</p>	<p>Наиболее полно использовать возможности оборудования и преимущества выбранного технологического процесса, достичь высоких технико-экономических показателей, получить качественные литые заготовки</p>
<p>Определение состава шихты</p>	<p>Обеспечить требования заказа по качеству металла</p>
<p>Установление места подвода расплава и выбор конструкции литниковой системы и ее размеров</p>	<p>Изготовить литые заготовки высокого качества</p>
<p>Назначение технологических припусков, а также припусков на механическую обработку по установленному классу точности изготовления отливки (ГОСТ 26645—85)</p>	<p>Получить требуемую шероховатость и геометрическую точность поверхностей отливки, подвергаемой механической обработке</p>
<p>Выбор формовочных и стержневых смесей, припылов, красок и т. д.</p>	<p>Получить литые заготовки высокого качества</p>
<p>Выбор литейно-технологической оснастки</p>	<p>Использовать оптимальные типоразмеры оснастки, наиболее производительное оборудование, снизить расход основных и вспомогательных материалов</p>
<p>Выбор и конструирование мерительных приспособлений для контроля технологического процесса отливок</p>	<p>Повысить геометрическую точность отливок</p>
<p>Назначение материала, класса прочности и выбор конструкции модельного комплекта</p>	<p>Снизить стоимость модельных комплектов, повысить размерную точность отливок</p>

Этапы проектирования	Задача производства
Назначение группы сложности отливок (по прейскуранту 25—01)	Определить оптовую цену отливки
Расчет и установление данных для нормирования работ	Определить нормы и расценки для выполнения работ по изготовлению отливок

**1.5. Объем технической документации для различных типов литейного производства**

Документ	Тип производства		
	серийное и крупносерийное	мелкосерийное	единичное
Чертеж детали (силька) с нанесенными элементами литейной технологии	+	+	+
Технологическая карта	+	+	+
Монтажные эскизы для верхней и нижней частей модели с указанием размеров и расположения литниковой системы и выпоров	+	+	+
Чертежи металлических моделей, стержневых ящиков	+	—	—
Чертежи собранной формы в разрезе и плане	+	—	—
Чертежи шаблонов для изготовления и контроля отливок, стержней, форм и сборки форм	+	+	+
Чертежи холодильников, скоб, цапф для перемещения отливок. Чертежи моделей каркасов и оправок	+	+	+

Примечание. Знак «+» указывает на необходимость разработки технологического документа.

проставлять места проверки твердости и микроструктуры металла, а также места сопряжения литой детали с другими деталями; светокопии рабочих чертежей должны быть выполнены четко на светлой бумаге, а их графические изображения иметь достаточные промежутки между проекциями для нанесения на них элементов литейной технологии;

## 1.6. Нормативно-техническая документация на элементы литейной формы и отливки

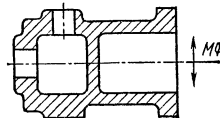
Элемент литейной формы и отливки	Нормативно-технический документ
Разъем формы (модели) в основных проекциях (положение при формовке и заливке)	ГОСТ 3.1125—88
Величина припусков на механическую обработку, технологические напуски	ГОСТ 3.1125—88
Формовочные уклоны	ГОСТ 3212—80
Границы стержней с условной штриховкой по контуру каждого стержня и порядковыми номерами во всех проекциях	ГОСТ 3.1125—88
Размеры и уклоны знаков, величина зазоров, фиксаторов и метки стержней	ГОСТ 3606—80
Вывод газов из стержней, плоскость набивки стержней	ГОСТ 3.1125—88
Отъемные части на модели	ГОСТ 3.1125—88
Места подрезки	ГОСТ 3.1125—88
Специальные приливы для определения микроструктуры отливок	ОСТ 2МТ21-2—76

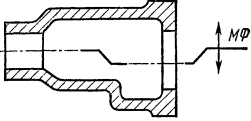
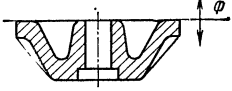
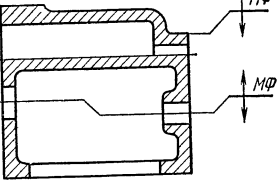
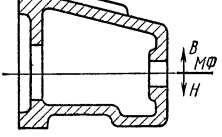
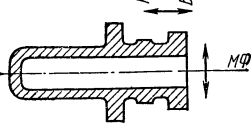
## 1.7. Условные графические обозначения элементов литейной технологии

Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
---	-------------------------

### Обозначения разъемов и положений модели, формы

1. Прямую плоскость разъема модели и формы изображают на чертеже прямым отрезком основной линии, над которым проставляют буквенное обозначение разъема — *МФ*. Направление разъема изображают сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линии разъема

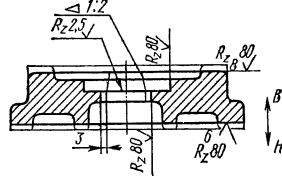


Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
<p>2. Ломаную плоскость разъема модели и формы изображают на чертеже ломаным отрезком основной линии, над которым проставляют буквенное обозначение разъема—<i>МФ</i>. Направление разъема изображают так же, как и при прямом разъеме (см. П. 1)</p>	
<p>3. То же, что в П. 1, 2, но при использовании неразъемной модели указывают только буквенное обозначение прямого (или ломаного) разъема—<math>\Phi</math></p>	
<p>4. То же, что в П. 1, 2, но при нескольких разъемах модели и формы каждый разъем прямой (или ломаный) изображают отдельно</p>	
<p>5. Положение отливки в форме обозначают буквами <i>В</i> (верх), <i>Н</i> (низ). Буквы проставляют у стрелок, указывающих направление разъема модели и формы</p>	
<p>6. Если литейная форма формируется в горизонтальном положении, а заливается в вертикальном, то буквенные обозначения верха и низа у стрелок разъема модели и формы не ставят. Параллельно направлению заливки проводят отрезок основной линии, у стрелок которой проставляют обозначение верха (<i>В</i>) и низа (<i>Н</i>)</p>	

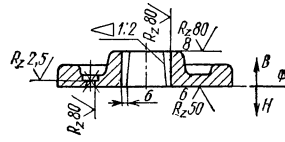
Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
---	-------------------------

Изображение припусков

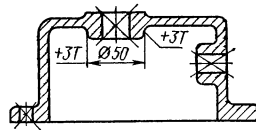
7. Припуск на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией. Размер припуска указывают цифрой перед знаком шероховатости детали или величиной уклона и линейными размерами



8. При несложных отливках припуск на механическую обработку не изображают, а указывают только его размер. Отверстия, впадины и т. п., не выполняемые литьем, зачеркивают сплошной тонкой линией

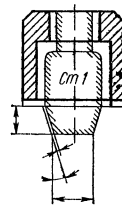


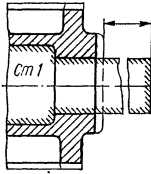
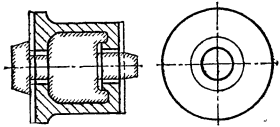
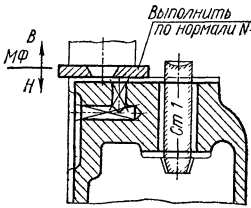
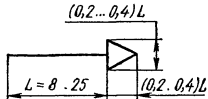
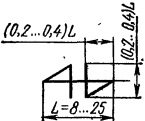
9. Технологический припуск обозначают буквой *T* и цифрой со знаком минус (—) или плюс (+), указывающей его размер. Обозначение и размер припуска проставляют на продолжении размерной линии или после линии выноски

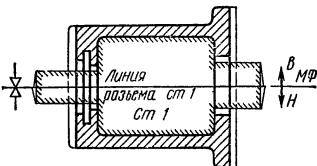


Изображение и обозначение стержней

10. Стержень, его знаки и фиксаторы, стержень-перемычку, разделительную диафрагму легкоотделяемой прибыли, знаки модели изображают сплошной тонкой линией в масштабе чертежа. Проставляют размеры знаков и их зазоры. Стержень в разрезе (см. эскиз) штрихуют только у контурных линий и обозначают буквами *Ст* с указанием порядкового номера, например *Ст 1*

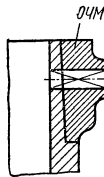


Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
<p>11. Если расположение проекций на чертеже детали не позволяет изображать знак стержня в масштабе, то его разрывают или изображают не в масштабе</p>	
<p>12. На проекции, которая не дает полного представления о формовочных уклонах стержневого знака, проводят только одну линию, соответствующую наибольшему размеру (см. эскиз, знак стержня в плане изображен одной тонкой линией)</p>	
<p>13. Изображение стандартизированной диафрагмы (см. эскиз) и стержня-перемычки сопровождаются условным обозначением, которое размечают на полке линии-выноски. Размеры диафрагмы и стержня-перемычки на чертеже не проставляют</p>	
<p>14. Направление набивки стержня изображают стрелкой</p>	
<p>15. Разъем стержневого ящика изображают стрелками</p>	

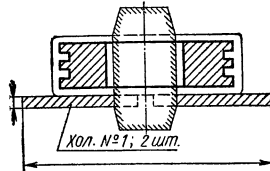
Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
<p>16. Если стержень состоит из нескольких частей, то прямую (или ломаную) плоскость разреза изображают тонкой сплошной линией, над которой размещают надпись «Линия разреза ст 1»</p>	

Изображение и обозначение холодильников

17. Поверхность соприкосновения отъемной части с моделью изображают сплошной основной линией. Отъемную часть обозначают буквами *ОЧМ* с указанием порядкового номера, например *ОЧМ1*, *ОЧМ2*. Если отъемная часть одна, то порядковый номер в обозначении не проставляют (см. эскиз)



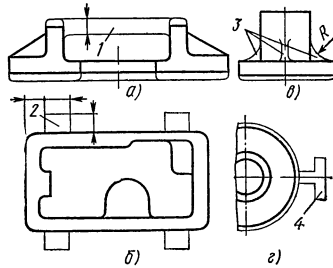
18. Холодильник изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией с указанием размеров. На полке линии-выноски размещают обозначение, состоящее из слова «Хол.», порядкового номера и числа устанавливаемых в форму холодильников (см. эскиз). Если холодильник стандартизирован, то его размеры на чертеже не проставляют, а за словом «Хол.» указывают условное обозначение



Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
---	-------------------------

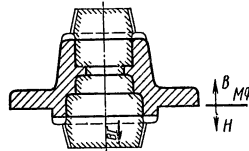
**Изображение ребер, приливов, стяжек и проб**

19. Стяжку 1 (см. эскиз а), технологический прилив 2 (б), усадочное ребро 3 (в) и пробу 4 (г) изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией с указанием размеров. На полке линии-выноски указывают назначение проб (см. эскиз г, проба 4 для механических испытаний) или условное обозначение стандартизированных проб



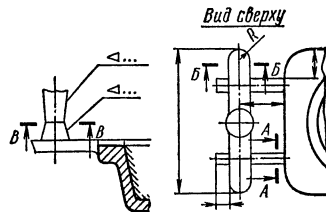
**Обозначение мест вывода газов**

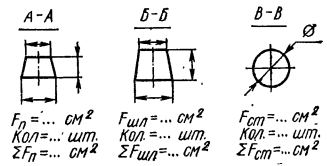
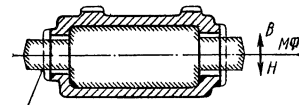
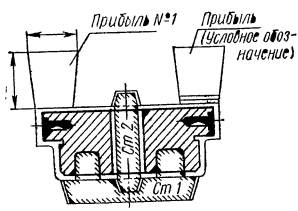
20. Направление вывода газов из формы и стержня изображают стрелкой, вдоль которой проставляют буквы ВГ (вывод газов)

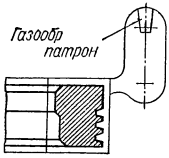
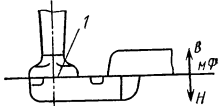


**Изображения и обозначения литниковой системы**

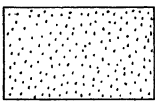
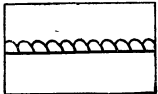
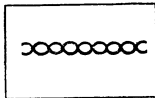
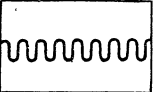
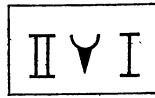
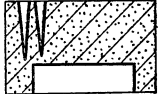
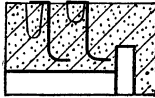
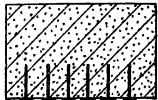
21. Литниковую систему изображают в масштабе чертежа тонкой сплошной линией с указанием размеров ее расположения относительно отливки (см. эскиз). Если расположение проекций не позволяет изображать литниковую систему в масштабе, то ее вычерчивают не в масштабе чертежа. На чертеже для монтажа моделей на модельной плите литниковую систему не изображают, а только указывают места сопряжения питателей с отливкой. На полке линии-выноски размещают надпись «Литниковую систему выполнить по чертежу...»



Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
<p>22. Сечения (см. эскиз п. 21) элементов литниковой системы изображают на поле чертежа в одном масштабе (предпочтительно 1:1) с указанием их размеров, количества и площади сечений. Площади сечений и соответственно суммарные площади сечений элементов обозначают так: питателей — <math>F_{п}</math>, <math>\Sigma F_{п}</math>; шлакоуловителей — <math>F_{шл}</math>, <math>\Sigma F_{шл}</math>; стояков — <math>F_{ст}</math>, <math>\Sigma F_{ст}</math>.</p>	 <p> <math>F_{п} = \dots \text{ см}^2</math>  <math>Kол = \dots \text{ шт.}</math>  <math>\Sigma F_{п} = \dots \text{ см}^2</math> </p> <p> <math>F_{шл} = \dots \text{ см}^2</math>  <math>Kол = \dots \text{ шт.}</math>  <math>\Sigma F_{шл} = \dots \text{ см}^2</math> </p> <p> <math>F_{ст} = \dots \text{ см}^2</math>  <math>Kол = \dots \text{ шт.}</math>  <math>\Sigma F_{ст} = \dots \text{ см}^2</math> </p>
<p>23. Литниковую систему, выполняемую в керамике, на чертеже не изображают, но указывают места сопряжения питателей с отливкой. На полке линии-выноски размещают надпись «Литниковую систему выполнить в керамических трубках, ГОСТ...».</p>	 <p>Литниковую систему выполнить в керамических трубках, ГОСТ ..</p>
<p>24. Прибыль на чертеже обозначают словом «Прибыль» с указанием порядкового номера (см. эскиз). При наличии нескольких одинаковых прибылей им присваивают один и тот же номер и в обозначении указывают их общее количество (например, прибыль № 1; 2 шт.). Если устанавливаемые прибыли стандартизированы (см. эскиз), то на полке линии-выноски указывают их условное обозначение, предусмотренное стандартом</p>	

Правило выполнения условных обозначений	Графическое изображение
<p>25. Газообразующие патроны для создания в прибыли повышенного давления обозначают надписью «Газообр. патрон» и показывают место их расположения</p>	
<p>26. Сетки 1 для фильтрации расплава в литниковой системе не вычерчивают, а изображают их сплошной основной линией</p>	

1.8. Условные графические изображения элементов формы

Элемент	Графическое изображение	Элемент	Графическое изображение
Гарь		Фитили и вентиляционные шнуры	
Солома		Металлическая стружка	
Жеребейки		Газоотводные каналы	
Крючки		Шпильки	

Элемент	Графическое изображение	Элемент	Графическое изображение
Вывод газов из стержней		Облицовочный слой формы	

на копии рабочего чертежа детали должны быть нанесены литниковая система, прибыли, места установки холодильников, окна или специальные приспособления для перемещения отливок, технологические стяжки для увеличения жесткости модели или отливки и другие элементы литейной технологии;

при нанесении на копию чертежа детали элементов литейной технологии необходимо пользоваться нормативно-технической документацией (табл. 1.6) и соблюдать правила выполнения чертежей литейной формы и отливки (табл. 1.7, 1.8),

### 1.5. Основные правила проектирования отливок

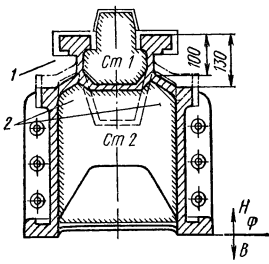
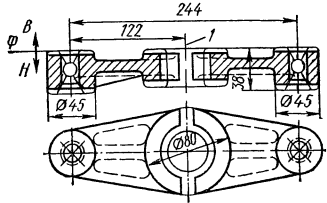
Ответственной задачей, которая решается при разработке литейной технологии, является отработка конструкции отливки на литейную технологичность. Конструкция отливки считается технологичной только в том случае, если она отвечает требованиям литейного производства и техническим условиям на ее изготовление.

К требованиям литейного производства относится возможность изготовления отливки высокого качества доступными и надежными приемами литейной технологии с учетом имеющегося на предприятии оборудования и действующих технологических процессов. В табл. 1.9 приведены основные правила проектирования, применяемые при отработке конструкции отливки на литейную технологичность.

## 1.9. Основные правила проектирования отливок

Правило и цель проектирования	Графическое изображение технического решения
<p>1. Части ответственного назначения (например, плоскости скольжения, качения 1) располагать в нижней части формы (по заливке), даже если это связано с некоторым повышением трудоемкости изготовления (см. эскиз, стержни 2 крепятся в верхней полуформе). Повышается качество рабочих поверхностей отливки</p>	
<p>2. Располагать по возможности отливку в одной полуформе (см. эскиз, отливка в нижней полуформе). Повышается размерная точность отливки</p>	
<p>3. Использовать минимально допустимое число стержней или не применять их (см. эскиз, второй стержень не применяется). Повышаются качество и размерная точность отливки; снижается трудоемкость изготовления</p>	
<p>4. Не крепить по возможности стержни в верхней полуформе (см. эскиз, стержень расположен в нижней полуформе, первоначальный вариант показан штрихпунктирной линией). Повышается размерная точность отливок, снижается вероятность образования дефектов по песчаным раковинам</p>	

Правило и цель проектирования	Графическое изображение технического решения
<p>5. Обеспечивать хорошую вентиляцию стержней (см. эскиз, уменьшены со 180 до 120 мм размеры стенок 1). Снижается брак отливок по песчаным и газовым раковинам</p>	
<p>6. Не допускать наличия жребеек в ответственных частях 2 отливки. Указанное требование обеспечено смещением стенки 1 (см. эскиз, прежнее положение стенки изображено штрихпунктирной линией). Повышается качество отливок, отсутствуют инородные включения в ответственных частях</p>	
<p>7. Прибыли располагать над массивными частями отливок или размещать около них боковые питающие бобышки 1 (см. эскиз). В отливке не образуются усадочные раковины. В некоторых случаях, чтобы сочетать правильное положение формы при заливке с удобством ее формовки, предусматривать поворот на 90°</p>	

Правило и цель проектирования	Графическое изображение технического решения
<p>8. Не допускать наличия узких болванов 1, 2 как в форме, так и в стержнях (прежнее положение стенок изображено штрихпунктирной линией)</p>	
<p>9. Использовать по возможности заготовки для получения литых деталей и объединять их для последующей резки по линии 1. Повышается производительность труда</p>	

### 1.6. Классы точности

Под точностью изготовления отливок понимается степень отклонения их геометрических размеров и массы от номинальных значений. Требования по точности отливок для всех видов сплавов (черных и цветных) регламентируются ГОСТ 26645—85. Класс точности отливки указывают на рабочем чертеже. Принятый класс точности распространяется на все размеры отливки; кроме случаев, особо оговоренных в технических требованиях чертежа.

Припуски (на сторону) на механическую обработку устанавливают в зависимости от допусков размеров отливки дифференцированно для каждого элемента. Класс точности масс соответствует классу точности отливки.

Классы точности отливок на размеры и массу, размер припуска на механическую обработку зависят от способа литья, наибольших габаритных размеров отливки, вида сплава и допуска линейных размеров отливки. Эти показатели определяют по табл. 1.10—1.12.

### 1.10. Классы точности размеров и масс и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья

Способ литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип металла и сплава		
		цветные с температурой плавления ниже 700 °С	цветные с температурой плавления выше 700 °С, серый чугун	ковкий, высокопрочный и легированный чугун, сталь
		Классы точности размеров и масс отливок и ряды припусков		
Литье под давлением в металлические формы	До 100	$\frac{3т-5}{1}$	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7т}{1}$
	Св. 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7т}{1}$	$\frac{5т-7}{1}$
Литье в керамические формы и по выплавляемым и выжигаемым моделям	До 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7т}{1-2}$	$\frac{5т-7}{1-2}$
	Св. 100	$\frac{4-7}{1-2}$	$\frac{5т-7}{1-2}$	$\frac{5-8}{1-2}$
Литье в кокиль и под низким давлением в металлические формы без и с песчаными стержнями, литье в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	До 100	$\frac{4-9}{1-2}$	$\frac{5т-10}{1-3}$	$\frac{5-11т}{1-3}$
	Св. 100 до 630	$\frac{5т-10}{1-3}$	$\frac{5-11т}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$
	Св. 630	$\frac{5-11т}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7т-12}{2-5}$
Литье в песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой, центробежное, в сырые и сухие песчано-глинистые формы	До 630	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7т-12}{2-4}$	$\frac{7-13т}{2-5}$
	Св. 630 до 4000	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13т}{3-5}$	$\frac{9т-13}{3-6}$
	Св. 4000	$\frac{8-13т}{3-5}$	$\frac{9т-13}{3-6}$	$\frac{9-14}{4-6}$

Примечание. В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе — ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; большие значения — к сложным, мелкосерийно и индивидуально изготовленным отливкам; средние — к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства. Классы точности масс следует принимать соответствующими классам точности отливок.

### 1.11. Припуски на механическую обработку

Допуски размеров отливок	Основной припуск, мм, для рядов, не более					
	1	2	3	4	5	6
До 0,12	0,2 0,4	—				
Св. 0,12 до 0,16	0,3 0,5	0,6 0,8	—			
Св. 0,16 до 0,20	0,4 0,6	0,7 1,0	1,0 1,4	—	—	
Св. 0,20 до 0,24	0,5 0,7	0,8 1,1	1,1 1,5			
Св. 0,24 до 0,30	0,6 0,8	0,9 1,2	1,2 1,6	1,8 2,2	2,6 3,0	—
Св. 0,30 до 0,40	0,7 0,9	1,0 1,3	1,4 1,8	1,9 2,4	2,8 3,2	
Св. 0,40 до 0,50	0,8 1,0	1,1 1,4	1,5 2,0	2,0 2,6	3,0 3,4	
Св. 0,50 до 0,60	0,9 1,2	1,2 1,6	1,6 2,2	2,2 2,8	3,2 3,6	
Св. 0,60 до 0,80	1,0 1,4	1,3 1,8	1,8 2,4	2,4 3,0	3,4 3,8	4,4 5,0
Св. 0,80 до 1,0	1,1 1,6	1,4 2,0	2,0 2,8	2,6 3,2	3,6 4,0	4,6 5,5
Св. 1,0 до 1,2	1,2 2,0	1,6 2,4	2,2 3,0	2,8 3,4	3,8 4,2	4,8 6,0
Св. 1,2 до 1,6	1,6 2,4	2,0 2,8	2,4 3,2	3,0 3,8	4,0 4,6	5,0 6,5
Св. 1,6 до 2,0	2,0 2,8	2,4 3,2	2,8 3,6	3,4 4,2	4,2 5,0	5,5 7,0
Св. 2,0 до 2,4	2,4 3,2	2,8 3,6	3,2 4,0	3,8 4,6	4,6 5,5	6,0 7,5
Св. 2,4 до 3,0	2,8 3,6	3,2 4,0	3,6 4,5	4,2 5,0	5,0 6,5	6,5 8,0

Продолжение табл. 1.11

Допуски размеров отливок	Основной припуск, мм, для рядов, не более					
	1	2	3	4	5	6
Св. 3,0 до 4,0	3,4 4,5	3,8 5,0	4,2 5,5	5,0 6,5	5,5 7,0	7,0 9,0
Св. 4,0 до 5,0	4,0 5,5	4,4 6,0	5,0 6,5	5,5 7,5	6,0 8,0	8,0 10,0
Св. 5,0 до 6,0	5,0 7,0	5,5 7,5	6,0 8,0	6,5 8,5	7,0 9,5	9,0 11,0
Св. 6,0 до 8,0		6,5 9,5	7,0 10,0	7,5 11,0	8,5 12,0	10,0 13,0
Св. 8,0 до 10,0			9,0 12,0	10,0 13,0	11,0 14,0	12,0 15,0
Св. 10,0 до 12,0			10,0 13,0	11,0 14,0	12,0 15,0	13,0 16,0

1.12. Допуски

Интервалы номинальных масс, кг	Верхнее предельное							
	1	2	3г	3	4	5г	5	6
До 0,10	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
Св. 0,10 до 0,25	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0
» 0,25 » 0,63	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0
» 0,63 » 1,0	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0
» 1,00 » 2,50	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0
» 2,50 » 6,30	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4
» 6,30 » 10	—	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
» 10 » 25	—	—	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
» 25 » 63	—	—	—	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
» 63 » 100	—	—	—	—	0,5	0,6	0,8	1,0
» 100 » 250	—	—	—	—	—	0,5	0,6	0,8
» 250 » 630	—	—	—	—	—	—	0,5	0,6
» 630 » 1000	—	—	—	—	—	—	—	0,5
» 1000 » 2500	—	—	—	—	—	—	—	—
» 2500 » 6300	—	—	—	—	—	—	—	—
» 6300 » 10 000	—	—	—	—	—	—	—	—
» 10 000 » 25 000	—	—	—	—	—	—	—	—
» 25 000	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 1.11

Допуски размеров отливок	Основной припуск, мм, для рядов, не более					
	1	2	3	4	5	6
Св. 12,0 до 16,0			13,0 15,0	14,0 16,0	15,0 17,0	16,0 19,0
Св. 16,0 до 20,0				16,0 20,0	18,0 21,0	19,0 22,0
Св. 20,0 до 24,0		—		20,0 23,0	21,0 24,0	22,0 25,0
Св. 24,0 до 30,0					26,0 29,0	27,0 30,0
Св. 30,0 до 40,0						34,0 37,0
Св. 40,0 до 50,0						42,0
Св. 50,0 до 60,0						50,0

по массе

отклонение массы, %, для классов точности массы отливки

7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
10,0	12,0	16,0	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—
5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	—	—	—	—	—	—	—
4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	—	—	—	—	—	—
3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	—	—	—	—	—
2,4	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	—	—	—	—
2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	—	—	—
1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	—	—
1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	—
1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0
0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
—	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
—	—	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0	6,0
—	—	—	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,0
—	—	—	—	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0

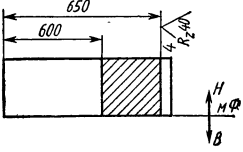
### 1.13. Предельные отклонения коробления

Интервалы наибольших габаритных размеров отливки, мм		Предельные отклонения коробления, ± мм, для степеней коробления отливок																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
До 100	—	—	—	—	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00
Св. 100 » 160	—	—	—	—	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00
» 160 » 240	—	—	—	—	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00
» 240 » 400	—	—	—	—	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00
» 400 » 630	—	—	—	—	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00
» 630 » 1000	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00	100,00	160,00	240,00	400,00	600,00
» 1000 » 1600	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00	100,00	160,00	240,00	400,00	600,00	1000,00
» 1600 » 2400	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00	100,00	160,00	240,00	400,00	600,00	1000,00	1600,00
» 2400 » 4000	—	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00	100,00	160,00	240,00	400,00	600,00	1000,00	1600,00	2400,00
» 4000 » 6300	—	—	1,60	2,40	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00	100,00	160,00	240,00	400,00	600,00	1000,00	1600,00	2400,00	4000,00
» 6300 » 10 000	—	—	—	4,00	6,00	10,00	16,00	24,00	40,00	60,00	100,00	160,00	240,00	400,00	600,00	1000,00	1600,00	2400,00	4000,00	6000,00

ГОСТ 26645—85 предусматривает также возможные коробления отливок при их изготовлении. Предельное отклонение коробления в зависимости от габаритных размеров устанавливают по табл. 1.13.

В табл. 1.14 приведен пример назначения припуска на механическую обработку.

1.14. Назначение припуска на механическую обработку

Характеристика отливки	Графическое изображение
<p>Отливка из серого чугуна; литье в песчаные формы; габаритный размер—650 мм; единичное изготовление; простая по форме. Устанавливается 10-й класс точности, 2-й ряд припуска на механообработку, равный 4 мм</p>	

В технических условиях чертежа литой заготовки указывают классы точности размеров, классы точности массы, степень коробления и ряд припусков на механическую обработку, например отливку 7-го класса точности размеров, 6-го класса точности массы, 5-й степени коробления и 5-го ряда припусков на механическую обработку, обозначают так: *точность отливки 7-6-5-5 ГОСТ 26645—85*. Допускается не указывать степень коробления и ряд припусков на механическую обработку.

Для верхних частей отливок предусматривают большой припуск на механическую обработку, так как при заполнении формы расплавом неметаллические включения всплывают (как наиболее легкие) вверх и концентрируются в слое металла, который удаляют при механической обработке отливок.

### 1.7. Литниковая система

Литниковой системой называют совокупность элементов литейной формы в виде каналов и полостей, предназначенных для подвода расплава в форму, ее заполнения и питания отливки при затвердевании. Литниковая система состоит из следующих основных элементов:

литниковой чаши, предназначенной для приема расплавленного металла (расплава) и подачи его в полость формы;

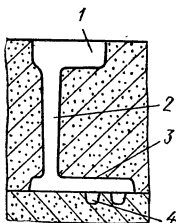
стояка—вертикального или наклонного канала, служащего для подачи расплава в другие элементы (кроме чаши)

## 1.15. Типы литниковых систем

Графическое изображение

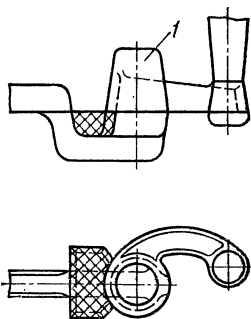
Особенности и примерное назначение

### Горизонтальная



Состоит из чаши 1, стояка 2, шлакоуловителя 3, расположенных в горизонтальной плоскости разъема формы. Возможно применение прибылей, не связанных непосредственно с питателями 4. Применяют при изготовлении широкой номенклатуры отливок из всех сплавов, отливок разнообразной сложности и массы, не имеющих термических узлов

### Горизонтальные с элементами торможения и питания

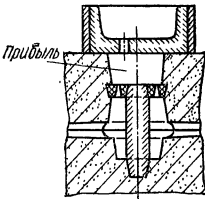


В отличие от предыдущего типа эта литниковая система имеет дополнительные элементы (см. эскиз), увеличивающие гидравлическое сопротивление и улучшающие отделение шлака от других неметаллических включений. К ним относятся центробежная бобышка 1, сетки (кремнийорганические, керамические и др.), перегородки и дроссели. Применяют, как правило, при изготовлении мелких и средних, а также ответственных по назначению отливок, не имеющих термических узлов

Отличительной особенностью горизонтальной литниковой системы с питающими элементами (на эскизе не изображена) является наличие питающей бобышки. Расплав, находящийся в

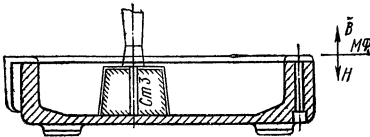
Графическое изображение	Особенности и примерное назначение
	<p>ней, питает отливку или термический узел при затвердевании. Применяют при изготовлении отливок (кроме стальных) с термическими узлами, для которых использование прибылей нерационально</p>

### Вертикальная



Вертикальная литниковая система в отличие от горизонтальной имеет питатели, расположенные в вертикальной плоскости разъема формы. Подвод расплава может осуществляться ярусным, дождевым и другими методами (см. ниже). Литниковая система может иметь элементы торможения. Используют при изготовлении отливок с кантовкой форм под заливку на  $90^\circ$ , а также отливок из различных сплавов, любой массы и сложности, с массивными частями или равномерно толстостенных

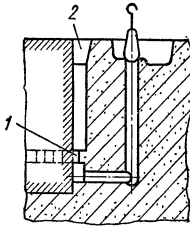
### Верхняя



Вертикальная литниковая система, обеспечивающая подачу расплава в полость литейной формы сверху без кантовки ее на  $90^\circ$ . Применяют при изготовлении мелких и средних отливок из различных сплавов с тонкими стенками

Графическое изображение	Особенности и примерное назначение
-------------------------	------------------------------------

## Сифонная



Вертикальная литниковая система, обеспечивающая подачу расплава в полость 2 литейной формы снизу через питатель 1. При такой литниковой системе возможна кантовка собранной формы на  $90^\circ$  под заливку. Применяют при изготовлении средних и крупных отливок с большой высотой из любых сплавов, а также мелких отливок из алюминиевых и магниевых сплавов

**Примечание.** Ярусные литниковые системы подают металлы в полость литейной формы на нескольких уровнях, а дождевые — несколькими питателями.

литниковой системы или непосредственно в рабочую полость формы;

шлакоуловителя, предназначенного для задержания неметаллических включений (шлак, песчаные частицы и др.) расплава, поступающего затем в питатели; шлакоуловителем при литье черных сплавов служит коллектор;

питателя — канала, обеспечивающего подвод расплава в полость литейной формы;

выпора — вертикального канала, служащего для вывода газов из формы, контроля заполнения рабочей полости расплавом и питания отливок при затвердевании;

прибыли — полости в форме, которая заполняется расплавом для питания массивных частей отливки при затвердевании.

Литниковые системы (табл. 1.15) должны отвечать следующим требованиям:

обеспечивать заполнение формы расплавом за установленное время;

подводить металл в полость формы с малой линейной скоростью для предотвращения размыва частей формы и завихрения металла при его движении;

препятствовать засасыванию воздуха в стояк потоком расплава при его заливке в литниковую чашу, задерживать шлак и другие неметаллические включения; создавать оптимальный тепловой режим формы и обеспечивать получение качественных отливок (плотных, без трещин, пригара, ужимин и т. п.);

обеспечивать удобство формовки;

иметь чашу, питатели и другие элементы минимально допустимых размеров;

легко отделяться от отливки без ее повреждения.

Соотношения площадей сечений основных элементов литниковой системы могут быть последовательно уменьшающимися

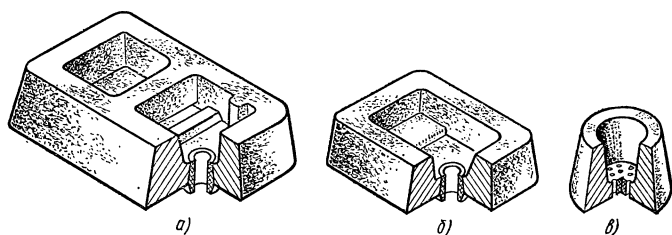


Рис. 1.3. Литниковые чаши (а—в)

(запертая, расширяющаяся литниковая система) или последовательно увеличивающимися (открытая, сужающаяся) от стояков к питателю. В первом случае обеспечивается хорошее отделение неметаллических включений, но расплав поступает в форму с повышенными скоростями.

Сужающуюся литниковую систему применяют при изготовлении отливок из легкоокисляющихся сплавов (сталь, алюминий и др.) и крупных литых деталей. Для шлакоотделения в сужающуюся литниковую систему устанавливают фильтровальные сетки или расплав в форму заливают из стопорных ковшей (см. гл. 8).

Шлакоуловители могут иметь различную форму: прямую, кольцевую, П-образную и т. д. Сечение шлакоуловителей, а также питателей бывает трапециевидное, круглое, полукруглое и т. д.

Литниковые чаши могут значительно отличаться по конструкции. Наиболее совершенной считается чаша с перегородками, нижним и боковым уступом (рис. 1.3, а). Чаша хорошо отделяет шлаковые и другие неметаллические включения, способствует спокойной заливке. Такие чаши используют преимущественно для заливки из цилиндрических и барабанных ковшей средних, крупных и тяжелых чугуновых отливок. Для заливки средних отливок применяют литниковые чаши без перегородок и уступов (рис. 1.3, б), а для мелких — воронки (рис. 1.3, в). Иногда круп-

ные и очень крупные отливки заливают с помощью двух и более литниковых чаш. При заливке таких отливок литниковые ходы предпочтительно выполнять из унифицированных стержневых элементов или керамики.

### 1.8. Расчет литниковых систем

Расчет литниковых систем основан на применении уравнений гидравлики для идеальных жидкостей, текущих в газонепроницаемых каналах. Так как жидкий металл не

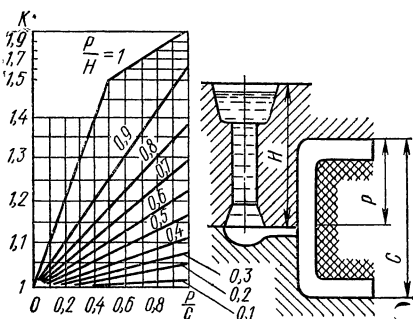


Рис. 1.4. Схема диаграммы для определения удельной скорости заливки

является идеальной жидкостью, а форма газонепроницаема, дополнительно используют опытно-экспериментальные данные. Примерный расчет литниковой системы для чугунных и стальных, а также из сплавов тяжелых и цветных металлов различных весовых групп выполняют в такой последовательности:

где  $\tau$  — продолжительность заливки, стенки, мм;  $G$  — масса отливки, кг.

1. Определяют время заполнения полости формы расплавом  $\tau = 2^3 \sqrt{\delta G}$ ,  $\delta$  — средняя толщина

2. Вычисляют средний секундный расход металла в литниковой системе (кг/с)  $G_{ср. н} = G/\tau$ .

3. Находят секундный расход с учетом истечения металла под затопленный уровень (кг/с)  $G_{с. н} = G_{ср. н} K$ , где  $K$  — поправочный коэффициент на начальный расход металла (выбирают по диаграмме рис. 1.4).

4. Определяют площадь наименьшего сечения элемента литниковой системы  $\Sigma F_n = \frac{1000 G_{с. н}}{\gamma \mu \sqrt{2.981 H}}$ , где  $\gamma$  — плотность металла, г/см<sup>3</sup>;  $\mu$  — коэффициент сопротивления литниковой системы и формы, равный 0,2—0,5 (при установке сетки для дросселя  $\mu = 0,2 \div 0,3$ ; в остальных случаях  $\mu = 0,4 \div 0,5$ );  $H$  — напор, см (расстояние от места подвода расплава до его уровня в литниковой чаше),  $H = H_0 + H_1$ , где  $H_0$  — высота опоки над разъемом литейной формы, см;  $H_1$  — высота уровня металла в литниковой чаше, см.

5. Объем литниковой чаши определяют из расчета 2—6-кратного секундного расхода металла ( $G_{с. н}$ ).

6. Площадь сечения стояка определяют из условия обеспечения положительного давления в лимитирующем сечении:

$F_{ст.в} = \Sigma F_{л} \sqrt{\frac{H}{H_2}}$ , где  $F_{ст.в}$  — площадь верхнего сечения стояка см<sup>2</sup>;  $F_{л}$  — площадь лимитирующего сечения, см<sup>2</sup>. Площадь нижнего сечения стояка должна быть не меньше суммарной площади лимитирующего сечения  $F_{ст.н} \geq F_{л}$ .

7. Для выполнения расширяющейся литниковой системы необходимо, чтобы соотношение  $F_{пит}:F_{шл}:F_{ст}$  было равно 1,0:1,0:1,2. При расчете шлакоуловителей, которые используют не только для отделения шлака, но и для подвода расплава, подпитывающего массивные элементы отливки, соотношение элементов литниковой системы может быть равно 1,0:(1,3÷1,5):1,2.

При изготовлении отливок из алюминиевых и магниевых сплавов преимущественно используют расширяющиеся литниковые системы, обеспечивающие минимальные линейные скорости расплава на выходе из питателей. Соотношение элементов литниковой системы в этом случае равно (3÷6):(1,5÷3):1. Чтобы предотвратить подсос воздуха и обеспечить лучшую заполняемость при заливке высоких форм, применяют по возможности многоярусные и щелевые литниковые системы. Пример выбора конструкции литниковой системы для отливок из магниевых сплавов приведен в табл. 1.16.

**1.16. Выбор конструкции литниковой системы для отливок из магниевых сплавов**

Особенности магниевых сплавов	Основные технологические требования	Рекомендуемая конструкция литниковой системы
Повышенная склонность к окисляемости в расплавленном состоянии. Низкое теплосодержание и малое статическое давление расплавленного металла. Повышенная литейная усадка сплавов, легированных цирконием	Отливка в форме должна располагаться с учетом обеспечения направленной кристаллизации. Массивные части должны размещаться над менее массивными. Стенки с большой поверхностью следует располагать вертикально, а подвергаемые механической обработке — вверху относительно направления заливки	Для мелких и средних отливок — нижняя; для средних тонкостенных отливок — вертикально-щелевая; для крупных отливок — вертикально-щелевая или комбинированная литниковые системы

Примечание. При изготовлении отливок, имеющих высоту более 200 мм, рекомендуется применять змееобразные стояки.

### 1.17. Удельная скорость заливки

Сплав	Удельная скорость заливки $k_y$ в кг/(см <sup>3</sup> ·с) при плотности металла отливки $\gamma$ , кг/дм <sup>3</sup>						
	1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6
Чугун	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,15
Сталь	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,90	0,95
Медные сплавы (кроме алюминиевой бронзы)	0,35	0,45	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
Алюминиевая бронза	0,30	0,40	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
Алюминиевые сплавы	0,25	0,35	0,45	—	—	—	—

Примечание. Значения скорости заливки приведены для сырых форм. Для сухих форм их увеличивают в 1,3 раза.

Для проверок расчетов в табл. 1.17 приведены ориентировочные значения удельной скорости заливки отливок из различных сплавов. Правильность расчета литниковой системы проверяют сопоставлением фактической скорости заливки с удельной скоростью. При их несоответствии проводят корректировку сечений элементов литниковой системы.

Для уменьшения скорости заполнения формы, а также частичного задержания неметаллических включений во многих случаях применяют металлические сетки из листового железа толщиной 0,3—0,5 мм или из кремнийорганической ткани, устанавливаемые под стояк.

### 1.9. Прибыли

Для питания массивных частей при затвердевании кроме бобышек используют прибыли. Их применяют при изготовлении отливок из высокопрочных, высоколегированных чугунов, сталей, а также цветных сплавов, склонных к образованию усадочных дефектов. Отливки из серого чугуна отливают с прибылями, если литые детали имеют толстостенные сечения или места, которые нельзя подпитать с помощью питающих бобышек.

Размеры прибылей определяют по формулам, графикам или заводским стандартам с учетом того, что прибыль должна затвердевать после теплового узла, который она питает. Размеры верхних прибылей находят методом построения вписанных окружностей. В подпитываемый узел вписывают окружность диаметром  $d$ , и по направлению к прибыли назначают припуски так, чтобы вышерасположенный диаметр был больше нижнего,

т. е.  $d < d_1 < d_2 < d_3$  (рис. 1.5), Масса расплава в прибыли должна составлять 0,8—1,5 массы питаемого узла отливки.

Прибыли располагают у частей отливки, которые затвердевают последними. Наиболее эффективны прибыли, установленные на верхних поверхностях отливки по отношению к ее питаемым частям. Боковые прибыли размещают так, чтобы верхний уровень находящегося в них расплава был выше верхней точки питаемого узла. В некоторых случаях применяют несколько прибылей и питающих бобышек.

При изготовлении отливок в песчаных формах объем образующихся литейных раковин определяют по формуле  $V_p = \beta (V_n + V_o)$ , где  $V_n$ ,  $V_o$ —соответственно объемы прибыли и отливки;  $\beta$ —коэффициент объемной усадки при затвердевании. Если отнести 20 % на запас объема прибыли, то после преобразования первого уравнения получим

$$\frac{V_n}{V_o} = \frac{1,2m\beta}{1-m\beta}, \text{ где } m = \frac{V_n}{V_o}.$$

Критерий направленности затвердевания  $K_{н.з}$  отливки и прибыли оценивается соотношением количества теплоты, отходящей от нижней поверхности к прибыли  $Q_n$ , к количеству теплоты, отходящей от боковой поверхности  $Q_6$ :  $K_{н.з} = \frac{Q_n}{Q_6} = \frac{K_n F_n}{K_6 F_6}$ , где  $K_n$ ,  $K_6$ —константы затвердевания металла на нижней и боковой плоскостях отливки;  $F_n$ ,  $F_6$ —соответственно их площади. Применяемые материалы имеют следующие константы затвердевания: 2,8—медный кристаллизатор; 2,36—чугунный кристаллизатор; 1,25—шамотный кирпич; 1,27—кремнистый песок; 0,89—теплоизоляционный материал; 0,78—экзотермическая смесь и т. д.

При расчете объема образующейся усадочной раковины применяют также коэффициент линейной усадки, зависящий от конфигурации и размеров отливки. Его определяют по таблице в зависимости от вида сплава.

Затвердевший в полости прибыли металл удаляют с поверхности отливки огневыми способами и механической обработкой. Для уменьшения трудоемкости этой операции между полостью 2 (см. эскиз к табл. 1.18) и полостью 1 формы устанавливают тонкие разделительные пластины, окрашенные противопожарными красками, или стержни, изготовленные из песчано-глинистой смеси (табл. 1.18),

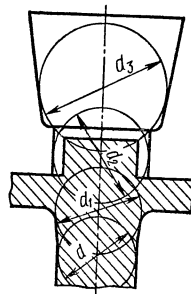
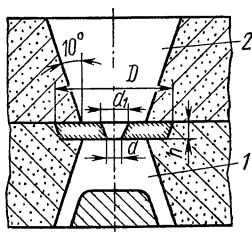


Рис. 1.5. Схема к расчету размеров прибыли

### 1.18. Номинальные размеры разделительных пластинок и стержней для прибылей круглого сечения и стержней для прибылей круглого сечения



Диаметр прибыли, мм	Разделительный элемент	Высота <i>h</i> , мм	Диаметр, мм		
			отверстия		стержня <i>D</i>
			нижне- го <i>d</i>	верхне- го <i>d</i> <sub>1</sub>	
100	Пластина из листового железа	1	25	25	130
130		1	30	30	160
160		1	35	35	190
200	Стержень из песчаной смеси (см. эскиз)	12	40	45	230
250		14	50	58	280
300		16	60	68	330
301—500		35	75	85	400—600
501—750		50	90	100	600—850
751—1000		70	120	140	850—1100
1001	80	150	160	1100	

Примечания: 1. Разделительные стержни для прибылей изготовляют с использованием стержневых каркасов. 2. Разделительные стержни больших размеров могут изготовляться из нескольких частей. 3. Отверстие прибыли, имеющей прямоугольное сечение, должно быть не менее  $\frac{1}{4}$  ширины и  $\frac{1}{2}$  длины нижнего сечения прибыли. 4. Для остальных отливок размер соединительного канала (отверстие в стержне или пластине) увеличивают на 10—15%. 5. Если прибыли открытые, то при заливке форм производят долив расплава на  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  высоты прибыли в момент ее заполнения.

Экономия металла и увеличение плотности отливки обеспечивают прибыли, работающие под повышенным давлением. При сборке форм в полость прибыли вставляют патроны из веществ (мел, негашеная известь, древесный уголь или кокс), выделяющих газы при нагревании. Патрон, покрытый сверху шамотной или глиняной оболочкой, крепят к форме шпилькой в верхней по направлению заливки части прибыли. Газы, образующиеся

при нагреве патрона, создают давление над поверхностью расплава в прибыли, что повышает эффективность ее работы. При этом достигается уменьшение расхода металла на питающие системы в 2—3 раза. Повышенное давление можно создать также подводом в полость прибыли сжатого воздуха к моменту окончания заливки.

Масса заряда патрона зависит от массы металла в ней. Так, при массе прибыли 100 кг нужен заряд массой 2,5 кг, при 200 кг — 10 г, 400 кг — 20 г.

Для повышения эффективной работы прибылей используют также теплоизолирующие и экзотермические смеси, позволяющие замедлить отвод теплоты от стенок и зеркала прибыли. При изготовлении формы места установки прибылей футеруют указанными материалами или производят вставку стержней, изготовленных из этих же смесей. Хорошая термоизоляция продлевает затвердевание прибыли почти так же, как и экзотермические материалы в аналогичных условиях формования отливки. Теплоизолирующие смеси готовят с использованием асбеста, кокса, высокоглиноземной ваты, а экзотермические — с применением алюминиевого порошка.

### 1.10. Холодильники

Холодильниками называют металлические вставки, которые устанавливают в литейную форму для ускоренного охлаждения частей отливки. Холодильники, обладая большей теплопроводностью и теплоемкостью, чем материал стенок песчаных форм и стержней, выравнивают скорость охлаждения в тонких и толстых частях отливки, а также создают направленное затвердевание. Различают холодильники наружные и внутренние (по отношению к отливке).

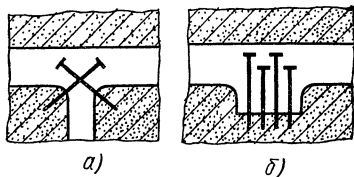


Рис. 1.6. Внутренние холодильники (а, б)

Наружные холодильники изготовляют из чугунов СЧ 18 и СЧ 20, а в некоторых случаях — из стали. Внутренние холодильники чаще всего выполняют из того же материала, что и отливки, для обеспечения их полного расплавления в теле отливки.

Внутренние холодильники (рис. 1.6) устанавливают в труднодоступных массивных частях; их объем составляет 8—12 % объема металла в захлаживаемом месте отливки.

### 1.11. Определение оптовой цены отливок

**Классификация отливок.** В зависимости от назначения и требований, предъявляемых к литым деталям, отливки независимо от способа их изготовления делят на три группы: общего, ответственного и особо ответственного назначения (см. табл. 1.2).

В зависимости от объема приемно-сдаточных испытаний отраслевыми стандартами предусмотрено деление отливок из сплавов цветных металлов на три группы.

К I группе относят отливки, контроль механических свойств которых осуществляют выборочно на образцах, вырезанных из тела контролируемых отливок, с одновременным испытанием механических свойств на отдельно отлитых образцах от каждой плавки или поштучно на образцах, вырезанных из прилитых к каждой отливке заготовок. Контроль на плотность рентгеновским излучением выполняют поштучно.

Ко II группе относят отливки, механические свойства которых определяют на отдельно отлитых образцах или на образцах, вырезанных из прилитых к отливке заготовок, а также по требованию завода-потребителя на образцах, вырезанных из отливок (выборочно). Поштучный или выборочный контроль на плотность выполняют рентгеновским излучением (для отливок группы IIa контроль на плотность не производят).

К III группе относят отливки, у которых контролируют только твердость. По требованию завода-потребителя производят контроль механических свойств на отдельно отлитых образцах.

Отнесение отливок к соответствующей группе производится конструктором и оговаривается в чертеже.

В зависимости от способа изготовления, конфигурации поверхностей, массы, максимального геометрического размера, толщины стенок, характеристики выступов ребер, утолщений, отверстий, количества стержней, характера механической обработки и шероховатости обработанных поверхностей, назначения и особых технических требований предусмотрено деление отливок на 5—6 групп сложности (литье в песчаные формы и под давлением—6 групп; литье в кокиль, по выплавляемым моделям и в оболочковые формы—5 групп).

Группа сложности отливки определяется по наибольшему числу признаков, совпадающих с признаками, приведенными в табл. 1.19 и 1.20. При этом число совпадающих признаков должно быть не менее пяти или четырех для шести- или пятигрупповой классификации соответственно. При меньшем числе совпадающих признаков применяют способ группировки отливок последовательным отнесением их, начиная с более высоких групп сложности, до группы, при которой достигается необходимое

1.19. Классификационные признаки групп сложности отливок, изготовленных литьем под давлением

Основные признаки сложности отливок	Группа сложности $\bar{F}$						
	1	2	3	4	5	6	
Конфигурация поверхностей	Сочетание плоских, цилиндрических и полусферических поверхностей; бобышки, ребра и отверстия. Внутренняя поверхность прослойки. Возмещение многоместных форм	Сочетание плоских, цилиндрических и криволинейных поверхностей; бобышки, ребра и отверстия. Внутренняя поверхность прослойки. Возмещение многоместных форм	Сочетание плоских, цилиндрических и криволинейных поверхностей; бобышки, ребра, глубокие пазы и отверстия, литая резьба и зубья. Внутренняя поверхность простой формы	Сочетание плоских, цилиндрических, сферических и криволинейных поверхностей; ребра, глубокие пазы и отверстия. Внутренние полости сложной формы	Сочетание плоских, цилиндрических, конусных, сферических и криволинейных поверхностей; ребра, паза, параллельно или радиально расположенные ребра, приливы, глубокие отверстия и полости	Сочетание плоских, цилиндрических и криволинейных поверхностей; ребра, приливы, глубокие отверстия и полости	Сочетание плоских, цилиндрических и криволинейных поверхностей; ребра, приливы, глубокие отверстия и полости

Основные признаки сложности отливок	Группа сложности					
	1	2	3	4	5	6
Масса сплавов, кг: алюминий-вых и магниевых цинковых, оловянных и свинцовых медных Максимальный габаритный размер, мм Толщина основных стенок отливок, мм, из сплавов: алюминий-вых и магниевых	0,5  0,8 0,8 150	0,5—2,5  0,8—4 0,9—4 151—250	2,5—4,5  4—8,5 4—8,5 251—350	4,5—12  8,5—22 8,5—12 351—450	12—20  22—30 12—20 450—550	20  30 20 550
6,5	6,5—5,5	5,5—4,5	4,5—3,5	3,5—2,5	2,5	

Основные признаки сложности отливков	Группа сложности					
	1	2	3	4	5	6
ЦИНКОВЫХ и ОЛОВЯН- НЫХ медных Число по- лостей и от- верстий, вы- полняемых неподвижны- ми стержня- ми, располо- женными на пуансоне	6 7 5	6-5 7-6 6-8	5-4 6-5 9-12	4-3 5-4 13-16	3-2 4-3 17-20	2 3 20
Число по- лостей и от- верстий, вы- полняемых подвижными стержнями, расположен- ными по бо- кам формы	2	3	4	5-6	7-8	8

Основные признаки сложности отливков	Группа сложности					
	1	2	3	4	5	6
<p>Число вкладываемых, армирующих или формуемых резью</p> <p>Характер механической обработки литой детали и требования к шероховатости механических обработанных поверхностей</p>	1	2—3	4—5	6—8	9—11	11
	<p>Без обработки или обрабатывается 10 % поверхности (сверление, зенкерование, растачивание, фрезерование); <math>Rz = 320 \div 10</math>, <math>Rz = 100 \div 2,5</math> мкм</p>	<p>Обрабатывается до 15 % поверхности (сверление, зенкерование, токарное, растачивание, фрезерование); <math>Rz = 10 \div 5</math>, <math>Rz = 2,5 \div 1,25</math> мкм</p>	<p>Обрабатывается до 20 % поверхности (сверление, зенкерование, токарное, растачивание) <math>Rz = 5 \div 2,5</math>, <math>Rz = 0,63 \div 0,16</math> мкм</p>	<p>Обрабатывается до 25 % поверхности (сверление, зенкерование, токарное, растачивание, фрезерование, доводка); <math>Rz = 2,5 \div 0,63</math>, <math>Rz = 0,63 \div 0,16</math> мкм</p>	<p>Обрабатывается 30 % поверхности (сверление, зенкерование, растачивание, фрезерование, доводка); <math>Rz = 0,63 \div 0,32</math>, <math>Rz = 0,16 \div 0,08</math> мкм</p>	<p>Обрабатывается до 30 % поверхности (сверление, токарное, зенкерование, растачивание, фрезерование, доводка, полирование); <math>Rz = 0,63 \div 0,32</math>, <math>Rz = 0,16 \div 0,08</math> мкм</p>

Продолжение табл. 1.19

Основные признаки сложности отливков	Группа сложности					
	1	2	3	4	5	6
Назначение Особые технические требования		Общее Не предъявляются		По химическому составу и механическим свойствам, а также плотности при давлении $6 \cdot 10^5$ Па	По химическому составу, механическим и физическим свойствам, структуре, а также плотности при давлении $12 \cdot 10^5$ Па	По химическому составу, механическим и физическим свойствам, структуре, газонасыщенности, а также плотности при рабочем давлении $12 \cdot 10^5$ Па

## 1.20. Классификационные признаки групп сложности отливок при литье в кокиль и центробежным способом

Основные признаки сложности отливки	Группа сложности				
	1	2	3	4	5
Конфигурация поверхностей	Плоская, цилиндрическая, допускающая применение вытравленных или многоугольных кокилей	Открытой кобчатой, полусферической, цилиндрической формы, допускающей применение кокилей с одним разъемом	Прямолинейные и криволинейные поверхности сложных очертаний с выступами и поднутрениями, ребрами, окнами, требующими применения кокилей с двумя-тремя разъемами	Пересечение прямолинейных, цилиндрических и криволинейных поверхностей с выступами, поднутрениями, ребрами, окнами, требующими применения кокилей, имеющих до четырех разъемов	Пересечение прямолинейных, цилиндрических и криволинейных поверхностей с выступами, поднутрениями, ребрами, окнами, требующими использования кокилей с более чем четырьмя

Основные признаки сложности отливки	Группа сложности				
	1	2	3	4	5
Масса сплавов, кг:	8	8—15	15—30	30—75	75
	1500	1500—1800	1800—2000	200—2300	2300
Максимальный габаритный размер, мм:	300	300—500	500—700	700—1000	1000
	1000	1000—1200	1200—1500	1500—2000	2000
Толщина основных стенок, мм	20	20—16	16—10	10—5	5

Основные признаки сложности отливки	Группа сложности				
	1	2	3	4	5
<p>До 10 мм</p> <p>Характеристика ребер, выступов, углублений, отверстий</p> <p>1 Число частей кокиля</p> <p>2 Число отъемных частей кокиля и стержней</p> <p>Характер механической обработки отливки и требования к шероховатости механически обработанных поверхностей</p>	<p>До 20 мм</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>Обрабатывается 15 % поверхности, в основном сверление, наружное точение, торцовое фрезерование; <math>Rz=10 \div 5</math>; <math>Rz=100 \div 2,5</math> мкм</p>	<p>До 25 мм, легкие доступные для очистки и покраски</p> <p>3—4</p> <p>3—4</p> <p>Обрабатывается 20 % поверхности, в том числе фрезерование внутренних поверхностей, растачивание, шлифование; <math>Rz=5 \div 2,5</math>; <math>Rz=1,25 \div 0,63</math> мкм</p>	<p>До 30 мм, затрудняющие очистку и покраску</p> <p>5—7</p> <p>5—9</p> <p>Обрабатывается 25 % поверхности. Обработка включает шлифование, притирку, полирование; <math>Rz=2,5 \div 0,63</math>, <math>Rz=0,63 \div 0,16</math> мкм</p>	<p>До 30 мм с трудной очисткой и покраской</p> <p>7</p> <p>9</p> <p>Обрабатывается более 25 % поверхности. Обработка включает доводку, суперфинишование; хонингование; <math>Rz=0,63 \div 0,025</math>; <math>Rz=0,16 \div 0,08</math> мкм</p>	

Продолжение табл. 1.20

Основные признаки сложности отливки	Группа сложности				
	1	2	3	4	5
Группа по назначению	Отливки общего назначения		Отливки ответственного назначения		Отливки особо ответственного назначения
Особые технические требования	Не предъявляются		По химическому составу или механическим свойствам, а также плотности при рабочем давлении $6 \cdot 10^6$ Па	По химическому составу и механическим свойствам, а также плотности при рабочем давлении до $30 \cdot 10^6$ Па	По химическому составу, механическим и физическим свойствам, металлографической структуре, а также плотности при рабочем давлении более $30 \cdot 10^6$ Па

**1.21. Оптовые цены на отливки из алюминиевых сплавов  
АЛ2, АЛ4, АЛ9, руб/т**

Масса одной отливки, кг	Группа сложности				
	1	2	3	4	5
<b>Литье под давлением</b>					
До 0,063	1230	1345	1415	1490	1550
0,063—0,16	1195	1280	1345	1400	1450
0,63—1,0	1060	1105	1130	1155	1185
1,0—1,6	1040	1075	1105	1130	1150
1,6—4,0	1025	1040	1050	1075	1095
4,0—6,3	1015	1030	1040	1060	1070
6,3—10,0	995	1015	1025	1030	1040
и более					
<b>Литье в кокиль</b>					
До 0,063	1180	1315	1435	1535	1635
0,063—0,16	1175	1310	1415	1525	1615
0,25—0,4	1160	1285	1390	1480	1565
0,63—1,0	1150	1270	1365	1450	1535
2,5—4,0	1135	1250	1340	1415	1490
6,3—10,0	1125	1230	1315	1390	1460
16,0—25,0	1115	1215	1295	1370	1435
25,0—100,0	1105	1200	1280	1350	1415
<b>Литье в песчаные формы</b>					
До 0,063	1905	2076	2210	2407	2644
0,063—0,16	1841	2022	2158	2357	2605
0,16—0,25	1725	1907	2067	2278	2507
0,63—1,0	1581	1765	1934	2163	2402
1,0—1,6	1538	1720	1900	2127	2369
2,5—4,0	1463	1643	1831	2057	2297
6,3—10,0	1398	1574	1765	1994	2232
10,0—16,0	1368	1542	1733	1964	2200
25,0—40,0	1315	1484	1677	1905	2141
63,0—100,0	1268	1429	1622	1857	2092

число условно совпадающих признаков. Если приведенные в табл. 1.19 и 1.20 признаки для нескольких групп сложности совпадают, то принимают признак по более высокой группе. При равенстве числа признаков по двум группам сложности отливку относят к группе, для определения которой использовался признак «Конфигурация поверхностей».

**Оптовые цены на отливки.** Установление оптовой цены на отливки из сплавов цветных металлов производят с учетом группы сложности отливок, их массы, способа литья, оптовых цен на цветные металлы и сплавы. По мере увеличения сложности отливок и уменьшения массы оптовая цена их возрастает. Так, цена отливок, полученных литьем в песчаные формы, более высокая, чем цена таких же отливок, изготовленных литьем в кокиль или под давлением (табл. 1,21).

## 2. МОДЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

### 2.1. Классификация модельных комплектов

К наиболее трудоемкой и сложной в изготовлении технологической оснастке литейного производства относится модельный комплект. Модельный комплект—это совокупность приспособлений, предназначенных для изготовления стержней и получения рабочих полостей в литейной форме; включает литейную модель, стержневые ящики, модели элементов литниковой системы, шаблоны и каркасные щитки.

Модельные комплекты классифицируют по способу изготовления литейной формы, габаритным размерам, сложности конструкции и роду материалов.

По способу изготовления литейной формы различают модельные комплекты для машинной и ручной формовки. Модели ручной формовки могут иметь один-два и более разъемов, а также отъемные части. Для машинной формовки целесообразно использовать модели более простой конфигурации, без отъемных частей и по возможности с одним разъемом.

По габаритным размерам различают мелкие и крупные модельные комплекты. Мелкие модели и стержневые ящики имеют максимальный габаритный размер до 500 мм, средние—500—1500 мм, крупные—свыше 1500 мм.

По сложности конструкции модельные комплекты классифицируют на простые, средней сложности и сложные. Простые—это неразъемные или разъемные мелкие и средние модели и стержневые ящики, имеющие прямолинейную или цилиндрическую форму. Количество стержневых ящиков в модельном комплекте один-два; в нем отсутствуют щитки и шаблоны. Модели не имеют бобышек, взаимно пересекающихся отверстий, а также переплетений ребер.

К модельным комплектам средней сложности относят неразъемные или разъемные модели и стержневые ящики любого габаритного размера. Стержневые ящики и контуры моделей имеют несложные переходы, не требующие их выполнения по шаблонам с использованием ручного инструмента. В модельный комплект входят щитки, прямолинейные и с незначительными искривлениями шаблоны. На моделях имеются бобышки, взаимно пересекающиеся отверстия и прямолинейные ребра.

Сложные модельные комплекты—это модели и стержневые ящики любых габаритных размеров, имеющие сложные контуры, а также криволинейные переходы, выполняемые по шаблонам с применением ручного инструмента. Модели и стержневые ящики имеют бобышки, знаковые части, взаимно пересекаю-

## 2.1. Сравнительная характеристика материалов для модельных комплектов

Материал	Достоинства	Недостатки
Сосна, ель, бук и др.	Хорошая обрабатываемость, низкая стоимость	Склонность к деформации (коробление, усушка), низкая прочность
Алюминиевые сплавы (АК5М2, АК5М7, АК7М2 и др.)	Хорошая обрабатываемость, антикоррозийность, низкая плотность	Низкая прочность и высокая стоимость
Серый чугун ниже марки СЧ 15	Высокая прочность, хорошая обрабатываемость	Склонность к коррозии, высокая плотность
Стали марок 15—50, Ст0—Ст6	Высокая прочность и малая шероховатость обработанной поверхности	То же
Бронза и латунь	Высокая прочность и малая шероховатость обработанной поверхности, неокисляемость	Большая плотность и высокая стоимость
Свинцово-сурьмянистые сплавы (5 % Zn, 15 % Sb, остальное Pb или 15 % Sb, 14 % Bi, остальное Pb)	Хорошая обрабатываемость	Большая плотность и высокая стоимость, низкая прочность
Гипс кальцинированный или строительный: 50 % гипса, 50 % воды	Простота изготовления модельного комплекта, низкая стоимость	Высокая шероховатость обработанной поверхности, низкая прочность
Цемент: 50 % цемента, 50 % кварцевого песка	Простота изготовления модельного комплекта	То же
Пластмассы: ЭД-20, ЭД-16, акриловые самотвердеющие составы	Высокая прочность, простота изготовления модельного комплекта, не требующая, практически, обработки резанием	Токсичность
Пенополистирол	Простота изготовления модельного комплекта, низкая плотность	Разовое использование (газифицируются)

Примечание. Ориентировочная стоимость изготовления модельного комплекта из дерева, алюминиевых сплавов, чугуна, стали относится как 1:8:12:15.

## 2.2. Примерный срок эксплуатации модельных комплектов до капитального ремонта

Максимальное число формовок для модельных комплектов						Область применения
мел- ких	сред- них	круп- ных	мелких	средних	круп- ных	
Ручная формовка			Машинная формовка			

### Д е р е в я н н ы х

500	250	100	1000	500	300	При единичном и мелкосерийном производстве отливок I, II, III весовых групп. При любой серийности заказа для IV весовой группы отливок
-----	-----	-----	------	-----	-----	--

### А л ю м и н и е в ы х

—	—	3000	50 000	30 000	10 000	При серийном, крупносерийном и массовом производстве отливок I, II и III (частично) весовых групп
---	---	------	--------	--------	--------	---

### Ч у г у н н ы х

—	—	—	100 000	75 000	—	При крупносерийном производстве отливок I—II весовых групп
---	---	---	---------	--------	---	--

### С т а л ь н ы х

—	—	—	100 000	—	—	При крупносерийном и массовом производстве отливок I весовой группы
---	---	---	---------	---	---	---

### Б р о н з о в ы х и л а т у н н ы х

—	—	—	—	150 000	—	При массовом производстве отливок массой до 5 кг
---	---	---	---	---------	---	--

### С в и н ц о в о - с у р ь м я н и с т ы х

500	—	—	3000	—	—	При мелкосерийном производстве отливок I весовой группы
-----	---	---	------	---	---	---

### Г и п с о в ы х

250	100	—	1000	500	—	То же
-----	-----	---	------	-----	---	-------

### Ц е м е н т н ы х

—	350	—	—	1000	—	При серийном производстве отливок II весовой группы
---	-----	---	---	------	---	---

Максимальное число формовок для модельных комплектов						Область применения
мелких	средних	крупных	мелких	средних	крупных	
Ручная формовка			Машинная формовка			

## Пластмассовых

—	—	—	50 000	30 000	—	При массовом, крупносерийном и серийном производстве отливок I—II весовых групп
---	---	---	--------	--------	---	---

## Пенополистироловых

100	20	2	200	—	—	При мелкосерийном и единичном производстве отливок I—IV весовых групп
-----	----	---	-----	---	---	---

щиеся отверстия, прямолинейные и криволинейные ребра. В модельный комплект входят щитки и шаблоны.

По роду материала, применяемого для изготовления модельных комплектов, их классифицируют на деревянные, металлические и неметаллические (пластмассовые, гипсовые, пенополистироловые и др.). Материал для модельного комплекта выбирают в зависимости от типа производства и серийного заказа (табл. 2.1, 2.2) на изготовление отливок.

Модельные комплекты изготовляют по рабочим чертежам деталей с нанесенной на них литейной технологией. Для обработки древесины в модельных цехах применяют деревообрабатывающие станки; заготовки и детали металлических и неметаллических (пластмассовых) модельных комплектов обрабатывают на металлорежущих станках.

## 2.2. Формовочные уклоны и припуски на усадку сплавов

**Формовочные уклоны.** Формовочными называют уклоны, выполненные на вертикальных стенках моделей, некоторых стержневых ящиков, а также на углублениях и выступах элементов модельного комплекта. Формовочные уклоны на рабочих поверхностях делают в том случае, если в отливке не предусмотрены конструктивные уклоны. Формовочные уклоны выполняют в направлении извлечения модели из формы или стержня

из стержневого ящика. Формовочные уклоны выполняют (табл. 2.3):

### 2.3. Формовочные уклоны

Высота $h$ поверхности модели, извлекаемой из формы, мм	Угол наклона $\beta$ поверхностей			
	образующих полость формы		образующих узкие выступы и углубления в полости формы	
	Металли- ческая я, пластмассовая модели	Деревянная модель	Металли- ческая, пластмассовая модели	Деревянная модель
$\leq 20$	1°30'	3°	3°	3°
21—50	1°	1°30'	2°	2°30'
51—100	0°45'	1°	1°	1°30'
101—200	0°30'	0°45'	0°45'	1°
201—300	0°30'	0°30'	0°45'	1°
301—800	0°20'	0°30'	0°30'	0°45'
801—2000	—	0°20'	—	0°30'
> 2000	—	—	—	0°15'

на обрабатываемых поверхностях за счет увеличения размера отливки сверх припуска на механическую обработку;

на необрабатываемых поверхностях, которые не сопрягаются с другими деталями за счет одновременного увеличения и уменьшения номинального размера отливки, начиная с его середины;

на необрабатываемых поверхностях, которые сопрягаются с другими деталями увеличением или уменьшением номинального размера отливки на величину уклона.

**Припуски на усадку сплава.** Усадкой называют уменьшение объема сплава при переходе его из жидкого состояния в твердое и при охлаждении в твердом состоянии. Одни и те же сплавы могут давать различную усадку, зависящую от размеров и сложности отливок, а также применяемых при их изготовлении формовочных и стержневых смесей. Так, крупные и круглые полые отливки практически не дают усадки по диаметру, в то время как по высоте она имеется. В сложных отливках, имеющих полости и ребра, линейная усадка получается неполной ввиду торможения ее со стороны формы. Величину усадки выражают в процентах (табл. 2.4) и проставляют на чертеже литой детали.

При изготовлении модельных комплектов, размеры которых должны быть больше размеров литой детали, указанных на чертеже, применяют специальные усадочные линейки.

## 2.4. Литейная усадка

Сплав	Характеристика размеров отливки	Весовая группа отливки	Линейная усадка, %
Серый чугун	Мелкие Средние Крупные, очень крупные	I II III, IV	0,75—10 0,5—1,0 0,5—0,75
Углеродистая сталь	Мелкие Средние Крупные, очень крупные	I II III, IV	1,5—2,2 1,5—2,0 1,4—1,8
Медные сплавы	Мелкие Средние Крупные	I II III	1,5—1,8 1,0—1,5 0,75—1,0
Алюминиевые и магниевые сплавы	Мелкие Средние Крупные	I II III	1,0—1,2 0,75—1,0 0,5—1,0

## 2.3. Деревянные модельные комплекты

**Древесные материалы.** Одним из основных материалов, применяемых для изготовления модельных комплектов в условиях единичного и мелкосерийного производства, является дерево. Свежесрубленное дерево имеет влажность  $\omega = 50 \div 150$  %. Поэтому перед распиливанием на доски и бруски стандартных размеров его подвергают предварительной естественной или чаще искусственной сушке до остаточной влажности 10—12 %. Содержание влаги в древесине определяют по формуле:  $\omega = [(G_1 - G_2)/G_2] 100$  %, где  $G_1$  — масса образца до сушки;  $G_2$  — масса образца после сушки.

По мере удаления влаги древесина в различных направлениях усыхает неодинаково: вдоль волокон сушка очень незначительна, около 0—1 %; в радиальном — 3—8 % и тангенциальном — 5—12 %. Величину усушки определяют по формуле  $U = [(a - a_1)/a_1] 100$  %, где  $a$  — размер образца до высушивания;  $a_1$  — размер образца после высушивания.

Усушка вызывает коробление, особенно досок, в сторону, противоположную направлению годовичных слоев (выпуклостью к сердцевине). Для уменьшения коробления, влияющего на гео-

метрию и прочность модельного комплекта, доски при склеивании (сплачивании) щитов или других заготовок располагают так, чтобы годовые кольца у смежных досок были направлены в противоположные стороны.

**Классы прочности.** Деревянные модельные комплекты, предназначенные для изготовления литейных песчано-глинистых форм, подразделяют на три класса. Класс прочности модельного комплекта назначают при разработке литейной технологии в зависимости от типа производства и назначения отливок (табл. 2.5).

Для изготовления модельных комплектов применяют древесину без гнилей, сучков и других пороков. В табл. 2.6 приведены особенности изготовления модельных комплектов, а на рис. 2.1—2.11—графические изображения, поясняющие эти особенности.

### 2.5. Классы прочности модельных комплектов

Классы прочности	Область применения
I	Серийное и мелкосерийное (при повторяющихся периодически заказах) производство отливок
II	Серийное и мелкосерийное производство отливок единовременного заказа. Единичное производство крупных и геометрически сложных средних отливок
III	Единичное производство всех видов отливок

**Нормы точности.** Деревянные модели и стержневые ящики изготавливают трех классов точности соответственно классам точности отливок.

Точность изготовления модельных комплектов зависит от серийности заказа на отливку: чем выше серия, тем выше должен быть класс точности модельного комплекта. В табл. 2.15 приведены максимально допускаемые отклонения по измеряемым размерам.

**Особенности изготовления стержневых ящиков для машинной формовки.** Стержни изготавливают в неразъемных (вытряхных и выбивных) стержневых ящиках, как одногнездных, так и многогнездных, верхняя часть которых параллельна основанию. Стержневые ящики для машинного изготовления стержней выполняют без съемных частей и глубоких поднутрений строго определенных габаритных размеров. Габаритные размеры указывают на чертеже со ссылкой на стандарт предприятия или специальный чертеж, определяющий конструкцию и размеры устройств

## 2.6. Особенности изготовления модельных комплектов

Классы прочности		
I	II	III

### Сплачивание древесины

Доски располагают так, чтобы годовичные кольца при кромочном сплачивании (рис. 2.1, а) у смежных досок были направлены в противоположные стороны, а при пластовом (рис. 2.1, б) — в одну сторону. Ширина сплачиваемых досок не должна превышать:

110 мм	130 мм	150 мм
--------	--------	--------

Для склеивания применяют поливинилацетатную эмульсию СВ, казеиновый (0Б, В107) и мездровый клен

### Вязка коробчатых заготовок

Прямые и типа «ласточкин хвост» шипами на клею, а также встык нагелями на клею. Дополнительную шпонку 1 (рис. 2.2, а, б) размещают с внутренней или наружной стороны углового соединения и крепят шурупами. Толщина досок не менее  $S_0 = 40$  мм

Встык (рис. 2.2, в) нагелями на клею, расположенными под углом друг к другу, с дополнительным упрочнением некоторых соединений гвоздями 2. Шиповая вязка по необходимости. Толщина досок не лимитируется, но должна обеспечивать необходимую прочность и жесткость

### Вязка рамных заготовок

Переклейкой, но не менее трех слоев с дополнительным креплением нагелями, шурупами, гвоздями. Выступающие части (например, знаки) крепят на выступающие части рамы (рис. 2.3, а). Расстояние между перегородками А не должно превышать 600 мм.

Встык нагелями на клею, как и для коробчатых заготовок III класса прочности. Толщина досок 40 мм. Дополнительное крепление шпонками, нагелями (рис. 2.3, б).  $A = 700$  мм

### Вязка дисковых и кольцевых заготовок

Склеивают послойно, но не менее трех слоев, составленных из досок (рис. 2.4, а), секторов (б, в) и сегментов (г), дополняемые на токарных и фрезерных станках, должны выдерживаться после склейки не менее трех суток. Ширина сегментов и их число в ряду приведены в табл. 2.7.

Классы прочности		
I	II	III

**Соединение разъемных моделей и стержневых ящиков**

<p>С помощью дюбелей (рис. 2.5, а, б) и втулок (в), размеры которых приведены в табл. 2.8, 2.9</p>	<p>Деревянными шипами 16—32 мм. В крупных моделях шипы делают прямоугольными, выступающая часть их цилиндрическая длиной 5—8 мм</p>
--	---

Смещение одной половинки модели или стержневого ящика относительно другой не должно превышать для моделей и стержневых ящиков: крупных—0,8 мм, средних—0,5 мм, мелких—0,3 мм.

**Скрепление разъемных стержневых ящиков**

<p>Неразъемные (вытряхные). В отдельных случаях допускаются разъемные</p>	<p>Двухугольными (рис. 2.6, а, б) и одноугольными болтовыми стяжками. Расстояние между стяжными болтами не превышает 500 мм Для крупных стержневых ящиков устраивают дополнительные болтовые крепления в средней (по длине) части стержневого ящика</p>
---	---

Клиновыми стяжками и скобами из металла (рис. 2.6, в). Для III класса прочности допускаются деревянные зажимы. Расстояние между крепежными приспособлениями не превышает 300 мм

**Выполнение галтелей радиусом, мм**

<p align="center"><math>R &gt; 5</math></p> <p>В основном теле модели или стержневого ящика (рис. 2.7, а), врезкой планок деревянных или пластмассовых (б), а также накладными рамками (в). Галтели <math>R &lt; 5</math> мм подмазывают шпатлевкой (2)</p>	<p align="center"><math>R &gt; 10</math></p> <p>Вклейкой планок из дерева (в некоторых случаях врезкой), накладными планками или маяками (рис. 2.7, е). Галтели <math>R &lt; 10</math> мм подмазывают шпатлевкой (3)</p>	<p align="center"><math>R &gt; 15</math></p> <p>Вклейкой планок из дерева (рис. 2.7, д) маяками (е). Галтели <math>R &lt; 15</math> мм подмазывают шпатлевкой (е)</p>
---	--	---

Классы прочности		
I	II	III

## Облицовка рабочих поверхностей

Направление волокон древесины на боковых и торцовых плоскостях должно совпадать с направлением извлечения модели из формы. Направление волокон может быть перпендикулярным направлению извлечения модели из формы, если ширина досок облицовочного щита не превышает 100 мм, а модель высотой до 300 мм

Направление волокон древесины может не совпадать с направлением извлечения модели из формы, если расположение волокон на плоскостях модели не указано на чертеже

Наибольшая ширина клепки (мм) соответственно для облицовочных щитов прямолинейных, круглых с граненым и с круглым основаниями (в скобках после числового значения ширины указана толщина клепки):

110(40)	130(40)	140(32)
100(40)	100(40)	100(32)
70(40)	70(40)	70(32)

## Выполнение отъемных и быстроизнашивающихся выступающих частей

Из металла и пластмассы. По необходимости металл заменяют древесиной твердых пород или древесным слоистым пластиком ДСП-Б, ДСП-В. Отъемные и выступающие части окантовывают полосовой сталью от 2 до 3 мм при длине окантовки до 800 мм, от 3 до 5 мм при длине окантовки свыше 800 мм

Из твердых пород древесины или древесных слоистых пластиков ДСП-Б, ДСП-В. Так же, как и для моделей I класса прочности, производят окантовку полосовой сталью

Ширина окантовки не менее 30 мм. Пластины из полосовой стали крепят шурупами. Длина отъемной части не должна превышать 700 мм. Отъемные стенки моделей, вынимаемые первыми в местах стыка с другими отъемными стенками, выполняют с уклоном 10—20°

## Соединение отъемных частей

С помощью клиновых металлических креплений (рис. 2.8), размеры которых приведены в табл. 2.10

С помощью клиновых деревянных креплений

Классы прочности		
I	II	III

### Выполнение плоскости разъема модели

Обшивка досками или щитками с углублением от плоскости разъема на 3—5 мм. Обшивают плоскость разъема средних и крупных моделей, не монтируемых на модельных плитах

### Извлечение моделей, съемных частей и их перемещение

С помощью подъемных крючковых (табл. 2.11, рис. 2.9) болтовых (табл. 2.12, рис. 2.10), полосовых (табл. 2.13) и цапф (табл. 2.14, рис. 2.11). Для перемещения стержневых ящиков используют деревянные ручки, а для кантовки крупных моделей—специальные убирающиеся цапфы и скобы. Устройство для перемещения модельных комплектов изготовляют в том случае, если масса модели, съемной части и стержневого ящика со смесью превышает 10 кг

### Отделка рабочих поверхностей

Все поверхности грунтуют. Шпатлевка допускается только для выравнивания отдельных мест и стыкуемых поверхностей с последующей зачисткой шкуркой

Все поверхности грунтуют. Допускается шпатлевка поверхностей с последующей зачисткой их шкуркой

### Окрашивание рабочих поверхностей

Лакокрасочные материалы для окрашивания модельных комплектов выбирают в зависимости от состава применяемых формовочных и стержневых смесей. Окрашенные поверхности должны соответствовать следующим классам покрытий

II | II—III | IV

### 2.7. Ширина сегментов и их число в ряду

Заготовка диаметром, мм	Число сегментов в ряду	Минимальная ширина, мм	
		сегмента В для модели	сегмента В для стержневого ящика
До 300 (при $H > 200$ )	3	45	60
301—600 (при $H > 300$ )	4	$80 \pm 25$	$100 \pm 25$
601—1250	6	$100 \pm 15$	$120 \pm 15$
1251—1500	8	$120 \pm 15$	$120 \pm 15$
1501	12	$140 \pm 5$	$120 \pm 5$

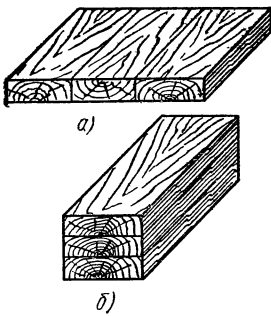


Рис. 2.1. Сплачивание:  
а-кромочное, б-пластовое

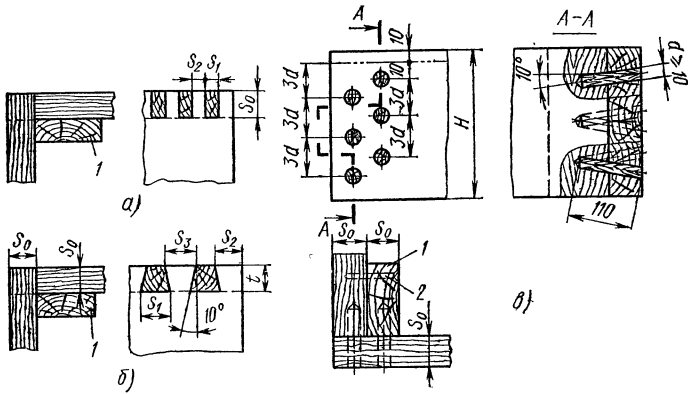


Рис. 2.2. Вязка коробчатых заготовок:  
а - на прямой шип ( $S_1=S_2=14\div 18$  мм), б - на шип типа «ласточкин хвост» ( $S_1=S_2=0,85S_0$ ), в - встык качелям

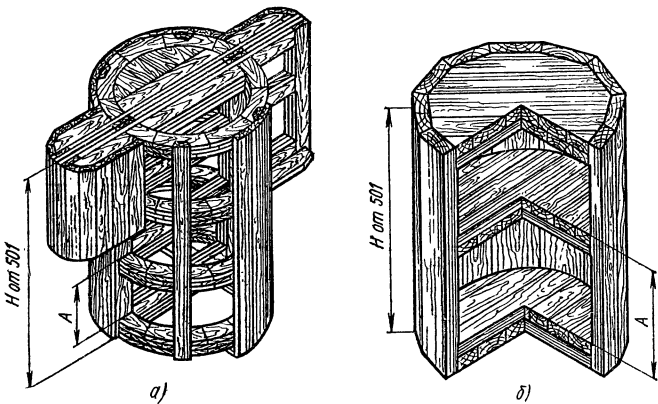


Рис. 2.3. Рамные заготовки:  
а-цилиндрические I-II класса прочности, б-цилиндрические

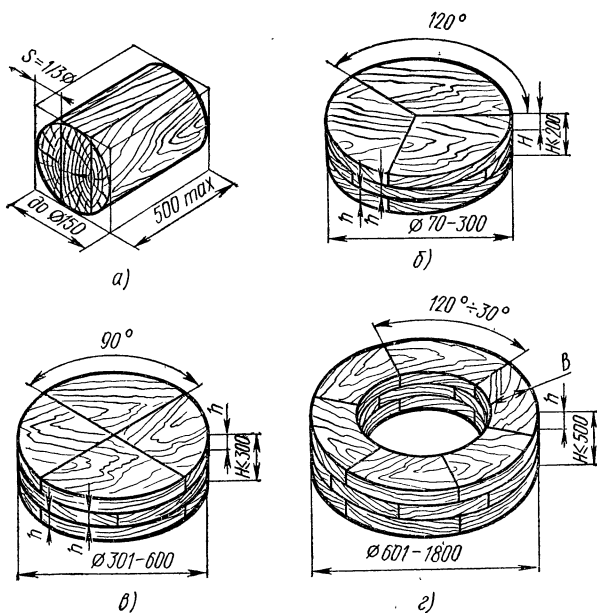


Рис. 2.4. Дисковые и кольцевые заготовки (а—г)

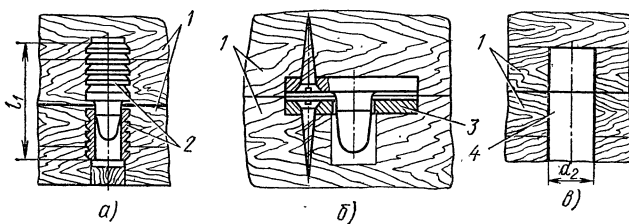


Рис. 2.5. Соединения половинок модели или стержневого ящика 1:

а—дубелем 2, б—фланцевым дубелем 3, в—втулкой 4

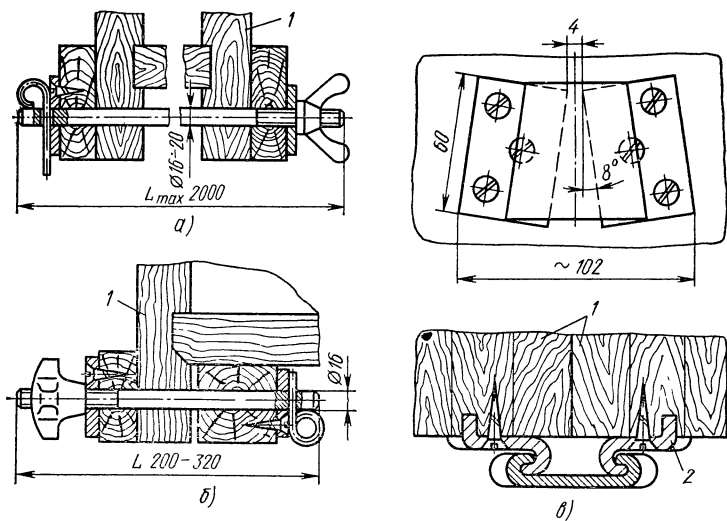


Рис. 2.6. Двугульная (а) и одногуюльная (б) стяжки и скобы (в):  
 1 — стержневой ящик, 2 — скоба

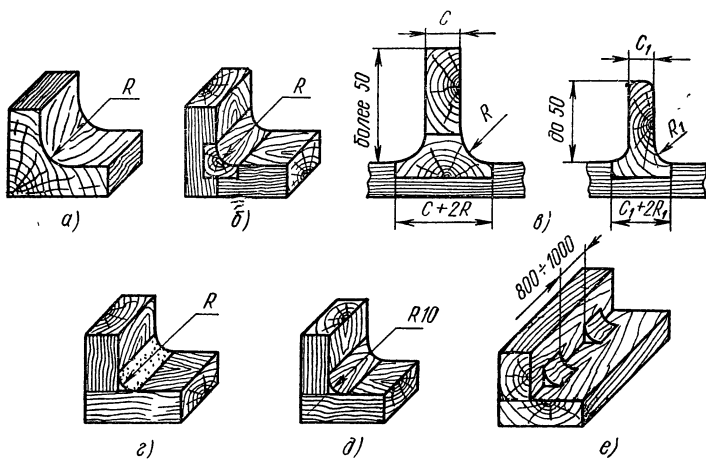
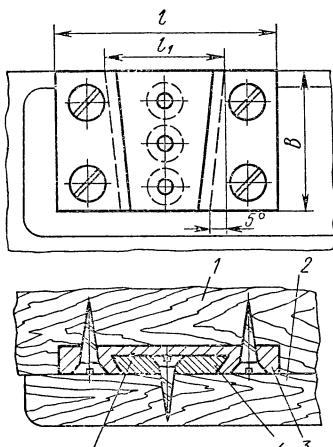


Рис. 2.7. Галтели (а—е)



Уклон в сторону увеличения размера пластины 1-2°

Рис. 2.8. Клиновое крепление:  
1—модель или стержневой ящик,  
2—отъемная часть, 3—пластина, 4—  
клин,  $l$ ,  $l_1$ ,  $B$ —размеры крепления

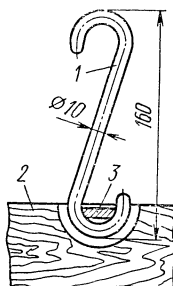


Рис. 2.9. Крюковой подъем:  
1—крюк, 2—модель, 3—  
пластина

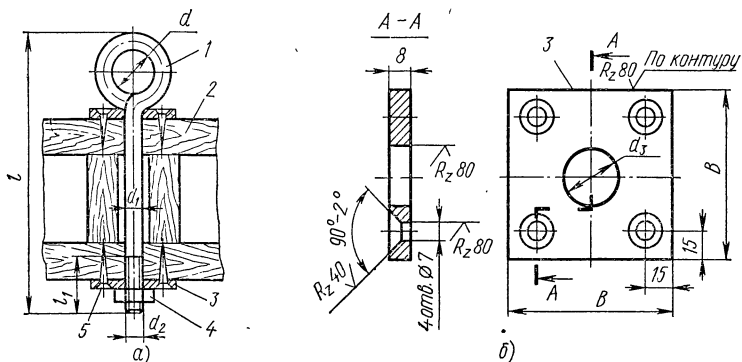


Рис. 2.10. Болтовой подъем:

а—общий вид, б—пластина 3; 1—болт, 2—модель, 4—гайка, 5—шуруп,  
 $l$ ,  $l_1$ ,  $d$ ,  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $B$ —размеры болтового подъема

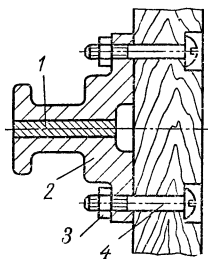
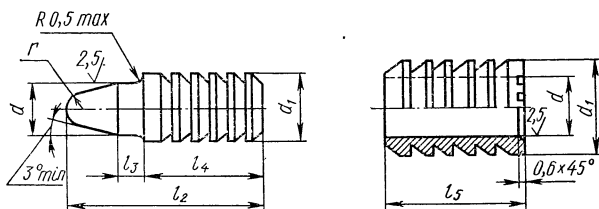


Рис. 2.11. Крепление цапфы:  
1—холодильник, 2—цапфа, 3—гайка, 4—болт

## 2.8. Конструкция и размеры металлических дюбелей



Средний габаритный размер модели или стержневого ящика $\frac{L+B}{2}$ , мм	Материал	Размеры, мм							
		$d$	$d_1$	$d_2$	$l_1$	$l_2$	$\geq l_3$	$l_4$	$l_5$
160	Сталь (допускается применение алюминиевых сплавов)	8	13	11	32	28	6	16	16
161—250		10	15	13	38	30	6	16	19
251—400		12	18	16	46	40	8	23	23
401—650		16	22	20	55	50	8	29	26
651—1000		20	26	23	69	65	10	36	33
1001—1600		25	32	30	87	80	12	45	42
1601		32	40	38	105	95	15	54	51

Примечание. Размеры  $l_1$  и  $d_2$  см. на рис. 2.5, а, в.

для крепления стержневого ящика к формовочной машине. Допустимые габаритные размеры стержневых ящиков приведены в табл. 2.16, а конструкция крепежного устройства изображена на рис. 2.12.

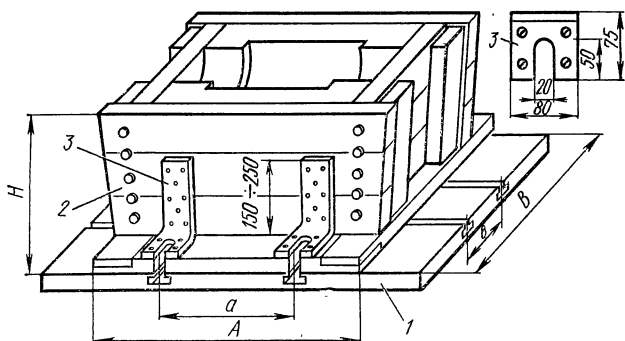
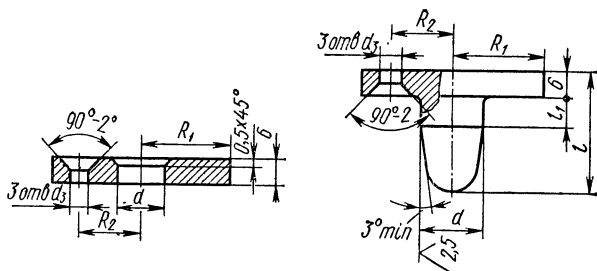


Рис. 2.12. Конструкция стержневого ящика для машинной формовки:

1—стол машины, 2—стержневой ящик, 3—металлические угольники по два с двух сторон

## 2.9. Конструкция и размеры фланцевых дюбелей



Среднегабаритный размер модели или стержневого ящика $\frac{L+B}{2}$ , мм	Материал	Размеры, мм					
		$d$	$R_1$	$R_2$	$d_3$	$l$	$> l_1$
160	Сталь 45 (допускается применение алюминиевых сплавов)	8	16	11	4,8	20	4
161—250		10	18	12,5	4,8	25	4
251—400		12	20	24	5,8	25	5
401—650		16	22,5	16	5,8	32	5
651—1000		20	27,5	20	7,0	32	6
1001—1600		25	32,5	25	7,0	40	6
1601		32	37,5	30	7,0	50	8

Примечание.  $L$ —длина,  $B$ —ширина.

**Особенности изготовления модельных комплектов для ЖСС и ХТС.** На моделях, предназначенных для изготовления форм из жидких самотвердеющих (ЖСС) и холоднотвердеющих (ХТС) смесей, предусматривают несколько увеличенные формовочные уклоны (табл. 2.17) по сравнению с обычными (см. табл. 2.3). Такие уклоны назначают в том случае, если на чертеже не указаны конструктивные уклоны. Особенности изготовления стержневых ящиков для ЖСС и ХТС, твердеющих без теплового воздействия, приведены в табл. 2.18.

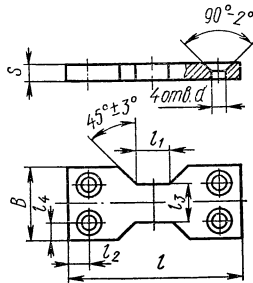
**Окрашивание модельных комплектов.** Чтобы предохранить материал моделей и стержневых ящиков от набухания, исключить прилипание к ним формовочных и стержневых смесей, модельные комплекты окрашивают. Перед окрашиванием рабочие поверхности грунтуют, шпатлюют и зачищают шкуркой.

Для зачистки рабочих поверхностей деревянных модельных комплектов применяют шлифовальную шкурку на тканевой или

## 2.10. Размеры клиновых креплений

Материал	Размеры, мм		
	<i>B</i>	<i>l</i>	<i>l<sub>1</sub></i>
Ст3 (допускается применение алюминиевых сплавов)	40	70	36
	50	80	40
	60	90	50
	80	100	60
	100	100	60

## 2.11. Конструкция и размеры пластины для крючковых подъемов

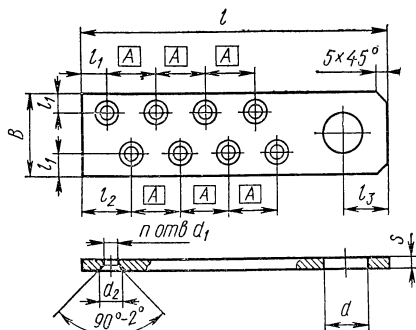


Грузоподъемность, кг	Материал крючка, пластины	Размер, мм						
		<i>B</i>	<i>l</i>	<i>l<sub>1</sub></i>	<i>l<sub>2</sub></i>	<i>l<sub>3</sub></i>	<i>S</i>	<i>d</i>
45	Ст3	30	70	8	10	14	5	5,8
65		36	80	10	12	18	5	7,0
80		45	90	12	16	22	6	10,0

## 2.12. Размеры болтовых подъемов

Грузоподъемность, кг	Материал болта, пластины	Размер, мм						
		болта					пластины	
		<i>l</i>	<i>l<sub>1</sub></i>	<i>d</i>	<i>d<sub>1</sub></i>	<i>d<sub>2</sub></i>	<i>d<sub>3</sub></i>	<i>B</i>
2000	Ст3	320—1000	50	50	20	M20	22	80
3000		500—1500	60	60	24	M24	26	90
5000		630—1800	60	60	30	M30	32	100
7200		800—2000	70	70	36	M36	38	100

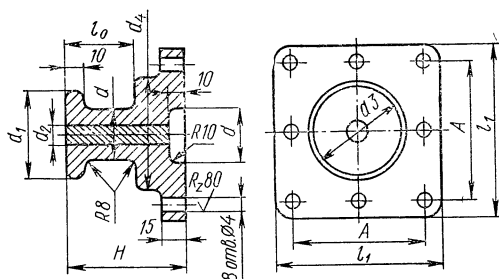
### 2.13. Конструкция и размеры пластин для полосовых подъемов



Допускаемая нагрузка на пластину, Н	Размер, мм									Число отверстий
	l	B	S	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	
1 000	100	30	4	18	5,8	10,3	20,0	16	20	6
1 000	150	30	4	18	5,8	10,3	20,0	16	20	10
1 000	200	30	4	18	5,8	10,3	20,0	16	20	16
5 000	320	60	4	30	5,8	10,3	47,5	32	65	8
5 000	500	60	4	30	5,8	10,3	52,0	32	75	12
5 000	700	60	4	30	5,8	10,3	60,0	32	90	14
5 000	900	60	4	30	5,8	10,3	65,0	32	100	16
5 000	630	60	4	30	5,8	10,3	55,0	32	80	14
10 000	800	70	6	35	7,0	12,3	60,0	40	90	16
10 000	1000	70	6	35	7,0	12,3	70,0	40	100	18
16 000	800	80	10	40	10,0	16,5	60,0	50	90	16
16 000	900	80	10	40	10,0	16,5	65,0	50	90	18
16 000	1000	80	10	40	10,0	16,5	70,0	50	100	18
16 000	1250	80	10	40	10,0	16,5	80,0	50	120	20

Примечание. 1. Материал пластин — Ст3. 2. Смещение осей отверстий не более 1 мм.

## 2.14. Конструкция и размеры цапф для стержневых ящиков



Допускаемая нагрузка на цапфу	Размер, мм								
	$d$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$H$	$l_0$	$l_1$	$A$
5 000	32	60	10	65	$90 \pm 0,5$	80	36	120	$90 \pm 0,5$
9 500	40	70	16	75	$120 \pm 0,5$	100	45	160	$120 \pm 0,5$

Примечание. Материал цапфы — сталь 35Л — может быть заменен сталями 25Л, 30Л, 40Л, 45Л.

## 2.15. Точность изготовления деревянных модельных комплектов

Измеряемый размер (номинальный), мм	Классы точности		
	I	II	III
	Допускаемые отклонения, мм		
50	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
51—120	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$
121—260	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$
261—500	$\pm 0,4$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$
501—800	$\pm 0,4$	$\pm 0,9$	$\pm 1,0$
801—1250	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$
1251—2000	$\pm 0,6$	$\pm 1,2$	$\pm 1,6$
2001—3150	$\pm 0,7$	$\pm 1,4$	$\pm 2,2$
3151—5000	$\pm 0,8$	$\pm 1,6$	$\pm 2,8$
5001—6300	—	$\pm 1,8$	$\pm 3,2$
6301—10 000	—	—	$\pm 4,0$

Примечания: 1. Допуски на моделях и стержневых ящиках должны быть одинаковыми по знаку. 2. Для модельных комплектов III класса точности приведены более жесткие отклонения по сравнению с допускаемыми.

## 2.16. Размеры стержневых ящиков

Формовочная машина		Размеры, мм (см. рис. 2.12)				
модель	грузоподъемность, кг	A	B	H	a	b
231	335	860/650	650/550	290/225	350	250
232	675	1100/950	1000/750	450/225	460	350
233	1350	1290/1000	1100/750	400/225	—	580
845	1350	1300/1200	1250/500	450/225	345	345

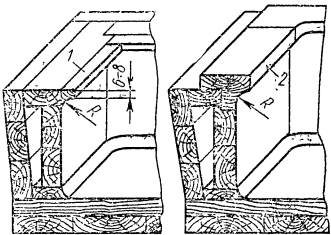
Примечание. В числителе максимальный, а в знаменателе минимальный габаритные размеры.

## 2.17. Формовочные уклоны

Высота поверхности модели, извлекаемой из формы, мм	Величина уклона, мм, поверхностей			
	образующих полость формы		оформляющих узкие выступы и углубления в полости формы	
	Металлическая, пластмассовая модель	Деревянная модель	Металлическая, пластмассовая модель	Деревянная модель
20—	0,5	1,0	1,5	2,5
21—30	0,5	1,5	2,0	3,0
31—50	1,0	1,5	3,0	4,0
51—75	1,5	2,0	4,0	5,0
76—100	1,5	2,0	5,0	6,0
101—150	2,0	2,5	6,0	7,0
151—200	2,0	3,0	7,0	8,0
201—300	2,5	4,0	8,0	9,0
301—500	3,0	5,0	—	10,0
501—800	—	6,0	—	10,0
801—1180	—	8,0	—	10,0
1181—2000	—	10,0	—	10,0

## 2.18. Особенности изготовления стержневых ящиков

Элемент стержневого ящика	Графическое изображение
<p>1. Формовочные уклоны <math>b</math> на выступающие части (углубления) назначают в зависимости от их высоты <math>h_b</math> (в скобках указаны числовые значения уклона), мм: 20 (4), 21—30 (5), 31—50 (6), 51—75 (7), 76—100 (8), 101—150 (9), 151—200 (10), 200 (12). Формовочные уклоны <math>a</math> на ребра назначают в зависимости от их высоты <math>h_a</math> (в скобках указаны числовые значения уклонов), мм: 20 (3), 21—30 (4), 31—50 (5), 51—75 (6), 76—100 (7), 101—150 (8), 151—200 (9), 200 (10)</p>	
<p>2. Муфты 1 и замкнутые рамки 2, имеющие отношение высоты <math>H</math> к ширине не больше 0,75:1, изготавливают из двух разрезных отъемных частей 3, вставляемых в вертикальную стенку или дно ящика. В остальных случаях их крепят наглухо к стенке или дну ящика</p>	
<p>3. Выступающие части, имеющие высоту <math>H \leq 70</math> мм, крепят наглухо к вертикальной стенке. В остальных случаях их выполняют отъемными или протяжными скалками</p>	
<p>4. Все отъемные части должны иметь металлические (или деревянные) ручки или подъемы 1. Ребра 2, имеющие в середине окно, выполняют разрезными; ребра разрезают ниже галтели на величину <math>H=R</math></p>	

Элемент стержневого ящика	Графическое изображение
<p>5. Галтели <math>R \leq 20</math> мм со стороны набивки (заливки) выполняют креплением планки 1 на стенке, галтели <math>R &gt; 20</math> мм — осадными планками 2</p>	

бумажной основе. Стекланную шкурку используют для зачистки мягких пород дерева.

В табл. 2.19 приведены отличительные цвета окрашивания модельных комплектов.

#### 2.4. Металлические модельные комплекты

**Выбор материала.** Металлические модельные комплекты имеют более высокую прочность, чем деревянные, однако их применение в условиях массового, крупносерийного и серийного производства отливок одного наименования ограничивается следующими факторами: увеличением стоимости и сроков изготовления, недостаточной во многих случаях мощностью модельных цехов и участков. При выборе материала для модельного комплекта нужно учитывать целесообразность изготовления и условия выполнения заказа. В табл. 2.20 приведены данные, обуславливающие целесообразность изготовления модельного комплекта из алюминиевых сплавов в зависимости от сложности, массы и годового выпуска отливок.

**Литые заготовки.** Изготовление литых заготовок для металлических моделей не отличается от технологического процесса получения отливок в единичном производстве, за исключением того, что промодели делают с двойной усадкой, учитывающей усадку сплава отливки.

Заготовки должны быть плотными, без усадочных, газовых и песчаных раковин; не иметь перекосов, коробления и трещин. На обрабатываемых и необрабатываемых поверхностях допускаются литейные дефекты, которые можно исправить горячей и холодной заваркой, пайкой припоями (табл. 2.21) и заделкой замазками (табл. 2.22). Исправленные дефекты не должны снижать качество модельного комплекта.

## 2.19. Цвета окрашивания

Поверхность модельного комплекта	Отличительный цвет
<p>Поверхности моделей и стержневых ящиков, соответствующие поверхностям отливок, не подвергающимся обработке резанием</p>	<p>Основной цвет окрашивания красный, серый и желтый соответственно для модельных комплектов отливок чугунных, стальных и из цветных сплавов</p>
<p>Поверхности моделей и стержневых ящиков, соответствующие поверхностям отливок, подвергающимся обработке резанием</p>	<p>Черные круглые пятна диаметром до 20 мм по основному цвету окрашивания</p>
<p>Поверхности стержневых знаков и других не заливаемых жидким металлом частей</p>	<p>Черный цвет</p>
<p>Поверхности моделей и стержневых ящиков, образующие углубления в литейной форме под заделку их смесью</p>	<p>Наклонные черные полосы по основному цвету окрашивания. Ширина черных полос <math>\frac{1}{4}</math> расстояния между ними, но не более 20 мм</p>
<p>Поверхности сопряжения моделей и стержневых ящиков с их отъемными частями</p>	<p>Окантовка черной полосой. Ширина полосы 6—20 мм</p>
<p>Поверхности элементов литниковой системы, прибылей, выпоров, приливов и проб для контрольных испытаний</p>	<p>Основной цвет окрашивания. По контуру сопрягаемых элементов литниковой системы черная полоса</p>
<p>Поверхности под установку холодильников</p>	<p>Основной цвет окрашивания с окантовкой и штриховкой в клетку черными полосами. Ширина полос <math>\frac{1}{4}</math> расстояния между ними, но не более 20 мм</p>
<p>Поверхности плит, шаблонов</p>	<p>Основной цвет окрашивания</p>

Примечание. Допускается нанесение дополнительных обозначений, например мест установки жеребеек, выполнения галтелей и др.

## 2.20. Минимальный годовой выпуск отливок

Группа сложности отливок по прейскуранту № 25-01	Минимальный годовой выпуск (шт.) отливок при их массе, кг							
	1	1-3	3-10	10-20	20-50	50-200	200-500	500-1000
1, 2, 3	1440	1280	1120	888	800	688	600	480
4, 5	1330	1107	1012	770	702	600	560	430

## 2.21. Состав припоя для пайки алюминиевых модельных комплектов

№ припоя	Содержание элементов, мас. %							Применяемый флюс
	олово	цинк	медь	алюминий	свинец	сурьма	кадмий	
1	55	25	—	—	—	—	20	Смесь хлористого аммония (нашатыря) с хлористым цинком
2	40	25	—	15	—	—	20	
3	78	8	—	9	—	—	5	
4	35	30	—	—	35	—	—	
5	63	18	3	13	1	2	—	

## 2.22. Составы замазок

Наименование компонента	Состав в массовых частях для модельных комплектов		Живучесть, ч	Способ приготовления
	алюминиевых	стальных и чугунных		
Эпоксидная смола ЭД20	100	100	0,5	Смолу тщательно перемешать (не менее 5 мин) с дибугилфталатом, затем добавить полиэтиленполиамин и железный или алюминиевый порошок и перемешивать 7 мин до получения жидкообразной массы. Замазку наносить шпателем
Полиэтиленполиамин (отвердитель)	12	12		
Дибугилфталат (пластификатор)	20	20		
Железный порошок (наполнитель)	—	100		
Алюминиевый порошок (наполнитель)	30	—		

**Классы точности и шероховатости.** Металлические модельные комплекты изготовляют трех классов точности соответственно классам точности изготовления отливок. Допускаемые отклонения по измеряемым размерам не должны превышать значений, приведенных в табл. 2.23. Литниковые системы обрабатывают с допуском, не превышающим  $\pm 0,5$  мм.

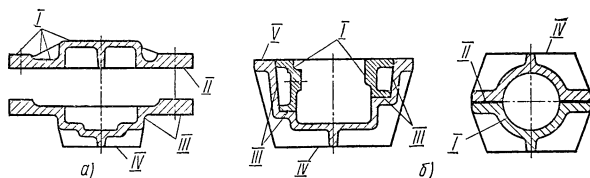
**2.23. Предельные отклонения размеров**

Измеряемый размер (номинальный), мм	Класс точности	Допускаемые отклонения, мм					межцентровых расстояний
		наружных размеров моделей		внутренних размеров моделей и гнезд стержневых ящиков			
		нижнее	верхнее	нижнее	верхнее		
120	I	0	+0,10	-0,06	+0,04	$\pm 0,05$	
	II	0	+0,15	-0,09	+0,06	$\pm 0,07$	
	III	0	+0,20	-0,12	+0,08	$\pm 0,10$	
121—260	I	0	+0,10	-0,06	+0,04	$\pm 0,05$	
	II	0	+0,20	-0,12	+0,08	$\pm 0,10$	
	III	0	+0,30	-0,18	+0,12	$\pm 0,15$	
261—500	I	0	+0,15	-0,09	+0,06	$\pm 0,07$	
	II	0	+0,30	-0,18	+0,12	$\pm 0,15$	
	III	0	+0,40	-0,24	+0,16	$\pm 0,20$	
501—800	I	0	+0,20	-0,12	+0,08	$\pm 0,10$	
	II	0	+0,40	-0,24	+0,16	$\pm 0,20$	
	III	0	+0,60	-0,36	+0,24	$\pm 0,30$	
801—1250	I	0	+0,25	-0,15	+0,10	$\pm 0,12$	
	II	0	+0,50	-0,30	+0,20	$\pm 0,25$	
	III	0	+0,70	-0,42	+0,28	$\pm 0,35$	
1250—2000	I	0	+0,35	-0,21	+0,14	$\pm 0,17$	
	II	0	+0,70	-0,42	+0,28	$\pm 0,35$	
	III	0	+0,90	-0,54	+0,36	$\pm 0,45$	

**Примечание.** Предельные отклонения угловых размеров при пересчете их в линейные не должны превышать указанных в таблице значений.

В табл. 2.24 приведена шероховатость рабочих поверхностей модельного комплекта.

2.24. Шероховатость рабочих поверхностей



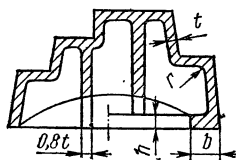
Назначение поверхности	Класс точности	Шероховатость, мкм, поверхностей по Rz			
		модели (а) для форм		стержневого ящика (б) для формовки	
		песчано-глинистых	получаемых средним и высоким давлением	машинной (встрякиванием) и ручной	пескоструйной и пистолетной
Рабочие I	I	12,5	6,3	12,5	12,5
	II	12,5	6,3	12,5	12,5
	III	25,0	—	25,0	—
Разъемы II	I	12,5	12,5	12,5	12,5
	II	25,0	25,0	25,0	12,5
	III	50,0	—	25,0	—
Сопрягаемые III	I	25,0	25,0	12,5	12,5
	II	25,0	25,0	25,0	25,0
	III	50,0	—	50,0	—
Установочные IV	I	50,0	50,0	100	25,0
	II	50,0	50,0	100	25,0
	III	100	200	100	—
Уплотнения V	I	—	—	50,0	12,5
	II	—	—	50,0	12,5
	III	—	—	50,0	—

**Конструктивные элементы.** Конструкция металлических моделей и стержневых ящиков должна обеспечивать жесткость

и прочность при минимальной массе. Модели допускаются изготавливать сплошными только при мелких и средних габаритных размерах.

Корпус стержневого ящика высотой до 400 мм можно выполнять цельнолитым, свыше 400 мм — составным, но с обязательной фиксацией контрольными шрифтами или взаимной врезкой отдельных частей. Уклон стенок корпуса при высоте вкладыша до 150 мм равен 6°, от 151 — 250 мм — 5°, свыше 250 мм — 3°.

## 2.25. Размеры стенок, ребер, бортов для моделей



Средний габаритный размер $\frac{L+B}{2}$ , где $L$ — длина, $B$ — ширина, мм	Толщина стенки $t$ моделей, мм		$r$	Толщина бортов $h$ моделей, мм		$n$	Ширина бортов $b$ моделей, мм	
	алюминиевых	чугунных		алюминиевых	чугунных		алюминиевых	чугунных
250	$8^{+1,5}_{-0,5}$	$6^{+1,5}_{-0,5}$	5	$12^{+1,5}_{-0,5}$	$10^{+1,0}_{-0,5}$	22	$20^{+1,5}_{-1,0}$	$20^{+1,5}_{-1,0}$
251—400	$9^{+2,0}_{-1,0}$	$7^{+1,5}_{-0,5}$	8	$14^{+2,0}_{-1,0}$	$12^{+1,5}_{-0,5}$	27	$48^{+2,0}_{-1,0}$	$46^{+2,0}_{-1,0}$
401—630	$10^{+2,0}_{-1,0}$	$8^{+2,0}_{-1,0}$		$15^{+2,0}_{-1,0}$	$13^{+2,0}_{-1,0}$		$48^{+2,0}_{-1,0}$	$46^{+2,0}_{-1,0}$
631—1000	$12^{+2,0}_{-1,0}$	$10^{+2,0}_{-1,0}$	10	$17^{+2,0}_{-1,0}$	$15^{+2,0}_{-1,5}$	32	$58^{+2,0}_{-1,0}$	$55^{+2,0}_{-1,0}$
1001—1600	$15^{+3,0}_{-2,0}$	—		$18^{+2,0}_{-1,0}$	$16^{+2,0}_{-1,0}$		$60^{+2,0}_{-2,0}$	$60^{+2,0}_{-2,0}$
1601—2000	$18^{+3,0}_{-2,0}$	—	12	$20^{+2,0}_{-1,0}$	$18^{+2,0}_{-1,0}$	35	$60^{+2,0}_{-2,0}$	$60^{+2,0}_{-2,0}$

Примечание. Толщину стенок моделей, применяемых для формовки под высоким давлением, допускается увеличивать до 35%.

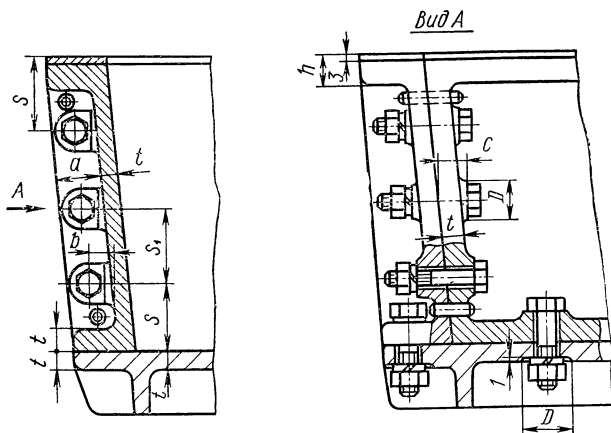
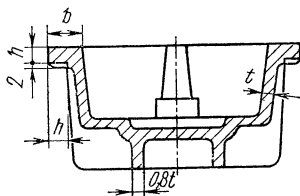


Рис. 2.13. Соединение стенок стержневого ящика

В табл. 2.25, 2.26 приведены основные размеры конструктивных элементов моделей и стержневых ящиков. В табл. 2.27 даны размеры соединительных элементов металлических стержневых

### 2.26. Размеры стенок, ребер, бортов для стержневых ящиков



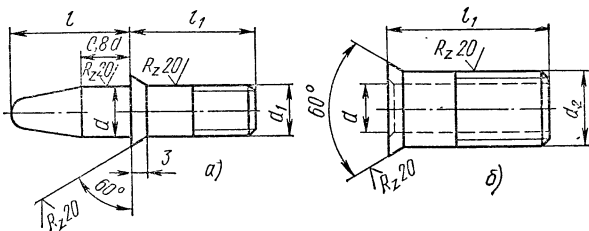
Средний габаритный размер $\frac{L+B}{2}$ , где $L$ — длина, $B$ — ширина, мм	Толщина стенки $t$ стержневых ящиков, мм		$r$	Толщина бортов $h$ стержневых ящиков, мм		$n$	Ширина болтов $b$ стержневых ящиков, мм	
	алюминиевых	чугунных		алюминиевых	чугунных		алюминиевых	чугунных
250	$8^{+1,5}_{-0,5}$	$6^{+1,5}_{-0,5}$	5	$14^{+1,5}_{-0,5}$	$12^{+1,0}_{-0,5}$	22	$35^{+1,5}_{-1,0}$	$30^{+1,5}_{-1,0}$
251—400	$10^{+2,0}_{-1,0}$	$8^{+2,0}_{-1,0}$	8	$16^{+2,0}_{-1,0}$	$14^{+2,0}_{-0,5}$	27	$45^{+2,0}_{-1,0}$	$40^{+2,0}_{-1,0}$
401—630	$12^{+2,0}_{-1,0}$	$10^{+2,0}_{-1,0}$		$20^{+2,0}_{-1,0}$	$18^{+1,5}_{-0,5}$		$45^{+2,0}_{-1,2}$	$40^{+2,0}_{-1,0}$

Средний габаритный размер $\frac{L+B}{2}$ , где $L$ — длина, $B$ — ширина, мм	Толщина стенки $t$ стержневых ящиков, мм		$r$	Толщина бортов $h$ стержневых ящиков, мм		$n$	Ширина болтов $b$ стержневых ящиков, мм	
	алюминиевых	чугунных		алюминиевых	чугунных		алюминиевых	чугунных
631—1000	$15^{+3,0}_{-2,0}$	$12^{+2,0}_{-1,0}$	10	$24^{+2,0}_{-1,0}$	$22^{+2,0}_{-1,0}$	32	$55^{+2,0}_{-2,0}$	$50^{+2,0}_{-2,0}$
1001—1600	—	—		$24^{+2,0}_{-1,0}$	$22^{+2,0}_{-1,0}$		$60^{+2,0}_{-2,0}$	$55^{+2,0}_{-2,0}$
1601—2000	—	—	12	$24^{+2,0}_{-1,0}$	$22^{+2,0}_{-1,0}$	35	$60^{+2,0}_{-2,0}$	$55^{+2,0}_{-2,0}$

2.27. Размеры соединительных элементов, мм

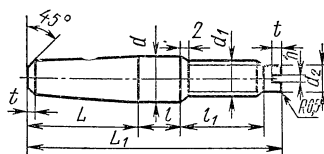
Средний габаритный размер стержневого ящика $\frac{L+B}{2}$ ( $L$ — длина, $B$ — ширина)	$t$	$a_{\min}$	$b_{\min}$	$C$	$D$	$d_1$	$h$	$S$	$S_1$
161—250	10	20	10	12	18	9	12	20	40
251—400	12	25	12	14	22	11	16	26	50
401—630	16	30	15	18	28	13	20	25	80
631—1000	18	30	15	22	28	15	25	30	80
1001—1600	20	40	20	25	34	17	25	35	100

2.28. Размеры нерегулируемых штырей (а) и втулок (б), мм



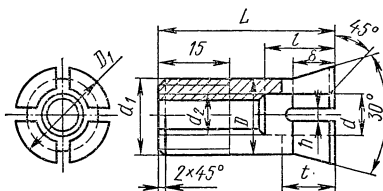
$d$	$d_1$	$d_2$	$l$	$l_1$
8	M8	M12	20	25
10	M10	M14	25	30
16	M12	M20	30	38

2.29. Размеры регулируемых штырей, мм



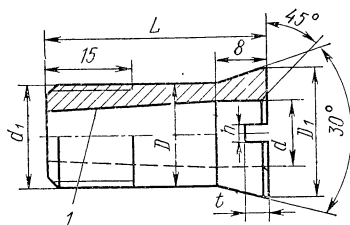
$d$	$d_1$	$d_2$	$L$		$L_1$		$l$	$l_1$	$h$	$t$	№ конуса Морзе
			короткого	длинного	короткого	длинного					
8	M6	4,5	15	30	49	64	8	22	0,8	1,5	0
10	M8	6	20	35	61	76	10	26	1,0	2,0	1
11	M10	7,5	25	40	72	87	12	30	1,2	2,4	1

2.30. Размеры разрезных втулок к регулируемым штырям, мм



$d$	$d_1$	$d_2$	$D$	$D_1$	$L$	$l$	$h$	$t$
8	M14	M6	14	17,7	30	12	1,5	10
10	M16	M8	16	19,7	36	15	1,5	12
12	M18	M10	18	21,7	42	20	2,0	14

### 2.31. Размеры направляющих втулок к регулируемым штырям, мм

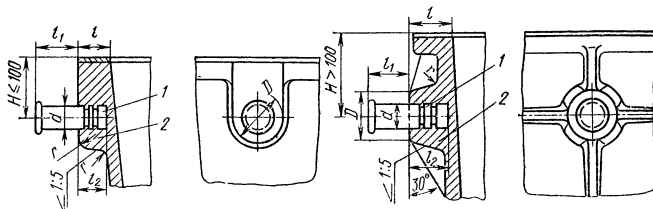


$d$	$d_1$	$D$	$D_1$	$L$	$h$	$t$	№ корпуса Морзе
8	M14	14	17,7	30	2,5	3	0
10	M16	16	19,7	36	2,5	3	1
12	M18	18	21,7	42	3,0	4	1

вых ящиков, а на рис. 2.13—графические изображения их конструкции.

В табл. 2.28—2.31 приведены размеры нерегулируемых и регулируемых штырей и втулок для спаривания частей стержневого ящика. Наибольшая надежность крепления обеспечивается регулируемыми штырями, конструкция которых позволяет производить выборку недопустимого зазора между втулкой и штырем.

### 2.32. Размеры приливов 2 и цапф 1, мм



Нагрузка на цапфу	$D$	$d$	$l$	$l_1$	$l_2$	$r$
200	50	20	80	40	45	10
3000	55	25	90	60	45	10
4500	70	32	110	60	60	15
10 000	90	40	120	70	70	15

Половинки стержневого ящика спаривают затворами (рис. 2.14) с барашком (а), шарнирной скобой (б) и штырями

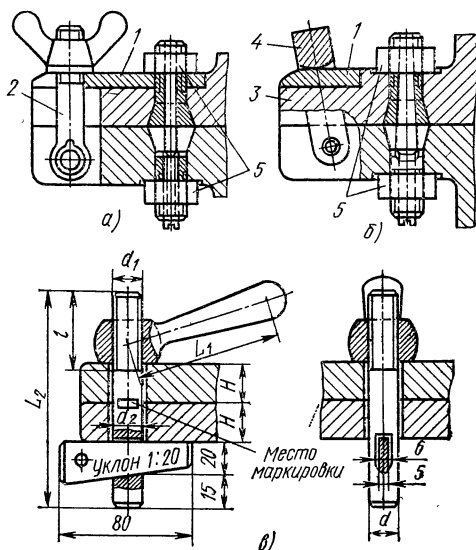


Рис. 2.14. Затворы:

а—с барашком, б—с шарнирной скобой, в—клиновой; 1—стальные накладки, 2—шарнирный болт, 2—ушки, 4—шарнирная скоба, 5—штырьевой узел

с клином (в). Для удобства перемещения и безопасности в работе металлические стержневые ящики должны иметь ручки, цапфы (табл. 2.32) и другие устройства.

Стержневые ящики для пескодувной и пескострельной формовки изготовляют из стали (Ст3), чугуна (СЧ 20), алюминиевых сплавов (АК7М2 и др.), из олова и пластмассы. Стержневые ящики имеют воздухоотводные и вдувные отверстия. Отношение воздухоотводного отверстия к площади сечения вдувного отверстия равно 0,2—0,3. При массовом производстве стержней это отношение увеличивают до 0,4—0,5.

На обеих половинах стержневого ящика имеются канавки, одна из которых шириной до 5 мм, а другая шире первой на 0,7—1,0 мм. В узкую канавку вставляют мягкую прорезиненную ленту, которая при спаривании стержневого ящика своим выступающим концом входит в широкую канавку, обеспечивая герметизацию стыка. Возможны и другие способы уплотнения стыков стержневых ящиков.

Вентиляцию стержневого ящика осуществляют латунными вентами (табл. 2.33), реже перфорированными листами или сет-

2.33. Размеры вент

Эскиз	Номер венты	$D_n$ , мм	$d$ , мм	$C$ , мм	Число прорезей, $n_{\text{тип}}$	Суммарная площадь сечения прорезей, $\text{мм}^2 \cdot \sum S_{\text{тип}}$	$h$ , мм	
							для плоской поверхности	для криволинейной поверхности
	1	6,5	4,0	1,5	3	3	1,5	4
	2	8,0	5,5	1,5	4	15	1,5	4
	3	9,5	7,0	1,5	5	8	1,5	4
	4	12,5	10,0	1,5	6	14	1,5	4
	5	16,0	13,5	2,0	7	21	1,5	4

ками с отверстиями диаметром 0,8—1,0 мм. Сетки и листы накладывают на вентилируемые места. Вентиляционные плиты для вент изготавливают из чугуна или алюминия толщиной 15—20 мм.

Нагреваемые стержневые ящики изготавливают из стали (Ст3, сталь 45) и чугуна (СЧ 20). Чугунные заготовки для нагреваемых стержневых ящиков подвергают двукратному до и после обдирки отжигу. Режим отжига: нагрев до 600—650°С со скоростью 50—60 град/ч, выдержка при этой температуре 2 ч, охлаждение до комнатной температуры со скоростью не более 40 град/ч.

Отличительной особенностью нагреваемых стержневых ящиков является наличие системы механизированных выталкивателей, которые монтируют индивидуально или на специальной плите. Выталкиватели устанавливают против знаков, элементов литниковой системы и других нерабочих частей стержня.

Для простых стержневых ящиков расстояние между выталкивателями 100—130 мм, а для более сложных—50—70 мм. Зазор между выталкивателем и отверстием для него в стержневом ящике равен 0,15—0,25 мм.

### 2.5. Пластмассовые модельные комплекты

**Способ изготовления.** Пластмассовые модели на основе эпоксидных смол имеют высокую механическую прочность и точ-

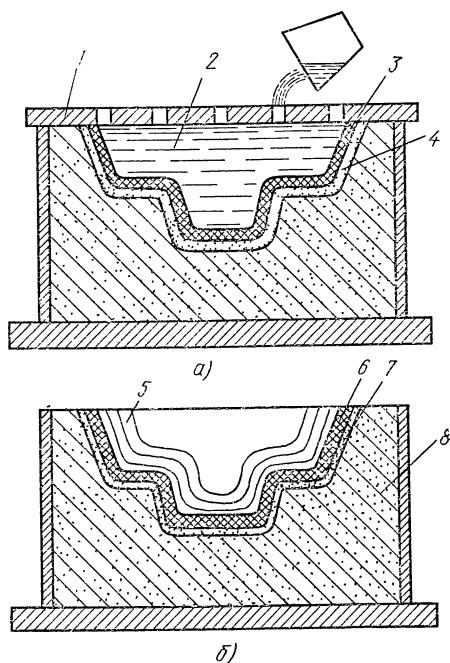


Рис. 2.15. Литьевой (а) и контактный (б) методы изготовления пластмассовых моделей:

1 — плита, 2 — эпоксидный состав, 3, 6 — декоративный слой (эпоксидная смола), 4, 7 — разделительный слой, 5 — стеклоткань, 8 — форма

ность; не подвергаются короблению, разбуханию, усушке, коррозии; обладают малым коэффициентом прилипаемости и незначительной силой сцепления с формовочной и стержневой смесью.

Пластмассовые модельные комплекты изготовляют двух классов прочности: I — для крупносерийного и серийного производства отливок; II — для мелкосерийного и единичного производства отливок. В зависимости от класса прочности пластмассового модельного комплекта выбирают один из двух основных способов изготовления (табл. 2.34): литьевой или контактный (рис. 2.15).

Контактный способ используют при изготовлении сложных моделей (или стержневых ящиков) с выступающими тонкими частями. Контактный способ изготовления пластмассовых модельных комплектов включает следующие технологические операции:

1. Зачистку поверхностей сухой гипсовой формы шлифовальной шкуркой.

2. Удаление из формы остатков гипса и пыли кистью,

## 2.34. Способы изготовления пластмассовых модельных комплектов

Способ изготовления	Обеспечение класса прочности не ниже	Ориентировочное число съёмов при формовке	
		ручной	машинной
Литьевой с армированием	I	3000	3000
Контактный наплавлением наполнителя на стеклоткани	II, I	4000	35 000
Литьевой без армирования	II	2000	25 000

Примечание. Для акриловых самотвердеющих составов применяют также способ изготовления модельных комплектов прессованием, обеспечивающий I и II классы прочности.

3. Нанесение на гипсовую форму разделительного состава.
  4. Приготовление состава эпоксидной смолы для облицовочного слоя.
  5. Нанесение облицовочного состава на подготовленную форму кистью равномерным слоем по всей поверхности. Кистью по поверхности формы проводят 4—5 раз до начала желатинизации смолы.
  6. Прослойное формообразование модели или стержневого ящика (через 20—24 ч после нанесения облицовочного слоя). Куски стеклоткани (стекложгута, стеклоленты и т. д.) пропитывают эпоксидной смолой.
  7. Выдержку модели (или стержневого ящика) в форме 2—3 дня при температуре 20—25° С.
  8. Зачистку плоскости разъема на фрезерном станке.
  9. Извлечение модели (или стержневого ящика) из гипсовой формы.
  10. Очистку модели (или стержневого ящика) от гипса и разделительного покрытия.
  11. Сверление отверстий в моделях под монтаж и их армирование металлическими полосами.
  12. Монтаж модели на модельную плиту.
- Литьевой способ применяют при изготовлении мелких модельных комплектов цельнолитых или облегченных с деревянными или из других материалов вставками.

При литьевом способе изготовления модельных комплектов в гипсовую форму заливают состав эпоксидной смолы. Остальные технологические операции выполняют так же, как и при контактном способе,

**Основные требования.** К изготовлению пластмассовых модельных комплектов предъявляют следующие основные требования.

1. Толщина  $t$  стенок и ребер моделей и стержневых ящиков в зависимости от их среднего габаритного размера (мм) должна быть не менее нижеприведенных значений, мм:

$\frac{L+B}{2}$ . . . . .	$t$
До 100 . . . . .	7
101—300 , . . . . .	8
301—500 , . . . . .	9
501—700 , . . . . .	10
701—900 , , . . . . .	11
901—1100 , , . . . . .	12
1101—1300 , . . . . .	13
1301—1500 , . . . . .	15

2. Расстояние между ребрами жесткости не должно превышать 300 мм.

3. Разъемные стержневые ящики скрепляют болтовыми и клиновыми стяжками, скобами и другими металлическими замками. Крупные стержневые ящики соединяют несколькими рядами крепежных приспособлений. Расстояние между крепежными приспособлениями не должно превышать 300 мм, а между стяжными болтами—500 мм.

4. Галтели выполняют в теле модели, стержневого ящика или отъемными планками и рамками.

5. Быстроизнашивающиеся выступающие и заостренные кромки армируют стальными пластинами толщиной 3—4 мм. Стальные пластины крепят винтами и гайками на клею. В качестве клея применяют составы на основе эпоксидных смол.

6. Отъемные части крепят металлическими цилиндрическими шипами (дюбелями) и шипами в виде клинового соединения «ласточкин хвост».

7. Плоскость разъема модели должна быть ровной по всей площади. Допускаемая вогнутость не более 1,5 мм на 100 мм длины модели. При необходимости плоскость разъема пустотелой модели обшивают деревянными вставками, щитами, древесностружечными плитами.

8. Рабочие поверхности моделей и стержневых ящиков окрашивают композицией на основе эпоксидных самотвердеющих составов. В качестве красителей применяют лак рубиновый ЖК, сурик свинцовый, нитрокраску красную и черную, сурик желтый, пудру алюминиевую и др. По согласованию с потребителем допускается модельные комплекты не окрашивать,

9. Дефекты исправляют составами на основе эпоксидных смол, соответствующих составу материала стержневого ящика.

10. Формовочные уклоны, цвета окрашивания, маркирования и нормы точности исполнительных размеров такие же, как и для деревянных модельных комплектов.

**Основные материалы и рецептура составов.** Пластические массы для модельных комплектов состоят из эпоксидной смолы, пластификатора, отвердителя, наполнителя (табл. 2.35, 2.36).

Для изготовления пластмассовых модельных комплектов применяют эпоксидные смолы, представляющие вязкую жидкость, которая имеет цвет от желтого до коричневого. Жидкие эпоксидные смолы достаточно устойчивы при комнатной температуре, но при понижении температуры они густеют.

Пластификаторы вводят в эпоксидные смолы для увеличения ударной вязкости, снижения хрупкости и повышения эластичности пластмасс.

Отвердители предназначены для отверждения состава пластмасс. Отверждение эпоксидной смолы начинается с момента введения в нее отвердителя.

Наполнители применяют для повышения твердости и ударной вязкости отвержденных пластмасс, а также с целью снизить расход эпоксидных смол.

**Разделительные покрытия.** В качестве разделительных покрытий применяют специальные составы или отдельные компоненты (минеральные масла, силиконовые жидкости, технический глицерин и др.). Разделительные составы (табл. 2.37) наносят на поверхность кистью, пульверизатором или окунанием.

Продолжительность сушки разделительных составов зависит от относительной влажности воздуха, его температуры, скорости циркуляции и других причин.

### 2.35. Исходные материалы для изготовления пластмасс

Эпоксидная смола	Пластификатор	Отвердитель	Наполнитель
ЭД-16	Дибутилфталат	Полиэтилен-полиамин	Стеклоткань
ЭД-20	Дикаприлфталат	Гексаметилендиамин	Ткань жгутовая ТЖС-0,85
«Эпокси-2100»	Диоктилфталат	—	Стекложгут
«Эпокси-2200»	Трикрезилфосфат	—	Стеклолента

**Примечание.** При изготовлении литьевым способом в качестве наполнителя применяют железный и алюминиевый порошки, древесные опилки, цемент, графит и др.

### 2.36. Рецептуры пластических масс на основе эпоксидных смол

№ состава	Содержание материалов, мас. ч.														
	ЭД-16	ЭД-20	«Эпоксид-2100»	«Эпоксид-2200»	Пластификатор	Полиэтилен-полиамин	Гексаметилен-диамин	Стеклонаполнитель	Ускоритель «Эпоксид-2100»	Ускоритель «Эпоксид-2200»	Отвердитель к «Эпоксид-2100»	Отвердитель к «Эпоксид-2200»	Алюминиевый порошок	Железный порошок	Древесные опилки
1	100	—	—	—	20	10	—	40	—	—	—	—	—	—	—
2	100	—	—	—	20	10	—	—	—	—	—	—	100	—	—
3	100	—	—	—	20	10	—	—	—	—	—	—	—	100	—
4	—	100	—	—	12	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	100	—	—	12	—	22	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	100	—	—	12	11	—	40	—	—	—	—	—	—	—
7	—	100	—	—	12	11	—	—	—	—	—	—	100	—	—
8	—	100	—	—	12	11	—	—	—	—	—	—	—	100	—
9	—	100	—	—	12	11	—	—	—	—	—	—	—	—	30
10	—	—	100	—	—	—	—	40	0,5	—	8	—	—	—	—
11	—	—	100	—	—	—	—	—	0,5	—	8	—	70	—	—
12	—	—	100	—	—	—	—	—	0,5	—	8	—	70	—	—
13	—	—	—	100	—	—	—	40	—	0,7	—	8,5	—	—	—
14	—	—	—	100	—	—	—	—	—	0,7	—	8,5	70	—	—
15	—	—	—	100	—	—	—	—	—	0,7	—	8,5	—	70	—

Примечания: 1. При изготовлении модельных комплектов литьевым способом количество сыпучего наполнителя уменьшается в 4—5 раз. 2. Приведенные пластмассы по своим технологическим свойствам существенно не различаются и могут выбираться в зависимости от имеющихся материалов и с учетом обеспечения необходимых механических свойств.

**Изготовление мастер-модели.** Технологический процесс изготовления гипсовой мастер-модели включает формовку отдельных частей моделей и последующую их сборку. Согласно чертежу литой детали модель разбивают на отдельные элементы, представляющие собой тела прямолинейные и тела вращения. Тела вращения изготовляют с помощью металлических шаблонов из листового железа толщиной 0,3—1,0 мм. Металлические шаблоны укрепляют на досках, имеющих приближенную форму шаблона так, чтобы рабочий контур шаблона выступал на 1,5—2,0 мм.

Шпателем на плиту, покрытую разделительным способом, наносят раствор гипса (табл. 2.38). Вращением шаблона вокруг центра удаляют излишки гипсового раствора, затем наносят следующую порцию раствора гипса и снова вращают шаблон. Процесс повторяется до получения гипсового элемента, соответствующего геометрии шаблона. Готовый элемент сушится или

## 2.37. Разделительные покрытия

№ состава	Содержание компонентов, %												Способ приготовления		
	Нитролак № 951	Пчелиный воск	Скипидар	Мыло	Крахмал кар-тофельный	Вода	Спирт поливиниловый	Спирт этиловый	Сырая резина	Толуол	Жидкое стекло	Серадин, керосин		Клей резиновый	Шеллак
1	—	30	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Пчелиный воск растворяют в скипидаре
2	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	5	—	95	—	—	—	—	—	—	—	—	Мыльный порошок или стружку растворяют в подогретой до 40—50 °С воде
4	—	—	—	—	93	7	—	—	—	—	—	—	—	—	Разводят крахмал в небольшом количестве холодной воды, затем раствор выливают в кипящую воду
5	—	—	—	—	—	45	10	45	—	—	—	—	—	—	Этиловый спирт разбавляют водой, затем в раствор при помешивании вводят поливиниловый спирт
6	2	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—	—	—	Сырую резину вводят в толуол, затем состав перемешивают до полного растворения сырой резины

твердеет на воздухе. Аналогично изготавливают тела прямолинейные.

После разметки и обработки гипсовых элементов рубанками, стамесками, циклями и зачистки шкуркой производят сборку. На сопрягаемую поверхность отдельных элементов наносят шпателем крестообразные бороздки глубиной 2—3 мм. Затем сопрягаемую поверхность покрывают в два слоя спиртовым раствором шеллачного лака и сушат. После сушки на сопрягаемую поверхность наносят раствор жидкого гипса, элементы подводят друг другу и стыкуют.

При стыковке происходит выдавливание гипсового раствора, который используют для шпатлевания шва. Шпатлевание шва выполняют циклей или продольным шпателем.

После сборки готовую гипсовую мастер-модель покрывают 2—3 раза нитролаком или шеллачным лаком мягкой кистью до получения гладкой поверхности. После сушки мастер-модель шлифуют шкуркой.

**Изготовление форм.** Формы для пластмассовых моделей на основе эпоксидных смол изготавливают в основном из гипса (см. табл. 2.38) в такой последовательности:

1. На модельную плиту устанавливают мастер-модель.
2. Мастер-модель и рабочую часть модельной плиты покрывают разделительным составом, который после затвердевания полируют.
3. Приготавливают гипсовый раствор.
4. Устанавливают деревянную рамку, образующую замкнутое пространство вокруг модели.
5. Производят заливку гипсового раствора в полость рамки.
6. Извлекают мастер-модель и рамку из формы.
7. Сушат 10—12 ч гипсовую форму в сушильном шкафу при температуре 50—70 °С. Продолжительность сушки при комнатной температуре до трех суток.

На рис. 2.16 изображена заливка формы гипсовым раствором. Стойкость гипсовой формы до 5 съемов. Для повышения проч-

**2.38. Гипсовые растворы для мастер-модели и форм**

Наименование материалов	Состав растворов, мас. ч.			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Гипс	100	100	100	100
Известковое молоко	100	—	—	—
Раствор мочевиноформальдегидной смолы	—	—	100	125
Вода	—	100	—	—
Цемент	—	—	—	25

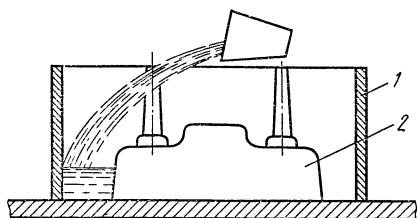


Рис. 2.16. Изготовление гипсовой формы:

1 — рамка, 2 — мастер-модель

ности выступающие части формы армируют проволокой, стеклотканью, стекложгутом и др. Аналогично изготавливают формы и для стержневых ящиков по мастер-модели для стержня.

**Правила техники безопасности.** Эпоксидные смолы, а также отвердители, входящие в состав

пластмасс, токсичны и вредно действуют на кожу и слизистую оболочку. Поэтому при работе с ними необходимо соблюдать определенные правила техники безопасности, которые заключаются в следующем:

1. Работать необходимо в хлопчатобумажном халате, резиновом фартуке и резиновых перчатках. Руки должны быть защищены пастой Селецкого или специальными другими защитными составами. Состав пасты Селецкого, %: метилцеллюлоза—4, глицерин—11,7, белая глина—7,8, тальк—7,8, вода—68,7.

2. Рабочие помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией.

3. Приготовление эпоксидных составов и нанесение их на изделия, а также механическая обработка модельных комплектов, должны производиться на рабочих местах, имеющих местную вытяжную вентиляцию.

4. Развес исходных материалов и их перемешивание должны выполняться в специальном шкафу с вытяжкой.

5. Скорость движения воздуха в рабочих зонах местных вытяжных устройств должна быть 0,7—3,0 м/с.

6. Удаляемый воздух перед выбросом в атмосферу должен очищаться с помощью циклонов или других очистных устройств.

7. В рабочем помещении хранить исходные материалы запрещается.

8. К работе с эпоксидными смолами допускаются лица, прошедшие специальный медицинский осмотр, обучение и инструктаж.

## 2.6. Маркирование модельных комплектов

После окончательной отделки модельные комплекты маркируют краской, буквами и цифрами. Порядок маркирования приведен в табл. 2.39,

### 2.39. Маркирование модельных комплектов

Знак маркировки		Шифр маркировки и порядок ее нанесения
на модели	на стержневом ящике	
<p>Номер отливки, для изготовления которой предназначена модель</p> <p>Порядковый номер модельного комплекта при наличии дублеров</p>	<p>Номер отливки, для изготовления которой предназначен стержневой ящик</p> <p>Порядковый номер модельного комплекта при наличии дублеров</p>	<p>Соответствует шифру чертежа на отливку</p> <p>Обозначают шифром <b>К</b> с числом, указывающим на порядковый номер модельного комплекта. Размещают ниже шифра чертежа на отливку</p>
<p>Количество стержневых ящиков в модельном комплекте</p>	<p>Порядковый номер стержневого ящика в модельном комплекте</p>	<p>Обозначают на модели шифром <b>Я</b> с числом, указывающим на количество стержневых ящиков в комплекте. Обозначают на стержневом ящике шифром <b>Я№</b> с числом, указывающим порядковый номер стержневого ящика. Шифр размещают за шифром <b>К</b></p>
<p>—</p>	<p>Порядковые номера стержней, изготовляемых по одному стержневому ящику с использованием вкладышей, протяжных отъемных частей и др.</p>	<p>Обозначают шифром <b>Ст№</b> с числами, указывающими на номера стержней, изготовленных по комбинированному стержневому ящику. Шифр размещают за шифром <b>Я№</b></p>
<p>Количество отъемных и отдельных частей</p>	<p>Количество отъемных и вставных частей стержневого ящика</p>	<p>Обозначают на модели шифром <b>ОЧМ</b> с числом, показывающим количество отъемных и вставных частей. Шифр размещают: для моделей — ниже шифров <b>К</b> и <b>Я</b>; для стержневых ящиков — ниже шифров <b>К</b>, <b>Я№</b> и <b>Ст</b></p>

Знак маркировки		Шифр маркировки и порядок ее нанесения,
на модели	на стержневом ящике	
Количество шаблонов	Количество шаблонов	Обозначают шифром <b>Ш</b> с числом, показывающим количество шаблонов. Шифр размещают за шифрами <b>ОЧМ</b> и <b>ОЧС</b>
Количество прибылей и выпоров, изготавливаемых отдельно от модели	—	Обозначают шифром <b>ПВ</b> с числом, показывающим количество прибылей и выпоров. Шифр размещают за шифром <b>Ш</b>
Количество элементов литниковой системы, изготавливаемых отдельно от модели	—	Обозначают шифром <b>Л</b> с числом, показывающим количество элементов литниковой системы. Шифр размещают за шифром <b>ПВ</b>

Примечания: 1. Маркирование выполняют на боковых наружных поверхностях стержневых ящиков и на поверхностях моделей, соответствующих необрабатываемым поверхностям отливок. Все отъемные части маркируют шифром **К** с обозначением номера отливки, порядкового номера модельного комплекта (при наличии дублеров). 2. Направления вывода газов маркируют на боковых наружных поверхностях стержневых ящиков шифром **В↑К**, направления расположения весок — шифром **В↑П**.

### 3. ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

#### 3.1. Виды и свойства формовочных материалов

Формовочными называют материалы, из которых изготавливают литейные формы и стержни. Формовочные материалы разделяют на исходные формовочные материалы, формовочные и стержневые смеси, вспомогательные составы (пасты, краски, замазки, клей и др.).

Исходные формовочные материалы (табл. 3.1), предназначенные для изготовления формовочных и стержневых смесей, делят на две группы: основные (огнеупорные наполнители — пески, связующие) и вспомогательные, например различные добавки (уголь, торф и др.), улучшающие специальные свойства смесей.

### 3.1. Исходные формовочные материалы

Наименование материала	Назначение и область применения	Примечание
Формовочные пески	Огнеупорный наполнитель для формовочных и стержневых смесей	Подвергают сушке
Формовочные огнеупорные глины (каолининовые)	Связующие для формовочных и стержневых смесей	Подвергают дроблению, размалыванию и сушке
Глина монтмориллонитовая (бентонит)	Связующие для смесей с повышенной прочностью в сыром состоянии	То же
Связующие СБ, ГТФ, КО, ДП и др.	Связующее для формовочных и стержневых смесей	Поступают в жидком или твердом состоянии
Жидкое стекло	Связующее для самотвердеющих смесей и химически твердеющих по $\text{CO}_2$ -процессу смесей	Поступает в жидком или твердом состоянии. Доводится до требуемой плотности каустической содой
Шлак феррохромного производства ДС-РАС	Отвердитель для самотвердеющих смесей	Поступает в виде порошка
Смолы холодного твердения	Пенообразующая добавка для жидкоподвижных смесей	Поступает в жидком состоянии
Магнетитовый порошок	Связующая для изготовления форм и стержней	Поступает в жидком состоянии
Концентрат цирконовый	Применяют при изготовлении отливок из марганцовистой стали	Поступает в виде порошка
Асбест (хризотилловый)	Высокоогнеупорный материал для приготовления стержневых смесей и красок	Поступает в виде пыли или зерен
Каменный уголь	Противопригарная добавка в формовочные и стержневые смеси	Поступает в виде крошки
	Вводят в смесь для уменьшения шероховатости поверхности отливок	Размалывают до пылевидного состояния

Наименование материала	Назначение и область применения	Примечание
Торф	Вводят в смесь для повышения ее газопроницаемости, податливости, противопригарности	Поступает в твердом состоянии, подвергают размельчению
Ликоподий	Пропыл, используемый при формовке и изготовлении стержней	Поступает в пылевидном состоянии
Порошковый графит (черный, серебристый) Маршаллит	Входит в состав красок, паст, натирок	Поступает в пылевидном состоянии
Тальк молотый	Входит в состав смесей и красок, обеспечивающих пониженную шероховатость поверхностей отливок	То же
Декстрин (пале- вый, желтый)	Припыл и противопригарный материал для красок	»
Патока	Входит в состав литейных красок, паст	»
Формалин	Входит в состав литейных красок	Поступает в жидком состоянии
Формалин	Консервирующая добавка в краски, содержащие декстрин, патоку	То же
Битумы нефтяные	Входят в состав прокладочного шнура	Поступают в твердом состоянии

Вспомогательные формовочные составы (пасты, краски, клей и др.) используют для отделки поверхностей и исправления дефектов форм и стержней.

Все формовочные материалы подвергают входному контролю на соответствие их действующим государственным стандартам и техническим условиям.

Минералы, входящие в состав формовочных материалов, обладают свойствами, которые не изменяются при подготовке их к производственному использованию и при смешивании. Одним из основных свойств является их химический состав в сочетании с зерновым. Зная свойства минералов, входящих в состав формовочных материалов, можно составить смеси, пригодные для получения качественных отливок.

### 3.2. Определение основных свойств формовочных материалов

**Предел прочности при растяжении в сухом состоянии.** Образцы типа «восьмерки» изготавливают в специальном стержневом ящике № 037 и № 037М Усманского завода литейного оборудования. Образцы в высушенном или отвержденном состояниях устанавливают в приспособлении с захватами. Приспособление крепят на приборе 084М для определения прочности. В момент разрушения образца давление в системе мгновенно падает, предел прочности фиксируется стрелкой силоизмерителя.

**Предел прочности при сжатии в сыром состоянии.** Образец, изготовленный для определения газопроницаемости, извлекают из металлического патрона и устанавливают на прибор модели 084М, используя имеющееся к прибору съемное приспособление. Для удобства установки образца приспособление снабжено регулировочными винтами.

**Осыпаемость.** Стандартный образец влажный или высушенный взвешивают, затем закладывают в сетчатый барабан, установленный на приборе для взбалтывания. Барабан вращают одну минуту, после чего образец вновь взвешивают. Осыпаемость определяется разницей масс образца до и после испытания, отнесенной к первоначальной его массе и умноженной на 100 %.

**Активность отвердителя для ЖСС, ПСС.** Активность — это способность отвердителя интенсивно взаимодействовать со связующим материалом. Метод определения основан на измерении глубины погружения в затвердевшую смесь металлической иглы под определенной нагрузкой.

Испытания проводят следующим образом. Заполняют кольца смесью, составленной из отвердителя и связующего в соотношении 1:1. После чего излишек смеси срезают. Момент окончания перемещения смеси при ее приготовлении принимают за начало твердения. Иглу доводят до соприкосновения со смесью и закрепляют стержень винтом, после чего отворачивают винт и игла свободно погружается в смесь. Иглу погружают в смесь через каждые 3 мин, предварительно передвинув кольцо со смесью на новое место (расстояние от места предыдущего погружения иглы не менее 10 мм). За конец периода твердения принимают момент, когда игла будет погружена в смесь не более чем на 1 мм.

**Текучесть (подвижность) ЖСС.** Текучесть — это способность смеси течь, заполняя объемы литейной формы или стержневого ящика без приложения внешних усилий. Текучесть определяют методом предельного напряжения сдвига по глубине погружения в смесь под действием веса плоского ножа. На стол прибора устанавливают стакан, заполненный испытуемой смесью. Изли-

шек смеси сверх кромки стакана срезают. Стопор прибора отпускают, при этом нож погружается в смесь. По окончании погружения ножа на шкале прибора производят отсчет предельного напряжения сдвига  $H = (P \cdot 980) / (2bl)$ , где  $P$  — масса ножа с подвижными элементами,  $b$  — ширина ножа,  $l$  — глубина погружения ножа в смесь.

**Индекс формуемости.** Индекс формуемости характеризует равномерность распределения и полноту заполнения опок смесью. Порядок проведения испытаний следующий: укрепляют барабан прибора осыпаемости на вал двигателя; устанавливают под барабан емкость для сбора смеси; засыпают в барабан  $200 \pm 0,5$  г смеси в сыром состоянии и закрывают его крышкой; включают прибор (барабан вращается 10 с); определяют массу  $G_1$  просыпавшейся в емкость смеси с точностью  $\pm 0,5$  г; вычисляют индекс формуемости смеси по формуле  $\Phi_a = (G_1/200) 100 \%$ .

### 3.3. Формовочные пески

Формовочные пески основной материал для приготовления формовочных и стержневых смесей (табл. 3.2); состоят из зерен кварца ( $\text{SiO}_2$ ) с глинистой составляющей не более 50%. Формовочные пески бывают кварцевые и глинистые. К кварцевым относят пески, содержащие 90,0—98,5% кварца и не более 20% глинистой составляющей. Пески с содержанием

3.2. Классы формовочных песков

Класс	Наименование	Состав, %			
		глинистая составляющая	кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ), не менее	вредные примеси, не более	
				оксиды щелочно-земельных и щелочных металлов	оксиды железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
Об1К	Обогащенный	$\leq 0,2$	$\geq 98,5$	0,40	0,20
Об2К	Кварцевый	$\leq 0,5$	$\geq 98,0$	0,75	0,40
Об3К		$\leq 1,0$	$\geq 97,5$	1,00	0,60
1К		$\leq 2,0$	$\geq 97,0$	1,20	0,75
2К	Кварцевый	$\leq 2,0$	$\geq 96,0$	1,50	1,00
3К		$\leq 2,0$	$\geq 94,0$	2,0	1,50
4К		$\leq 2,0$	$\geq 90,0$	—	—
Т		Тощий	$> 2,0$ до 10,0	—	—
П	Полужирный	$> 10,0$ до 20,0	—	—	—
Ж	Жирный	$> 20,0$ до 30,0	—	—	—
ОЖ	Очень жирный	$> 30,0$ до 50,0	—	—	—

Примечание. К глинистой составляющей относятся частицы размером менее 0,022 мм,

### 3.3. Группы формовочных песков

Группа	Наименование	Номера сит смежных размеров, на которых остаются зерна основной фракции		
063	Грубый	1	063	04
04	Очень грубый	063	04	0315
0315	Крупный	04	0315	02
02	Средний	0315	02	016
016	Мелкий	02	016	01
01	Очень мелкий	016	01	0063
0063	Тонкий	01	0063	005
005	Пылевидный	0063	005	Тазик

глинистой составляющей свыше 2 до 50 % называют глинистыми.

По размеру зерен песчаной основы (кварца) формовочные пески делят на группы (табл. 3.3), которые устанавливают просеиванием безглинистого песка через набор стандартных сит. После просеивания взвешивают остатки песка на каждом сите и определяют наибольшую сумму остатков на трех смежных ситах. Наибольшая сумма остатков считается основным зерновым составом (фракцией) песка. Номером среднего сита обозначают группу песка, а по остатку на одном из двух крайних сит определяют категорию песка. Пески с остатком на крайнем верхнем сите большим, чем на нижнем, относят к категории А, пески с остатком на нижнем сите большим, чем на верхнем, — к категории Б.

### 3.4. Регенерированный песок

Песок	Состав, %			Вредные примеси		Потери при прокаливании	Основная фракция		Газопроницаемость при 4 %-ной влажности
	глинистая составляющая	кремнезем (SiO <sub>2</sub> )	глинозем (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	сера сульфидная	оксиды (K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O, CaO + MgO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		номера сит	остаток на ситах	
Регенерированный	≤ 0,7	93—95	1,5—2,5	≤ 0,03	≤ 1,0 ≤ 2,0 ≤ 1,5	≤ 1,5	0,4, 0315, 0,2	70	150, 170

Примечание. В зависимости от условий производства состав и характеристики регенерированного песка могут изменяться.

### 3.5. Свойства формовочных песков

Свойства формовочных песков	
Метод определения	Влияние свойств песка на качество формовочных и стержневых смесей

#### В л а ж н о с т ь

Определяют взвешиванием высушенной при 105—110°С до постоянной массы навески смеси (50 г). Высушивание производят в сушильном шкафу, а при ускоренном методе — под лучами нагревательной лампы или продувкой нагретым воздухом

Большая влажность песка повышает трудоемкость погружных работ при минусовых температурах, усложняет транспортирование и дозировку песка. Для стержневых смесей, особенно на синтетических связующих, влажность песка должна быть минимальной (0,3—0,5 %)

#### С о д е р ж а н и е г л и н и с т ы х с о с т а в л я ю щ и х

Определяют по потере массы отмучиванием: нормальным методом — на приборе для взбалтывания, ускоренным — на приборе для отмывки в проточной воде. К предварительно высушенной навеске песка массой  $50 \pm 0,01$  г добавляют 475 мл воды и 25 мл водного раствора NaOH (10 г на 100 мл дистиллированной воды), взбалтывают в течение 1 ч и добавляют воду до метки 150 мм. Затем осадок энергично взмучивают палочкой, дают отстояться в течение 10 мин, после этого сливают сифоном до уровня 12—13 мм от верхней кромки осадка. Процесс повторяют до тех пор, пока вода не будет совершенно прозрачной. Получившийся остаток высушивают до постоянной массы при 105—110°С. Потеря массы навески показывает содержание глинистой составляющей в песке

По содержанию глинистой составляющей определяют класс песка. Увеличение содержания ее повышает прочностные характеристики песка, снижает его газопроницаемость и огнеупорность. Для приготовления стержневых смесей, особенно на основе синтетических связующих, содержание глинистой составляющей в песке должно быть минимальным (0,1—0,5 %). Содержание глинистой составляющей в песке для приготовления формовочных смесей на основе бентонитовых глин также ограничивается, но в пределах 1—2 %

#### З е р н о в о й с о с т а в

Определяется рассевом обезглиненной навески песка в течение 15 мин на приборе вращательно-встряхивающего или вибрационного действия с набором стандартных сит. Зерна, оставшиеся в преобладающем

Определяет группу песка и его назначение. С увеличением зернистости песка снижается его удельная поверхность и повышается газонепроницаемость. Назначение группы песка определяется размерами

Свойства формовочных песков	
Метод определения	Влияние свойств песка на качество формовочных и стержневых смесей
количестве на трех смежных ситах, характеризуют размер основной фракции (зернового состава)	отливок: для крупных—используют группу марки 0315, для средних—02 и мелких—016 и 01
Номера сит Размер ячейки, мм	2,5 1,6 1 0,63 0,4 0,315 0,2 0,16 0,1 0,063 0,05

### Ф о р м а з е р е н

Форму зерен (округлую, полукруглую, остроугольную) определяют под микроскопом или бинокулярной лупой в проходящем свете при 15× увеличении и устанавливают по наибольшему количеству зерен, принадлежащих к одному и тому же виду

Влияет на удельную поверхность песка и на уплотняемость смесей (уплотняемость смеси из песка с округлой формой выше, чем из песка, имеющего остроугольную форму зерен)

### Г а з о п р о н и ц а е м о с т ь

Определяют пропусканием воздуха через стандартный образец при естественной или оптимальной влажности и вычисляют по формуле  $\Gamma_n = Wh/Spt$ , где  $W$ —объем воздуха, прошедшего через образец, см<sup>3</sup>;  $h$ —высота образца, см;  $S$ —площадь поперечного сечения образца, см<sup>2</sup>;  $p$ —давление воздуха перед образцом, мН/см<sup>2</sup>;  $t$ —время прохода сквозь образец воздуха объемом  $W$ , мин или определяют по таблицам. Образец диаметром  $(50 \pm 0,2)$  мм и высотой  $(50 \pm 0,8)$  мм изготавливают в неразъемной гильзе трехкратным ударом груза массой  $(6,35 \pm 0,015)$  кг, падающего с высоты  $(50 \pm 0,25)$  мм. Газопроницаемость сырого образца определяют в неразъемной гильзе на специальном приборе

Газопроницаемость песков тем больше, чем крупнее зерно и чем ниже содержание глинистой составляющей. Пески с рассредоточенной зерновой структурой и округлой формой зерен имеют при прочих равных условиях меньшую газопроницаемость, чем пески с сосредоточенной зерновой структурой и остроугольной формой зерен. Газопроницаемость формовочных песков определяет газопроницаемость форм и стержней. Низкая газопроницаемость форм и особенно стержней обуславливает брак отливок по вскипу и газовым раковинам

Свойства формовочных песков	
Метод определения	Влияние свойств песка на качество формовочных и стержневых смесей

### Предел прочности на сжатие в сыром состоянии

Определяют на образцах, изготовляемых как и для испытаний на газопроницаемость в неразъемной гильзе. Образец разрушают со скоростью приложения нагрузки не более 150 кПа в минуту. Значение  $\sigma_{сж}$  определяют при естественной и оптимальной влажности

Значение  $\sigma_{сж}$  определяют только у песков с содержанием глинистой составляющей от 2,0 до 50 %. Эти пески используют в качестве освежающей добавки к формовочным смесям взамен добавки глины. Значение  $\sigma_{сж}$  зависит от содержания в песке глинистой составляющей и его минералогического состава. Для указанных классов песков желателен высокий предел прочности

### Концентрация водородных ионов (рН) песка

Определяют с точностью  $\pm 0,3$  ед. Навеску песка 15—20 г помещают в стаканчик и приливают 60—80 мл дистиллированной воды. После взбалтывания в течение 10 мин в стаканчик с раствором опускают электроды прибора и определяют рН по инструкции, прилагаемой к прибору

Влияет на взаимодействие формовочных и стержневых смесей с жидким металлом и образование пригара, особенно при изготовлении форм и стержней, отверждаемых в остатке. Так, при отверждении стержней в горячих ящиках низкий рН песка приводит к резкому снижению общей и поверхностной прочности стержней. Поэтому при составлении рецептуры смесей необходим тщательный подбор смолы, катализатора и песка, обеспечивающих нужное значение рН

### Огнеупорность

Определяют сравнением температур падения пироскопов, изготовленных из испытуемого и стандартных материалов, или оплавлением зерен песка от разогретой электрическим током платиновой пластинки на синтерометре Дитерта. Огнеупорность песка оценивается температурой пластинки, при которой начинается оплавление и прилипание песка к ней

Является одной из важных характеристик формовочных песков, так как влияет на качество поверхности отливок, на выбиваемость форм и стержней и ряд других показателей. Огнеупорность формовочных песков зависит от их минералогического состава и наличия примесей. Так, примеси в виде щелочных и щелочно-земельных оксидов снижают огнеупорность песков

Свойства формовочных песков	
Метод определения	Влияние свойств песка на качество формовочных и стержневых смесей

### Минералогический состав песков

Определяют отдельно для песчаной основы и для глинистой составляющей. Тяжелые и легкие минералы песчаной основы исследуют отдельно под микроскопом. Минералогический состав глинистой составляющей определяют оптическим или рентгенографическим методом

Позволяет оценить качество формовочных песков и дает возможность установить количество примесей и их природу. Минералогический состав влияет на огнеупорность песков, их инертность или активность к химическим реакциям при высоких температурах

### Химический состав

Определяют содержание в песке  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  и других составляющих. Обычно к химическому анализу относят и испытания на потерю массы при прокаливании. Ускоренным методом определяют наличие в песке карбонатов по интенсивности выделения пузырьков при воздействии на смоченную дистиллированной водой навеску песка соляной кислотой

По содержанию  $\text{SiO}_2$  определяют класс песка и его огнеупорность. Остальные составляющие, как правило, имеют  $t_{\text{пл}}$  ниже, чем кремнезем; увеличение их содержания в песке снижает его огнеупорность. Карбонаты кроме снижения огнеупорности способствуют образованию различных дефектов в отливках, так как они при нагревании до  $t = 500 \div 900^\circ\text{C}$  разлагаются с выделением газообразных продуктов

Необогатенные кварцевые пески имеют сосредоточенную зерновую структуру, если на трех смежных ситах остается не менее 70 % массы зерен, и рассредоточенную зерновую структуру, если на трех смежных ситах остается не менее 60 % массы зерен.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей применяют и регенерированный песок (табл. 3.4), т. е. песок, который после использования перерабатывают в специальных агрегатах, отделяющих металлические включения (магнитные сепараторы), крупные включения (грохоты) и пылевидные частицы. Основные свойства формовочных песков приведены в табл. 3.5.

### 3.4. Формовочные глины

Формовочные глины — горные породы, состоящие из глинистых минералов. Формовочные глины подразделяют в основном на виды и группы в соответствии с приведенными в табл. 3.6—3.10 признаками классификации.

Формовочную глину как самое распространенное связующее вещество вводят в состав смеси в виде порошка, суспензии или пасты. Глину предварительно дробят на вальцах до кусков, не превышающих размеры 70×70 мм, и сушат при температуре: каолиновую — 900°С, монтмориллонитовую — 250°С. Высушенную глину размалывают в бегунах или мельницах с непрерыв-

### 3.6. Виды формовочной глины

Вид		Основной породообразующий материал и его характеристика
обозначение	наименование	
Б	Бентонитовая	Монтмориллонит $[n(\text{Ca}, \text{Mg})\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3(4-5) \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}]$ мягкий минерал белого, розового, синеватого, зеленоватого цветов; впитывает влагу не только поверхностью частиц, но и внутренними слоями, обуславливая высокую клейкость, относится в основном к I сорту
К	Каолиновая и каолино-гидрослюдистая	Каолинит $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ и каолинит с гидрослюдой $[(\text{H}_2)\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3(2-3)\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}]$ Каолинит имеет белый цвет, в сухом виде хорошо поглощает влагу, образуя пластичную тестообразную массу; является основной частью большинства глин, применяемых в литейных цехах
П	Полиминеральная	Любой глинистый минерал

### 3.7. Группы глин по пределу прочности на сжатие во влажном состоянии

Группа	Предел прочности на сжатие, Па, не менее, глины			
	наименование	обозначение	бентонитовой	каолиновой, каолино-гидрослюдистой
Прочносвязующая	П	12,753·10 <sup>4</sup>	10,791·10 <sup>4</sup>	
Среднесвязующая	С	10,791·10 <sup>4</sup>	7,847·10 <sup>4</sup>	
Малосвязующая	М	8,829·10 <sup>4</sup>	4,905·10 <sup>4</sup>	

### 3.8. Подгруппы глин по пределу прочности на сжатие в сухом состоянии

Группа		Предел прочности на сжатие, Па, не менее, глины	
наименование	обозначение	бентонитовой	каолиновой, каолино-гидрослюдистой
Прочносвязующая	1	$53,955 \cdot 10^4$	$44,145 \cdot 10^4$
Среднесвязующая	2	$34,335 \cdot 10^4$	$29,43 \cdot 10^4$
Мадосвязующая	3	$29,43 \cdot 10^4$	$19,62 \cdot 10^4$

### 3.9. Группы глин по содержанию вредных примесей

Наименование	Обозначение	Массовая доля примесей, %, не более		
		$Fe_2O_3$	$Na_2O + K_2O$	$CaO + MgO$
С низким содержанием примесей	T <sub>1</sub>	2,5	1,5	2,0
Со средним содержанием примесей	T <sub>2</sub>	4,5	3,0	5,0
С высоким содержанием примесей	T <sub>5</sub>	8,0	5,0	8,0

Примечание. Массовая доля сульфидной серы в глинах всех видов не должна превышать 0,2%.

### 3.10. Группы глин по пластичности

Группа	Число пластичности	Группа	Число пластичности
Высокопластичная	30	Умереннопластичная Малопластичная	10
Среднепластичная	20		Не нормируется

Примечания. 1. Число пластичности определяют как разность между влажностью, соответствующей нижней границе текучести, и влажностью, соответствующей пределу раскатывания. 2. Для повышения пластичности и связующих свойств в глину вводят активизирующие добавки ( $Na_2CO_3$ ,  $KCO_3$ ).

### 3.11. Свойства формовочных глин

#### Свойства формовочных глин

Метод определения	Влияние свойств глины на качество формовочных и стержневых смесей
-------------------	---

#### В л а ж н о с т ь

Определяют взвешиванием высушенной в сушильном шкафу при 102—110° С до постоянной массы навески, которая весит во влажном состоянии ( $20 \pm 0,01$ ) г

Для глин, поставляемых в порошкообразном виде, влажность равна 6—12 %. Большая масса приводит к комкованию глины и затрудняет ее подачу и дозирование. Очень низкая влажность сопряжена с техническими трудностями при сушке перед размолом. Если влажность порошкообразной глины ниже 6 %, то ее связующая способность и долговечность понижается вследствие пережога при сушке (потеря кристаллизационной воды и распад кристаллической решетки)

#### С в я з у ю щ а я с п о с о б н о с т ь

Определяют по  $\sigma_{сж}$  образцов во влажном и высушенном состояниях. Смесь для образцов во влажном состоянии содержит 1800 г сухого песка, 200 г воздушно-сухой и размолотой глины. Сухие составляющие перемешивают в течение 2 мин и еще в течение 8 мин после добавления воды до оптимальной влажности. Для определения  $\sigma_{сж}$  в высушенном состоянии смесь содержит 1900 г песка, 100 г сухой глины и воду в количестве, обеспечивающем оптимальную влажность смеси. Сушат образцы при 150—200° С в течение 1,5 ч

Связующая способность — важнейшее свойство, характеризующее качество глин. С ее повышением уменьшается количество глины, вводимой в состав формовочной смеси, повышаются газопроницаемость и огнеупорность смеси и в большинстве случаев снижается влажность, что уменьшает ее прилипаемость и улучшает формируемость. Однако при изготовлении форм по-сырому глина должна обладать умеренной прочностью в сухом состоянии, так как в противном случае затрудняются выбивка и подготовка отработанной смеси

#### П л а с т и ч н о с т ь

Определяется как разность между значениями влажности, соответствующими нижней границе текучести и пределу раскатывания

Пластичные глины в составах формовочных смесей обеспечивают четкий отпечаток модели и уменьшают осыпальность форм

Свойства формовочных глин	
Метод определения	Влияние свойств глины на качество формовочных и стержневых смесей

### Зерновой состав

Определяют методом отмучивания глинистой составляющей и рассевом на стандартных ситах песчаной составляющей. Кроме того, проверяют дисперсность глинистой составляющей, т. е. устанавливают содержание в ней частиц размером от 0,005 до 0,001 мм и менее 0,001 мм. Метод основан на различной скорости погружения частиц в воде в зависимости от их размера и температуры воды. Дисперсность определяют отбором проб из водно-глинистой суспензии через определенные промежутки времени

Зерновой состав глин разнообразен, так как содержит свыше 50 % глинистой составляющей (частиц размером не менее 0,022 мм). Зерновой состав влияет на связующую способность глин, пластичность и другие свойства. Технические требования к зерновому составу устанавливают в зависимости от вида глины, назначения и условий ее применения

### Коллоидальность

Определяется отношением (%) высоты осадка к общей высоте водно-глинистой суспензии после отстаивания ее в течение 24 ч. В пробирку высотой около 150 мм насыпают 1 г воздушно-сухой и размолотой глины и доливают 15 мл дистиллированной воды. После этого содержимое тщательно взбалтывают и добавляют 0,1 г MgO, снова взбалтывают в течение 1 мин и оставляют в покое на 24 ч, после чего измеряют высоту осадка

Характеризует способность глины образовывать устойчивую водно-глинистую суспензию. Влияет на распределение глинистой составляющей в формовочной смеси и, следовательно, на ее прочность и пластичность

### Состав обменных катионов

Определяют специальными методами химического анализа и выражают в мг·экв на 100 г глины. К числу обменных катионов относят  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$

Чем больше сумма обменных катионов в глине, тем выше ее качество. При обмене одних катионов на другие меняются и свойства глины. Например, при обработке кальциевого бентонита содой происходит замещение катионов  $Ca^{++}$  катио-

Свойства формовочных глин	
Метод определения	Влияние свойств глины на качество формовочных и стержневых смесей
	нами $\text{Na}^+$ , в результате чего бентонит из кальциевого становится натриевым

### Минералогический состав

Определяют так же, как у песков. При этом дифференциальный термический анализ заключается в сравнении дифференциальной термической кривой испытуемой глины с термическими кривыми чистых минералов. По наличию экзотермических или эндотермических реакций приблизительно устанавливают минералогический состав глины

Основными минералами являются каолинит, гидрослюда и монтмориллонит, которые определяют вид глины и ее назначение. Лучшими глинами считаются монтмориллонитовые (бентонитовые). Они обеспечивают высокую связующую способность, пластичность и долговечность формовочных смесей. Менее качественными являются гидрослюдистые глины

### Набухаемость

Определяется отношением поглощенной влаги к первоначальной массе глины. Испытание проводят на специальном приборе, устроенном по принципу сообщающихся сосудов

Характеризует способность глины поглощать влагу. Зависит от строения кристаллической решетки глины и количества примесей. Набухаемость оказывает некоторое влияние на изменение размеров отпечатка формы, изготавливаемой по-сухому, и на характеристики водно-глинистых суспензий

### Концентрация водородных ионов (рН)

Определяют так же, как у песков, только для испытания берут навеску массой 8—10 г и в стаканчик приливают 80—100 мл дистиллированной воды

Влияние рН глины подобно ее влиянию в песке. Наблюдается, что с повышением рН прочность формовочной смеси в горячем состоянии возрастает. Простейший анализ рН глины позволяет быстро установить, из какого места разработки получена данная партия глины

Свойства формовочных глин	
Метод определения	Влияние свойств глины на качество формовочных и стержневых смесей,

### Огнеупорность

Определяют так же, как у песков. Для испытания на синтерометре Дитерта готовят стандартные образцы, состоящие из 50 % испытуемой глины, при оптимальной влажности. Уплотнение образцов производят 30 ударами копра (по 15 с каждого торца). Перед испытанием образцы высушивают при медленном подъеме температуры до 110°С

Огнеупорность формовочных глин так же, как у песков, зависит от наличия в ней легкоплавких оксидов. Огнеупорность оказывает большое влияние на образование пригара и долговечность формовочных смесей

### Химический состав глины

При испытании определяют содержание в глинах  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{MgO}$ ;  $\text{Na}_2\text{O}$ ;  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $\text{SO}_3$ ;  $\text{CO}_2$ , серы сульфатной и потерю при прокаливании

Химический состав дает некоторое представление о качестве глины—ее связующей способности, огнеупорности и других показателях

ным отсевом ее через сито с ячейками не более  $1,6 \times 1,6$  мм. Степень помола на маятниковой мельнице: остаток на ситах 0,1; 0,63; 0,05; на тазике—не менее 90 %. Суспензию готовят в специальной установке, состоящей из двух емкостей, которые оборудованы дозаторами. Состав глинистой (бентонитовой) суспензии, % (по объему): глина молотая, сухая 23—25, вода—77—75.

В табл. 3.11 даны свойства формовочных глин и методы их определения. Кроме указанных в табл. 3.11 методов испытаний глины иногда контролируют на долговечность, определяют их «мокрую» прочность и испытывают на водопоглощение,

### 3.5. Связующие материалы

Кроме формовочной глины в качестве связующих для приготовления формовочных и стержневых смесей используют органические и неорганические материалы. Их условно делят на три класса: А, Б, В. Классы А и Б включают органические связующие материалы, В—неорганические. Органические связующие материалы бывают неводные (класс А) и водные

### 3.12. Связующие материалы

Группа материалов	Удельная прочность, кПа	Класс материалов		
		органических		неорганических водных—В
		неводных—А	водных—Б	
I	> 600	А-1, льняное масло, олифа-оксоль, связующие П, ПТ, ПТА, КО, пульвербакелит и др.	Б-1, связующие МФ-17, М, МСБ, СМ-1 и др.	В-1, жидкое стекло
II	300—600	А-2, ГТФ, СЛК, БК, ДП и др.	Б-2, связующие СП, СБ, КТ, КВ, декстрин и др.	В-2
III	< 300	А-3, древесный пек	Б-3, сульфитная барда, па-тока	В-3, цемент, формовочные глины

(класс Б). Все неорганические связующие класса В относят к водным материалам. По прочности связующие (органические и неорганические) материалы делят на три группы: I, II, III (табл. 3.12). Их свойства оценивают по технологическим пробам, составленным из песка и связующего материала.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей широко используют и связующие на основе формальдегидных и фурановых смол (табл. 3.13), а также совмещенные смолы (мочевиноформальдегиднофурановые, фенолоформальдегиднофурановые и др.). Смолы придают смесям хорошую формуемость, удовлетворительную термостойкость, хорошую выбиваемость.

Смолы горячего твердения (см. табл. 3.13) применяют в крупносерийном и массовом производстве с использованием специальной металлической модельной оснастки, оборудования и приспособлений для нагрева моделей и стержневых ящиков.

Смолы холодного твердения (см. табл. 3.13) применяют как в массовом, так и в мелкосерийном и серийном производстве. В табл. 3.14 приведены катализаторы для песчано-смоляных холодно-твердеющих смесей, в табл. 3.15 — добавки для приготовления холоднотвердеющих смесей,

### 3.13. Связующие на основе синтетических смол

Марка связующего	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Условная вязкость при 20 °С, с	pH	Коксовое число, %	Категория пожаровзрывоопасности	Область применения
------------------	------------------------------	--------------------------------	----	-------------------	---------------------------------	--------------------

#### Мочевиноформальдегидные

М-19-62	1,26	20—100	7,2— 8,5	8,5	Категория В. Негорючая водорастворимая жидкость	Стержни для цветных и чугунных отливок
УКС	1,26— 1,29	40—70	7,6— 9,0	6,7	То же	То же
УСК-Л	1,26— 1,20	40—70	8,0— 9,0	9,5	»	»
УГТС	1,18— 1,22	50—120	—	19,0	»	Стержни для чугунных отливок
КС-68	1,24— 1,25	20—90	6,5— 8,0	8,0	»	Стержни для отливок из цветных сплавов
М-3	1,175— 1,250	40	7,2— 9,0	8—9	Категория В. Негорючая водорастворимая жидкость	Стержни для отливок из цветных сплавов
ВК-1	1,18— 1,26	20	7,2— 9,0	8—9	То же	То же

#### Карбамидно-фурановые

БС-40	1,22— 1,24	20—37	6,5— 8,4	38,9	»	Стержни чугунных отливок
КФ-107	1,20— 1,25	30—80	—	34,5	»	То же
КФ-90	1,22— 1,24	13—17	7,8— 9,0	25—35	»	»
КФ-40	1,22— 1,24	25—60	7,8— 9,0	20	»	Стержни для отливок из цветных сплавов

Продолжение табл. 3.13

Марка связующего	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Условная вязкость при 20 °С, с	pH	Коксовое число, %	Категория пожаровзрывоопасности	Область применения
<b>Карбамидно-фенолофурановые</b>						
Фури-тол-107	1,2	30—90	5	—	То же	Стержни для стальных и чугунных отливок
Фори-тол-125	1,2	20—70	6,5—8,5	—	»	То же
<b>Фенолофурановые</b>						
ФФ-1ФМ	1,3	5—120	—	—	Растворим в спиртах: фурфуроловом, этиловом, ацетоне	Стержни для стальных и чугунных отливок
ФФ-1Ф	1,3	До 150	—	—	То же	То же
ФФ-1СМ	1,3	30—90	—	—	»	»
Фурфурол (I сорт)	1,16	7	—	—	»	»
КОФЧ	—	70	—	—	»	Стержни для стальных отливок
<b>Фенольные</b>						
ОФ-1	1,18	150	—	—	В воде растворяется	То же

### 3.14. Катализаторы для песчано-смоляных холоднотвердеющих смесей

Марка катализатора	Состав	Примечание
ОК	Ортофосфорная кислота плотностью 1,65—1,67 г/см <sup>3</sup>	Для отверждения карбамидно-фурановых связующих
АКО	Азотная кислота и ортофосфорная кислота (смесь в соотношении 3:4)	То же
АЖО	Азотнокислое железо и ортофосфорная кислота (смесь в соотношении 3:4)	»
БСККП	Бензосульфокислота и контакт Петрова (смесь плотностью 1,26—1,29 г/см <sup>3</sup> )	Для отверждения фенолофурановых связующих
БСК	Бензосульфокислота (раствор плотностью 1,25—1,30 г/см <sup>3</sup> )	Для отверждения связующих всех классов

### 3.15. Добавки для приготовления холоднотвердеющих смесей

Наименование добавок	Цель применения	Условия хранения
Оксид железа	Предотвращение газовой пористости, просечек на отливках, улучшение чистоты на поверхности	В сухих помещениях
Древесная мука	Улучшение податливости. Применяют для отливок, склонных к образованию трещин	То же
Этиловый спирт	Улучшение живучести (действует как ингибитор)	В соответствии с действующими правилами хранения спиртов
Оксид алюминия	Улучшение чистоты поверхности отливок и увеличение скорости отверждения стержней	В сухих помещениях
Колчедановый огарок (отход при производстве серной кислоты)	Улучшение показателей смеси, ускорение отверждения	Навалом в сухих помещениях

### 3.16. Облицовочные формовочные смеси чугунных отливок

Отливка	Форма	Состав, %										Свойства		
		песок			оборотная смесь	глина	древесные опилки	уголь молотый	связующее ДП	сульфитная барда	газопроницаемость в сыром состоянии, ед.	влажность, %	на сжатие в см.	прочность, кПа
		1К016	1К0315	2КРК										
Средняя	Сухая	—	25—50	—	59—32	12—14	4	—	—	—	60—80	6—7	50—80	> 300
Крупная		—	40—80	—	40—12	12—16	8	—	—	—	80—100	6—8	50—80	> 300
Средняя	Полусушенная	—	—	96—97	—	3,0—4,0	—	—	2,0	2,0	> 70	2,8—3,4	15—18	150—250
Крупная		—	—	90—91	—	2,0—2,5	7	—	1,5	1,5	> 100	2,8—3,4	10—13	150—250
Мелкая	Сырая	61—62	—	—	18	0—0,5	—	20	—	—	> 70	4,5—5,5	20—25	—

## 3.17. Единые формовочные смеси для чугунных отливок

Отливка	Состав, %							Свойства		
	песок		оборотная смесь	бентонит	формовочная глина	уголь молодой	газопроницаемость в сыром состоянии, %	влажность, %	прочность на сжатие в сыром состоянии, кПа	
	1К016	1К0315 П01								
Мелкая, средняя	4,5	—	1,5	92—93	—	0,5—0,75	0,8	> 70	4,0—4,5	40—50
Средняя	—	4,0—8,0	—	88,2—94,7	0,4—0,82	—	—	> 100	4,5—5,5	75—85

Примечание. В состав единых улучшенных смесей для средних отливок вводят 3% (от массы бентонита) кальцинированной соды; 0,5—1,0% асбестовой крошки; 0,4—1,0% древесного песка (или битума); 5,5—6,5% воды.

### 3.6. Формовочные и стержневые смеси

Формовочные смеси подразделяют на единые, предназначенные для заполнения всего объема опоки с моделью; облицовочные, образующие прилегающий к модели облицовочный слой формы; наполнительные, служащие для заполнения оставшегося объема опоки после нанесения облицовочного слоя.

#### 3.18. Наполнительные формовочные смеси для чугунных отливок

Отливка	Состав, %			Свойства		
	2КРК	оборотная смесь	формовочная глина	газопроницаемость в сыром состоянии, ед.	влажность, %	прочность на сжатие в сыром состоянии, кПа
Крупная	—	93	6,5—7,5	> 80	4,8—5,5	45—55
Средняя	9	83—84	7,0—8,0	> 100	4,2—5,0	40—50

Для изготовления форм применяют также пластичные самотвердеющие смеси (ПСС), для изготовления стержней и форм—жидкоподвижные самотвердеющие смеси (ЖСС). Рецептура многочисленных составов смесей с использованием смол холодного твердения (так же, как и смесей со смолами горячего твердения) состоит из смолы, катализатора, кварцевого песка. Составы смесей ХТС различаются по используемой смоле и катализатору.

Формовочные и стержневые смеси должны обладать достаточной прочностью в сыром и сухом состояниях, хорошей формованием и газопроницаемостью, высокой огнеупорностью и выбиваемостью, низкой газотворностью. Составы и свойства смесей приведены в табл. 3.16—3.29.

### 3.7. Приготовление формовочных и стержневых смесей

Формовочные (единые, облицовочные, наполнительные) и стержневые смеси приготавливают различными способами в зависимости от их назначения и технологических свойств.

**Формовочные смеси.** 1. Единую смесь готовят в такой последовательности. Обратную смесь, освежающие добавки (кварцевый песок, формовочную глину, молотый уголь, свя-

### 3.19. Смеси для изготовления форм на автоматических линиях

Отливка	Смесь	Состав, %							Свойства			
		песок IK016	оборот- ная смесь	бентонит	формо- вочная глина	уголь моло- тый	связую- щее KO	крахма- лит	газопро- ницае- мость в сыром со- стоянии, ед.	влаж- ность, %	прочность на сжатие в сыром состоя- нии, кПа	
Чугун- ная	Единая	4,0	95	—	0,3—0,5	0,3	0,3	—	50	3,5—4,0	45—55	
	Единая с понижен- ной влаж- ностью	5,7	92—94	0,6	—	0,5	0,01—0,03	—	55	2,8—3,2	40—50	
»	Единая с высокой прочностью и понижен- ной влаж- ностью	2,5—5,4	91,0—96,3	1,2—3,0	—	—	—	0,015— 0,05	140—180	2,9—3,3	160—190	

### 3.20. Облицовочные ПСС для чугунных отливок

Отливка	Состав, %							Свойства	
	песок 2КРК	формо- вочная глина	уголь мо- лотый	жид- кое стекло	раствор едкого натра	ферро- хромный шлак	газопрони- цаемость в сыром со- стоянии, ед.	влаж- ность, %	прочность, кПа
Крупная	43—45	4—5	2,5	5,7	0,4—0,8	0,9—1,1	150	3,5—4,0	на сжа- тие на растяже- ние после выдержки на воздухе 1 ч
Средняя	85	3,3—4,3	2,4	5,6	0,4—0,8	2,4—2,8	150	3,4—3,8	15—25 18—30
Плоскостная	90	—	1,2—1,4	5,6	0,4—0,8	3,4—4,2	150	3,4—3,8	13—30 100—130

Примечания. 1. Прочность на растяжение с увеличением выдержки на воздухе возрастает. 2. В состав смесей для форм крупных отливок вводят 43—45 % регенерированного песка.

### 3.21. Жидкие самоотверждающие смеси (ЖСС) для чугунных и стальных отливок

Отливка	Смесь	Состав, %										Свойства	
		песок 2КРК	фор- мовоч- ная глина	уголь моло- тый	мазут	жид- кое стекло	раст- вор елкого нагря	ДС-РАС	вода	ферро- хром- ный шлак	газопро- ницае- мость в сыром со- стоянии после вы- держки на возду- хе 1 ч, ед.	влаж- ность, %	прочность на сжа- тие после выдержки на возду- хе 1 ч, кПа
Чугунная крупная и сред- няя	Обли- цовочная	86—88	—	1,0	—	6,7— 7,0	0,2— 0,4	0,06—0,08	1,2— 1,4	3—4	20	4,7— 5,3	200
	Стальная крупная и сред- няя	86—88	1,8— 2,8	—	0,2— 0,3	6,7— 7,3	0,2— 0,4	0,06—0,08	1,2— 1,4	3,3— 4,3	15	5,0— 5,5	250
Чугунная или стальная крупная и сред- няя	Напол- нитель- ная	92—94	—	—	—	3,8— 4,0	—	0,06—0,08	1,1— 1,3	3	300	3,5— 4,0	100—130

Примечание. Газопроницаемость и прочность смесей с увеличением выдержки на воздухе возрастают.

### 3.22. Составы цементных жидких самотвердеющих смесей и их физико-химические свойства

Кварцевый песок	Портландцемент	ДС-РАС	Вода	Ускорители твердения			Предел прочности при сжатии, кПа, через		
				карбонат	алюминат	гексамефосфат натрия	1 ч	3 ч	24 ч
85	15	0,1	7,5	—	—	—	—	—	600
85	15	0,1	7,5	—	—	1,5	80	130	220
85	15	0,25	7,5	—	0,75	—	10	50	1000
85	15	0,05	7,5	1,5	—	—	60	130	500
85	15*	0,05	7,5	1,5	—	—	100	270	640

Примечание. Знаком «\*» помечен портландцемент, помолотый до удельной поверхности 4500 см<sup>2</sup>/г; его исходная удельная поверхность 2550 см<sup>2</sup>/г.

зующие) увлажняют и перемешивают в бегунах 4—7 мин. Обратную смесь предварительно пропускают через магнитный сепаратор, а затем просеивают через полигональное сито с размерами ячейки не более 16 мм. Готовую смесь подают в бункера-отстойники, в которых она вылеживается 2—3 ч. После разрыхления в дезинтеграторе или аэраторе смесь поступает на рабочие места.

2. Способ приготовления облицовочной смеси такой же, как единой, но время перемешивания в бегунах увеличивают на 8—12 мин (см. п. 1).

3. Способ приготовления наполнительной смеси такой же, как единой (см. п. 1).

4. Облицовочную, пластичную самотвердеющую смесь (ПСС) на жидком стекле приготавливают в два этапа. На первом этапе в бегуны вводят все компоненты смеси, кроме феррохромного шлака,— песок, глину, уголь молотый, жидкое стекло, раствор едкого натра и др. Время перемешивания компонентов 6—8 мин. Готовую базовую смесь по транспортерным лентам подают в бункера, установленные на рабочих местах формовочных участков. Приготовление ПСС на втором этапе выполняют в специальных барабанных или шнековых смесителях. В смеситель из бункера подают базовую смесь, вводят дозу феррохромного шлака и все компоненты перемешивают 0,3—1,0 мин. Готовую смесь кубелями или непосредственно из шнекового смесителя подают в опоку,

### 3.23. Типовые смеси для стальных отливок

Отливка	Смесь	Состав, %						Свойства		
		песок			формо- вочная глина	обо- рот- ная смесь	сульфит- ная бар- да	газопро- ницае- мость в сыром состоя- нии, ед.	влаж- ность, %	проч- ность на сжа- тие в сыром состоя- нии, кПа
		К02А	К0313Б	К016А						
Крупная Крупная, склонная к го- рячим трещи- нам Средняя Мелкая Мелкая	Облицовочная для сухих форм	15,5—50,5	—	—	4—9	40—80	0,5	70—100	5—7	50—70
	Облицовочная для сырых форм	12,5—45,5	—	—	4—9	40—80	1,5—2,4 8	70—100	5—7	35—60
	Единая для сы- рых форм	—	33,5—51,0	—	6,8	40—60	0,5	100—130	4,5—5,5	50—70
		—	—	16,5—53,0	3,0—5,5	40—80	0,5	80—100	3,5—4,5	30—50
		—	—	6,5—8,0	—	90—97	1,5—2,0	80—100	3,5—4,5	30—50

### 3.24. Типовые смеси для отливок из цветных сплавов

Сплав	Смесь	Состав, %						Свойства				
		песок			оборотная смесь	общее глиносо- держание	мазут	сульфитная барда	фтористая при- садка	газопроницае- мость в сыром со- стоянии, ед.	влажность, %	прочность на сжа- тие в сыром со- стоянии, кПа
		K016A	K01A	П0063A. П01A								
Мед- ный	Облицовоч- ная для сухих форм	20—40	—	—	60—80	10—15	—	—	—	> 30	5,5—5,7	40—60
	Облицовоч- ная для сырых форм	18,5—59,0	—	—	40—80	8—12	1,0—1,5	—	—	> 30	4,5—5,5	30—50
	Единая для сырых форм Облицовоч- ная для сухих форм	7—10 —	—	19,5—39,0	82,0—88,5 60—80	8—12	1,0—1,5	—	0,5—1,0	> 30 > 20	4,5—5,5 5—6	30—50 40—60
Алю- миние- вые	Облицовоч- ная для сырых форм	—	20—40	—	60—80	8—10	—	—	—	> 20	5—6	30—50
	Единые для сырых форм То же	—	—	—	90—92 85—90	8—10	—	—	—	> 20 5,9	4,5—5,5 30—70	30—50 40—80

Примечание. В состав смесей для форм магниевых отливок вводят 1,5—2,0 % крепежеля 4ГУ (или 4ГФ).

3.25. Типовые стержневые смеси для ручной формовки чугуновых и стальных отливок

Стержень	Состав, %						Свойства				
	песок		формовочная глина	асбестовая крошка	древесные опилки	сульфитная барда	связующие СБ (или КО)	газопроницаемость в сухом состоянии, ед.	влажность, %	прочность, кПа	
	1К016	2КРК								на сжатие в сыром состоянии	на растяжение в сухом состоянии
Крупный	—	72—73	9—10	10	8	—	3,9	> 60	7,9—9,0	35—50	350—600
Средний	82—83	—	4—5	—	13	—	4,2	> 150	3,2—3,6	15—18	280—420
Мелкий	96—97	—	3—4	—	—	4,3	3,5	> 150	2,8—3,4	10—12	800—1200

3.26. Типовые стержневые смеси для машинной формовки чугуновых и стальных отливок

Стержень	Состав, %						Свойства			
	песок		формовочная глина	асбестовая крошка	сульфитная барда	связующие СБ (или КО)	газопроницаемость в сухом состоянии, ед.	влажность, %	прочность, кПа	
	1К016	2КРК							на сжатие в сыром состоянии	на растяжение в сухом состоянии
Крупный	—	19	1—2	3	3,3	3,3	> 180	2,9—3,4	13—15	400—700
Средний	—	19	0,5—1,0	3	3,3	3,3	> 180	2,9—3,4	11—13	400—700
Мелкий	97—98	—	2—3	—	4,3	3,6	> 150	2,8—3,4	7—8	800—1200

### 3.27. Стержневые смеси специального назначения для чугуных и стальных отливок

Смесь	Состав, %							Свойства				
	песок	фор-мовоч-ная глина	графит черный	мар-шал-лит	суль-фитная барда	связующее КО (или СБ)	дек-стрин	цир-коновый кон-цент-рат	газопро-ницае-мость в сухом со-стоянии	влаж-ность, %	прочность, кПа	
											на сжа-тие в сыром со-стоянии	на растяже-ние в сухом состоянии
Антипригарная	94—95	1—2	4	—	3	3	3	—	> 150	2,8—3,4	10—12	800—1200
Для ленточных стержней	92—93	1—2	—	6	3	3	3	—	> 150	2,6—3,0	12—14	1200—1500
Легковываемая	75	3	10	12	2,5	4,5	2	—	> 150	4,0—4,5	12—15	600—700
Для литниковых чаш	96—97	3—4	—	—	—	(5,0)	—	—	> 150	2,8—3,4	10—12	500—800
Цирконовая повы-шенной термостой-кости	—	2	—	—	—	1,5—(2,5)	—	94	> 25	2,2—2,4	2—12	> 1500

### 3.28. Стержневые ЖСС для чугуновых и стальных отливок

Рецептура	Состав, %						Свойства				
	песок 1К02Б	ферро- хром- ный шлак	древесный пек	сверх 100 %			газопроница- емость после выдержки на воздухе 1 ч, ед.	влагопо- содержание, %	устойчи- вость пе- регрева, мин	прочность на сжатие после выдержки на воздухе 1 ч, кПа	
				жидкое стекло	ДС-РАС	раствор едкого натра					вода
№ 1	95,25	4,0	0,75	6,5	—	0—0,3	1,5	30—40	5,0—5,4	8—12	200
№ 2	95,25	4,0		6,5	0,08—0,2	0—0,3	1,5	30—40	5,0—5,4	8—12	200
№ 3	95	4,0	0,1	8,9	0,12	0—0,3	1,37	30—40	5,5—6,0	8—12	200
№ 4	95	4,0	С углем	8,5	0,12	0—0,3	1,52	30—40	5,5—6,0	8—12	200

Примечания: 1. В состав ЖСС рецептуры № 1 вводят сверх 100 % контакт Петрова—0,3 % и оксидол—0,06—0,12 %. 2. Кварцевый песок может быть заменен регенерированным до 50 %. 3. Газопроницаемость и прочность смесей с увеличением выдержки на воздухе возрастают.

3.29. Типовые стержневые смеси для отливок из цветных сплавов

Сплав	Назначение смеси	Состав, % (по массе)						Свойства					
		песок		оборотная смесь	связующее М (или ВМ)	сульфитная барда	связующее группы А-1 (или А-2)	декстрин	борная кислота	газопонижающая способность в сухом состоянии, ед.	влажность, %	на сжатие в сухом состоянии	прочность, кПа на растяжение в сухом состоянии
		IK016A	IK02A										
Медный	Для сложных стержневых групп I—II	—	100	—	—	—	0,6—1,2	—	—	> 100	2—3	3—6	500—800
		20	80	—	—	2—3	—	—	—	> 90	3—4	10—15	350—60
		—	48—50	47—50	—	2,0	(1,5—2,5)	—	—	> 70	3—4	10—15	300—350
Алюминиевый	Для сложных стержневых групп I—II	3—5	95—97	—	1,5—2,0	—	—	—	0,2—0,3	> 80	3—5	6—10	700—1000
		3—5	95—97	—	(1,5—3,0)	—	—	—	—	> 80	3—4	5—10	150—300

Продолжение табл. 3.29

Слав	Назначение смеси	Состав, % (по массе)				Свойства							
		песок		оборотная смесь	связующее М (или БМ)	сульфитная барда	связующее групп А-1 (или А-2)	декстрин	борная кислота	газопонижаемость в сухом состоянии, ед.	влажность, %	прочность, кПа	
		IK016A	IK02A									на сжатие в сыром состоянии	на растяжение в сухом состоянии
	Для простых стержней IV—V группы	4—3	46—47	50	—	1,5—3,0	—	—	—	> 70	3,5—4,0	15—25	150—300
Магнетитовый	Для сложных стержней I—II группы	3—5	95—97	—	1,5—2,0	—	—	0,2—0,3	4—5	> 80	3—5	6—10	700—1000
	Для стержней средней сложности III группы	3—5	95—97	—	(1,5—3,0)	—	—	—	4—5	> 80	3—4	5—10	150—300
	Для простых стержней IV—V группы	4—3	46—47	50	—	1,5—3,0	—	—	4—5	> 70	3,5—4,0	15—25	150—300

Примечание. В состав смеси, предназначенной для формовки простых стержней IV—V группы, вводят (при изготовлении огликов из магниевых сплавов) 2—5 % песка П01.

### 3.30. Основные виды оборудования для приготовления исходных материалов и смесей

Оборудование	Назначение
Оборудование для измельчения	
Шнековые дробилки С182А производительностью 9—10 м <sup>3</sup> /ч	Грубое измельчение комьев формовочного песка, сухой формовочной глины, угля, кокса, ферросилиция и др.
Вальцовые дробилки 8009 конструкции завода «Станколит» с производительностью 0,5 т/ч	То же
Молотые дробилки УМ20 производительностью 0,5 т/ч	»
Шаровая мельница 151 М. Наибольшая масса загружаемого материала 40 кг, производительность 75 кг/ч	Для тонкого помола сухих материалов (угля, кокса, графита, формовочной глины и др.)
Оборудование для просеивания	
Передвижная смесесеялка 171 производительностью до 3 м <sup>3</sup> /ч	Для просеивания наполнительной смеси на больших маломеханизированных участках
Сито барабанное 176М производительностью 40 м <sup>3</sup> /ч	Для просеивания просушенных песков и других материалов
Сито плоское СМ50 производительностью 30 м <sup>3</sup> /ч	Для просеивания различных материалов
Оборудование для смешивания и разрыхления	
Бегуны с вертикальными катками 1А12. Объем замеса 0,6 м <sup>3</sup> , производительность 12 м <sup>3</sup> /ч	Для приготовления формовочных и стержневых смесей
Бегуны с горизонтальными катками 115 м. Объем замеса 0,4 м <sup>3</sup> , производительность 25 м <sup>3</sup> /ч	То же
Сдвоенные бегуны с вертикальными катками 1524. Объем замеса 2 м <sup>3</sup> , производительность 80 м <sup>3</sup> /ч	»
Литейный аэратор (лопастный) 1А32 производительностью 40 м <sup>3</sup> /ч	Для разрыхления смеси после ее приготовления
Передвижная машина барабанного типа 126 производительностью до 12 м <sup>3</sup> /ч	Для просеивания и разрыхления материалов, а также для удаления металлических включений

Оборудование	Назначение
--------------	------------

## Оборудование для сушки

Горизонтальные барабанные печи СОБ-1, СОБ-2, СОБ-3, СОБ-4, СОБ-5, ПБ2-0, 6, ПБ1-13,0. Производительность 0,6—9,0 (песок влажностью 15 %) и 0,25—3,4 т/ч (глина влажностью 23 %)	Для сушки формовочных песков и глины
Тарельчатые сушильные печи ПТ-3, ПТ-6, ПТ-12, ПТ-24	Для сушки формовочного песка

## Оборудование для смешивания

Поворотные смесители СН198, СН204, 4722 производительностью соответственно 1,0; 2,6; 3,0 т/ч	Для приготовления химически твердеющих смесей (ЖСС, ПСС, ХТС)
--	---

5. Исходные материалы жидких самоотвердеющих смесей (ЖСС) подают в бункера на формовочный участок. Бункера установлены над барабанными (периодического действия) или шнековыми (непрерывного действия) смесителями. Затем в заданной последовательности исходные материалы подают в смеситель, в котором их перемешивают 3—5 мин. Жидкую композицию приготавливают отдельно. Готовую смесь подают в опоку.

6. Формовочные смеси на смолах холодного твердения приготавливают так же, как стержневые смеси с ХТС (см. ниже п. 9).

**Стержневые смеси.** 7. Способ приготовления жидких самоотвердеющих стержневых смесей (ЖСС) такой же, как формовочных (см. выше п. 5).

8. Исходные материалы песчано-глинистых смесей (формовочный песок, глина, связующие и специальные добавки) увлажняют и перемешивают в бегунах 10—12 мин. После перемешивания 1,5—2 ч готовую смесь подают на рабочие места в бункера или в специальные кораба.

9. Компоненты стержневых смесей на смолах холодного твердения (кварцевый песок, смолу и катализатор) подают в определенных дозах в шнековый смеситель непрерывного действия и тщательно перемешивают 1 мин. Готовая смесь из смесителя поступает в стержневой ящик.

**Оборудование.** В смесеприготовительных цехах для приготовления смесей и подготовки исходных материалов применяют основные виды оборудования, приведенные в табл. 3.30,

Кроме основных видов оборудования используют питатели, системы для перемешивания материалов и смесей, магнитные сепараторы, дозаторы и другое нестандартное оборудование. В настоящее время разработаны и внедрены комплексно-механизированные и автоматизированные системы большой мощности и высокой производительности.

### 3.8. Вспомогательные формовочные материалы

При изготовлении отливок применяют вспомогательные материалы различного состава и назначения (табл. 3.31—3.35).

Модельные припылы (ликоподий, серебристый графит, цемент, тальк) и разделительные смазки используют для покрытия поверхностей модели (или стержневого ящика) с целью предупредить прилипание к ним формовочных (или стержневых) смесей. Широко применяют разделительные смазки следующих составов: 1) 50 % керосина, 50 % мазута; 2) 30 % хлористого кальция, 65 % воды, 5 % ДС-РАС; 3) 40 % керосина, 40 % мазута, 20 % серебристого графита; 4) 8—12 % олеиновой кислоты, 92—88 % керосина.

Противопрigarные материалы (каменноугольную пыль, мазут, графит, маршаллит, молотый древесный уголь, краски, натирки и др.) вводят в состав формовочных и стержневых смесей или покрывают ими рабочие поверхности формы (или стержня), чтобы уменьшить образование пригара на отливках.

Вентиляционные стержневые фитили, состоящие из 80 % воска, 20 % желтого парафина, применяют для увеличения газопроницаемости стержней.

Замазки используют для исправления поверхностных дефектов форм и стержней при их окончательной отделке. Они должны обладать хорошей пластичностью и не образовывать трещин и отслоений на поверхности формы (стержня) после тепловой обработки.

Легирующие пасты, состоящие из размолотых легирующих элементов—марганца, кремния, хрома, алюминия, 10 % соды, 10 % буры, применяют для изменения химического состава и свойств поверхностного слоя отливки.

Клей (табл. 3.34) служит для исправления дефектов форм и стержней, а также для склеивания отдельных частей стержня. Типовой состав феррошлакового клея включает 75 % жидкого стекла и 25 % феррохромного шлака. Клей тальковый на основе жидкого стекла состоит из 75 % жидкого стекла и 25 % талька.

Чтобы исключить утечку расплава из формы и предотвратить образование заливов по разьему формы и знаковым частям стержней, прокладывают глину или асбестобитумный шнур.

## 3.31. Примеры самовысыхающих противопригарных покрытий

Тип и номер покрытия	Массовая доля составляющих, %											Плотность покрытия, готового к употреблению, г/см <sup>3</sup>	Назначение					
	Графит кремнистый	Графит кристаллический	Тапк	Циркон	Поливинилбутираль	Смола 101M	Полиизобутилени (П-200)	Древесный пек	Смола Ф-1СМ	Поливинилацетат бисерный	Спирт гидрофильный			Растворитель № 646	Растворитель обуюного гранитолы	Бензанин «Калаша»	Лак КО-0168	Лини КО-0168
1	37	9	—	—	—	—	—	12	1	—	—	—	41	—	—	—	1,15—1,20	Для средних и тяжелых отливок
2	31,6	5	—	—	1,9	—	5,5	—	—	—	—	11	45	—	—	—	1,14—1,16	То же
3	38	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	1,15—1,20	»
4	35	10	—	—	2,5	—	—	—	—	52,5	—	—	—	—	—	—	1,10—1,25	Для средних отливок
5	35	10	—	—	—	5	0,3	—	—	—	—	—	—	49,7	—	—	1,05—1,10	Для средних отливок, преимущественно приготавливаемых в сырых формах
6	—	—	46	—	—	6	5	—	—	—	—	—	—	43	—	—	1,10—1,14	Для мелких отливок
7	—	—	—	59	—	—	—	11,4	1,6	—	—	—	28	—	—	—	1,70—1,75	Для создания противопригарного слоя в тепловых узлах форм

Примечание. Лак КО-0168 или КО-0169 содержит (по массе), %: 3—4 поливинилбутирала, 8—10 полиметилфенилдиоксановой смолы (К-9 или КМ-9К), 86—89 растворителя.

3.32. Примеры самоотвердеющих прогнвопригарных покрытий

Номер покрытия	Графит екрыто-кристаллический	Графит кристаллический	Вентонит	Лак КО-0168 или КО-0169	Сульфитная барда	Техническая мочевиная	Смола М-56	Оксид цинка	Вода	67 %-ный водный раствор персульфата аммония (сверх 100 %)	50 %-ный раствор ортофосфорной кислоты (сверх 100 %)	Плотность покрытия, готового к употреблению, г/см <sup>2</sup>	Назначение
8	50	—	3,5	—	10	10	—	0,5	26	75	—	—	Для средних огли-вок
9	18	6	—	—	—	—	73	—	3	—	0,3	1,20—1,25	

Примечания: 1. Лак КО-0168 или КО-0169 содержит (по массе), %: 3—4 поливинилбутирала, 8—10 полиметилфенилсилоксановой смолы (К-9 или КМ-9К), 86—89 растворителя. 2. Отвердители для покрытий № 8, 9 готовят отдельно и вводят перед употреблением.

### 3.33. Составы натирочных паст

Номер состава	Массовая доля составляющих, %						
	графит	тальк	шамот	огнеупорная глина	сульфитная барда	связующее 4ГУ	вода
1	35	50	—	15	—	—	
2	50	—	35	15	—	—	
3	63,5	—	—	3,7	4,7	1,6	26,5

Примечание. В составы № 2 и 1 вводят еще одну в количестве соответственно 0,6 и 0,5 л на 1 кг сухой смеси (сверх 100 %).

### 3.34. Составы литейных клеев

Наименование составляющих	Массовая доля (%) составляющих в клеях			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Кварц пылевидный	50	—	—	—
Сульфитная барда (плотностью 1,28—1,30 г/см <sup>3</sup> )	—	50	—	—
Огнеупорная глина Контакт Петрова	—	50	60	—
	0,5 % от массы смеси	—	—	—
Смола МФС	50	—	—	—
Смола МФ-17	—	—	—	79
Декстрин	—	—	40	15
Ортофосфорная кислота (20 %-ной концентрации)	—	—	—	6
Вода (сверх 100 %)	—	20	—	—
Прочность на разрыв, кПа	1500—1600	700	1000	1700—2500

Примечание. Состав № 4—самотвердеющий, длительному хранению не подлежит.

### 3.35. Составы замазок

Номер состава	Массовая доля составляющих, %						
	кварцевый песок	графит	тальк	бентонит	крахмалит	крахмалит (кристаллический)	вода
1	—	65,9	25,43	8,67	—	—	69 (сверх 100 %)
2	47,6	—	20,0	3,9	4,3	0,6	23,6

Примечания: 1. При приготовлении состава № 2 каучуковую соду отдельно смешивают с водой, нагретой до 50 °С, и крахмалитом. 2. Для сохранения пластичности замазки хранят в закрытой таре.

Прокладочная глина состоит из 85—90 % песка П01 и 10—15 % формовочной глины. Наиболее широко применяют прокладочный шнур, содержащий 19 % масла Индустриального 45, 16 % битума БНК-5 и 65 % асбестовой крошки. Прокладочный шнур уменьшает газовыделение в местах контакта его с расплавом, повышает качество и геометрическую форму отливок.

## 4. ЛИТЕЙНЫЕ ФОРМЫ

### 4.1. Формовочный инструмент и приспособления

**Инструмент.** При изготовлении форм (или стержней) используют различные формовочные инструменты, которые подразделяют на две группы: для уплотнения и для отделки. К первой группе относят пневматические трамбовки ИП4502, ТР-1, ТР-2, ТР-4, ТР-6, киянки с деревянными и резиновыми бойками, различные по геометрической форме набойки, ручные трамбовки и другой формовочный инструмент.

Группа инструмента для отделки поверхностей форм и стержней включает гладилки, ланцеты, крючки, вентиляционные длинные и короткие иглы и др.

Формовочный инструмент изготавливают в соответствии с техническими требованиями. Рабочие поверхности металлического инструмента должны быть полированы или шлифованы и не иметь трещин, заусенцев, коррозии и других дефектов. При необходимости инструмент подвергают термообработке. Чтобы предупредить коррозию инструмента, его периодически смазывают минеральным маслом или иными защитными покрытиями.

**Модельные плиты.** При машинной, а в некоторых случаях и при ручной формовке модели укрепляют на односторонних или двусторонних модельных плитах. Модельные плиты для машинной формовки изготавливают, как правило, из чугуна, но если масса модельной плиты лимитирована, то модельные плиты изготавливают из алюминиевых сплавов. При мелкосерийном производстве плиты делают из дерева с окантовкой металлом проушин для центровочных штырей и мест контакта плиты с опокой. Применяют координатные (рис. 4.1, а) модельные плиты, плиты с вкладышами (рис. 4.1, б) и координатным крестом (рис. 4.2).

Вкладыши вставляют в гнездо модельной плиты и крепят болтами или защелками. Монтаж моделей по «кресту» выполняют с помощью взаимно перпендикулярных планок плиты полукруглого сечения. Планки входят в соответ-

вующие пазы на модели и точно фиксируют ее. Модель к плите крепят одним болтом, расположенным в центре креста.

Координатные плиты имеют сквозные отверстия диаметром 12—15 мм в определенном порядке (по системе координат). Каждое отверстие имеет свое обозначение. Модель крепят специальными шпильками, проходящими через отверстия плиты.

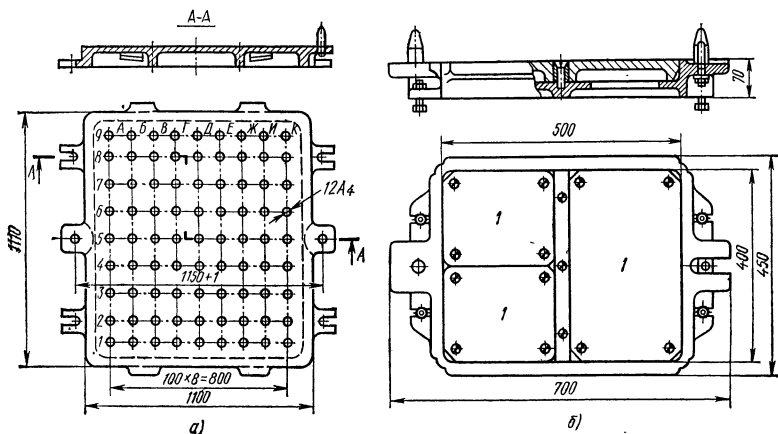


Рис. 4.1. Модельные плиты:

а — координатная, б — со вставными вкладышами 1

Центрирующие штыри на модельных плитах служат для правильной установки опоки, чтобы не допустить смещение отпечатка модели на полуформах при их сборке. При формовке на автоматических линиях, когда центрирующие

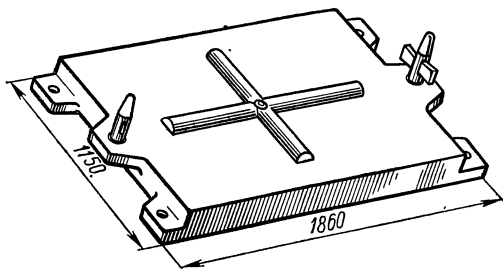


Рис. 4.2. Модельная плита с монтажным крестом

штыри закреплены на верхней опоке, на модельной плите вместо штырей устанавливают центрирующие втулки.

Центрирующие штыри и втулки должны быть тщательно

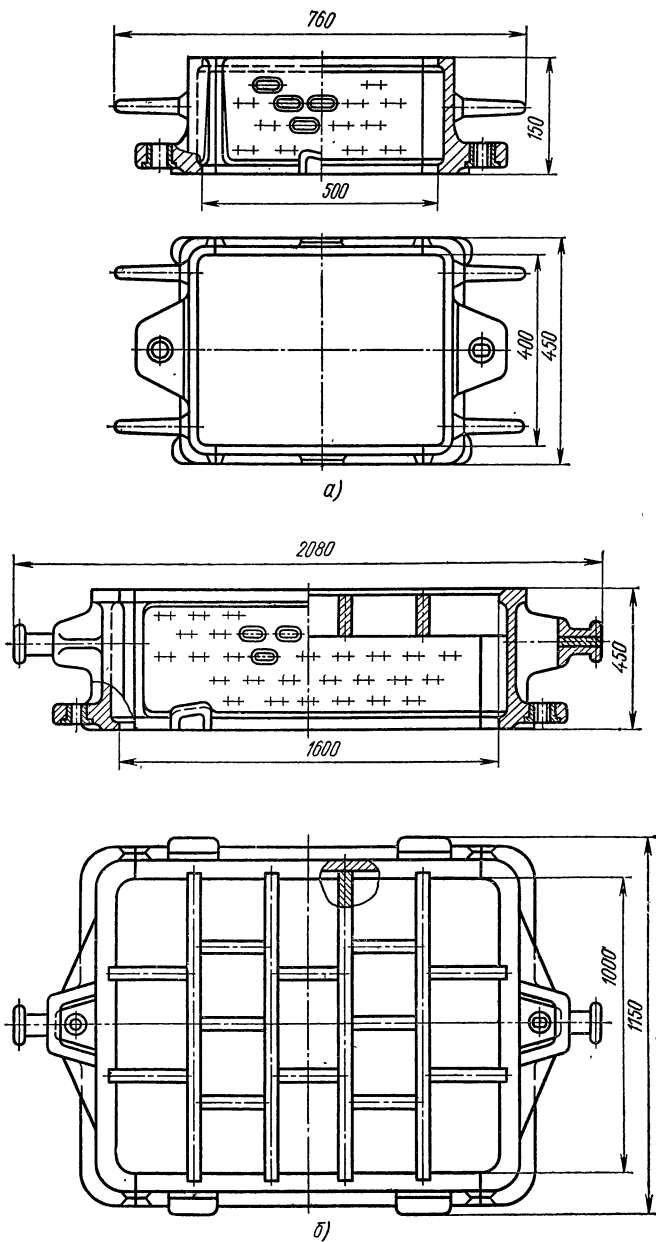


Рис. 4.3. Ручная (а) и крановая (б) опки

закреплены на модельной плите, не должны иметь дефектов и износа сверх установленных норм.

**Литейные опоки.** Их классифицируют на типы, виды, категории и группы: В зависимости от способа изготовления опоки делят на типы: I—цельнолитые из стали, чугуна и легких сплавов; II—сварные из стандартного и специального проката или стальных литых элементов; III—свертные из стали и чугуна.

По конфигурации (контуру в свету) различают прямоугольные (или квадратные), круглые и фасонные опоки.

Ручные опоки (рис. 4.3, а), имеющие массу без формовочной смеси до 30 кг, относят к 1-й категории; комбинированные массой до 60 кг с устройствами для ручного и кранового подъема—ко 2-й категории; опоки массой свыше 60 кг (крановые)—к 3-й категории (рис. 4.3, б).

Опоки, предназначенные для вертикальной заливки, в боковых или торцовых стенках имеют прорези для выполнения каналов литниковой системы и специальные устройства (скобы, цапфы) для поворота опок под заливку. Такие опоки используют и для горизонтальной заливки форм.

Для удержания смеси в крупных и средних опоках делают ребра (крестовины), а также отбортовки и ребра на боковых и торцовых стенках. Крестовины выполняют со стороны набивки опоки формовочной смесью.

Для вывода газов из формы при заливке их расплавом, а также для уменьшения массы на боковых и торцовых стенках опок делают круглые или овальные отверстия, расположенные в шахматном порядке.

Для центрирования опок имеются ушки с центрирующими втулками или штырями; для подъема и перемещения—скобы, цапфы, ручки.

Размеры и конструкция опок нормализованы (табл. 4.1).

## 4.2. Ручная формовка

Основные технологические операции ручного изготовления литейных форм универсальны и применяются при любом способе (табл. 4.2) ручной формовки. Наиболее важными из них являются заполнение опок формовочной смесью и ее уплотнение. Уплотнение должно быть проведено равномерно по всему объему опоки. Недостаточное или неравномерное уплотнение приводит к браку отливок.

Твердость сырых форм определяют прибором модели 071 (рис. 4.4, а). Для замера твердости прижимают основание твердомера к поверхности формы и вдавливают в нее шарик. Показание фиксируют на шкале прибора. Твердость сухих форм

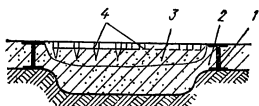
#### 4.1. Размеры нормализованных опок, мм

Средний габаритный размер $\frac{L+B}{2}$ , где $L$ — длина, $B$ — ширина	Длина $L$ или диаметр $D$	{ Шаг по длине	Ширина $B$	Шаг по ширине	Высота	Шаг по высоте
500	300—750	50	250—500	50	50—350	25, 50
501—750	800—1200	100	250—750	50	100—600	25, 50
751—1000	1400—1600	100	350—1000	50—100	150—600	25, 50
1001—1500	1800—2400	200	450—1500	50—100	150—600	25, 50
1501—2500	2500—4000	200, 250	650—2500	50, 100, 200	200—800	50, 100
2501—3500	4250—5500	250, 500	1000—3500	100, 200, 250	300—1000	50—100
3501—5000	6000—8000	500	1100—5000	100; 200, 250	350—800	50—100

## 4.2. Основные способы ручной формовки

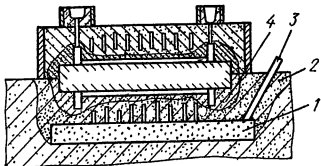
Графическое изображение	Особенности и применение
-------------------------	--------------------------

### Открытая формовка в почве по мягкой постели



Формуют без верхней полуформы по мягкой постели, по краям которой имеются направляющие 1 (металлические или деревянные). Котлован постели заполнен наполнительной 2 и облицовочной 3 (см. табл. 4.3) смесью. Модель 4 осаживают на всю высоту в слой смеси ударами деревянных киянок. Вокруг модели формовочную смесь доуплотняют и выполняют вентиляционные каналы (см. табл. 4.4, 4.5). Модель извлекают, производят отделку, окраску и сушку (если необходимо) формы. Применяют для получения отливок неотчетливого назначения и небольшой высоты (плиты, подкладки, каркасы для стержней и др.).

### Закрытая формовка в почве по твердой постели

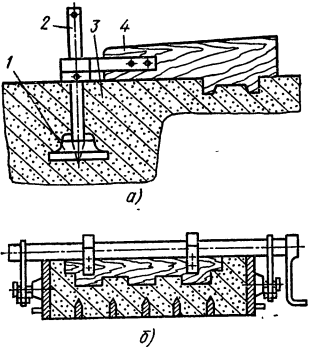


Формуют с верхней полуформой. В яму (котлован) засыпают слой 1 (50—150 мм) кокса или шлака. Затем выводят вентиляционные трубы 3 диаметром 50—70 мм, насыпают и уплотняют слой (80—120 мм) наполнительной 2 и слой (50—70 мм) облицовочной 4 смеси. Устанавливают модель, элементы литниковой системы, верхнюю опоку. Положение опоки фиксируют клиньями. Изготавливают верхнюю полуформу, снимают ее, извлекают модель, выполняют окраску, отделку и сушку формы. Формовку в почве большей частью производят в сборно-разборных кессонах. Это уменьшает расход смеси, снижает трудоемкость работ. Применяют способ для изготовления крупных отливок

Графическое изображение

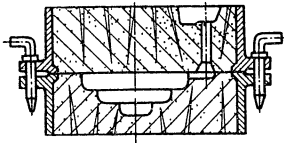
Особенности и применение

## Формовка по шаблону



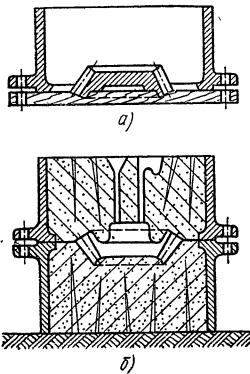
В почве (эск. *а*) устанавливают вертикально подпятник *1* со шпинделем *2*, вокруг которого изготовляют постель *3*. Уплотненную смесь выгребают вращением шаблона *4*, образуя наружную цилиндрическую поверхность отливки. Возможна формовка с применением горизонтально расположенного шпинделя (эск. *б*). Способ применяют для единичного производства отливок постоянного сечения

## Формовка по неразъемной модели



Модель размещают в нижней полуформе, а в верхней располагают шлакоуловитель, стояк, литниковую чашу (воронку). Применяют способ при изготовлении отливок простой конфигурации

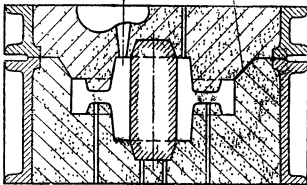
## Формовка по неразъемной модели в опоках с подмодельной плитой



Модель со стороны плоскости разреза формы имеет выступы. Такую модель устанавливают на деревянную или гипсовую плиту с вырезом, повторяющим контур выступов (эск. *а*). После формовки нижней (или верхней) полуформы ее кантуют на  $180^\circ$ , плиту снимают, освобождая для формовки скрытую часть модели. Способ формовки используют в случаях, когда нельзя изготовить разъемную модель (эск. *б*)

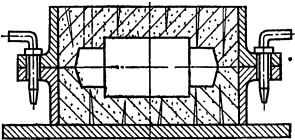
Графическое изображение	Особенности и применение
-------------------------	--------------------------

### Формовка по неразъемной модели в опоках с подрезкой



Модель со стороны плоскости разъема формы имеет углубления, поднутрения. Разъем форм фигурный (криволинейный). Особенность формовки заключается в подрезке части смеси по линии 1 после изготовления нижней или верхней полуформы. Подрезку не выполняют при установке деревянного (или из другого материала) бруска, повторяющего форму и контуры подрезки. Способ формовки используют при изготовлении отливок любого габаритного размера как при формовке в опоках, так и в почве

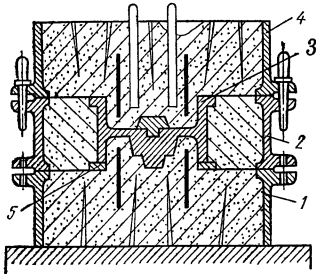
### Формовка по разъемной модели в опоках



Модель разъемная, состоит из двух частей. Одну половину модели размещают в нижней опоке, другую — в верхней. При недостаточной высоте двух опок применяют третью опоку, не имеющую крестовин. Нижнюю половину модели устанавливают на модельную плиту. После формовки нижнюю полуформу кантуют на  $180^\circ$ . Устанавливают на нижнюю половину модели верхнюю и изготавливают верхнюю полуформу. Способ формовки применяют при изготовлении отливок любого габаритного размера и сложности

Графическое изображение	Особенности и применение
-------------------------	--------------------------

**Формовка в опоках по модели, имеющей две плоскости разреза**



Модель 3 не может быть извлечена из формы в одном направлении, а применение стержня неэкономично. В этом случае формируют в трех опоках. Средняя опока 2 не имеет крестовин. Первой изготавливают среднюю часть формы, на нее накладывают нижнюю опоку 1. После кантовки двух частей формы изготавливают третью верхнюю часть формы в опоке 4. Затем производят съем верхней части и извлечение верхнего съемного фланца и модели. После снятия средней части из формы вынимают фланец 5

**Примечания 1.** При формовке в почве и опоках съемные части извлекают после модели в порядке их нумерации.  
**2.** Для изготовления мелких отливок ручным (или машинным) способом применяют формовку в съемных опоках.

**4.3. Оптимальная толщина облицовочного слоя**

Масса отливки, кг	Форма	Толщина слоя облицовочной смеси (в уплотненном состоянии), мм
До 20	Сырая	10
Больше 20		15—20
До 100	Подсушенная	20—30
Больше 100		30—50
До 1000	Сухая или химически твердеющая	40—70
1000—5000		70—120

#### 4.4. Нормы вентиляции форм

Масса отливки, кг	Форма	Диаметр вентиляционной иглы, мм	Количество наколов на 1 дм <sup>2</sup>
≤ 20	Сырая	5—6	3—4
> 20		5—6	3—4
≤ 100	Подсушенная	5—6	3—4
> 100		6—8	2—3
≤ 1000	Сухая	6—8	2—3
> 1000—5000		8—10	2—3

#### 4.5. Нормы проशीливания форм

Шаг проशीловки, мм				
Участок формы у литников	Верхние плоские горизонтальные поверхности	Нижние и вертикальные поверхности	Выступающие части	
			нижние и боковые	верхние
25—35	50—75	25—100	50—75	25—40

определяют прибором модели 073М (рис. 4.4, б). Способ измерения тот же, что и прибором модели 071, но вместо шарика рабочей частью служит нож.

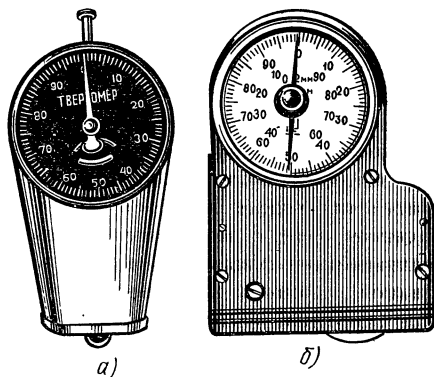


Рис. 4.4. Твердомеры моделей 071 (а) и 073М (б)

Для сухих форм уплотнение увеличивают на 10—15 ед., так как при сушке плотность смеси уменьшается за счет выгорания органических добавок и удаления влаги. Рекомендуемые значения твердости приведены в табл. 4.6.

#### 4.6. Оптимальная твердость форм

Масса отливки, кг	Форма	Твердость в сыром состоянии, ед.	Твердость в сухом состоянии, ед.
До 20 Больше 20	Сырая	60—70 60—70	—
До 100 Больше 100	Подсушенная	65—75 65—75	40 40
До 1000 1000—1500	Сухая	70—80 75—85	50 50

Примечание. Уплотнение сырой формы при измерении твердости в единицах шкалы прибора 071 считается очень слабым при 20 ед., слабым—50 ед., средним—60 ед., плотным—80 ед., очень плотным—не менее 90 ед.

#### 4.3. Машинная формовка

Машинную формовку применяют не только в массовом, крупносерийном и серийном производствах, но и при изготовлении мелкосерийных и единичных отливок. Машинная формовка по сравнению с ручной имеет ряд преимуществ: облегчает труд, повышает его производительность, позволяет получать отливки с более точными размерами.

Классифицируют формовочные машины по трем признакам. В зависимости от вида энергии для приведения машин в действие их делят на пневматические, механические, гидравлические и электромагнитные. По методу уплотнения смеси (табл. 4.7) различают формовочные машины прессовые, вибропрессовые, встряхивающие, встряхивающие с допрессовкой и пескометы. По способу извлечения модели из формы делят на машины со штифтовым подъемом опок, с перекидным и поворотным столом. Основные характеристики машин приведены в табл. 4.8, 4.9.

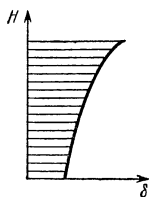
При машинной формовке механизмируют в основном две технологические операции: уплотнение смеси и извлечение модели из формы. На отдельных типах машин механизированно выполняются переворот полуформ на 180° и сталкивание их на сборочный рольганг.

#### 4.7. Методы уплотнения смеси при машинной формовке

График ( $H$ —высота опоки, мм;  $\delta$ —степень уплотнения, г/см<sup>3</sup>)

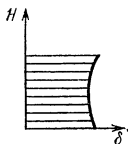
Краткая характеристика и область применения

##### Верхнее прессование плоской колодкой



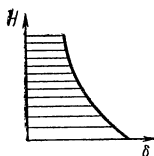
Уплотнение неравномерное. Наибольшее уплотнение смеси около прессовой колодки, наименьшее—у плоскости разъема и модели. Применяют для изготовления форм в низких опоках (до 200 мм). Равномерность уплотнения обеспечивается при прессовании фигурными (профильными) колодками

##### Дифференцированное прессование



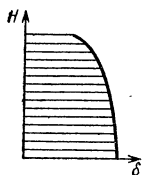
Уплотнение относительно равномерное. Применяют в условиях крупносерийного и массового производств

##### Нижнее прессование



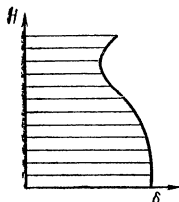
Уплотнение неравномерное. Наибольшее уплотнение смеси около модельной плиты и модели. Применяют при изготовлении сложных по конфигурации отливок, не имеющих больших по площади горизонтальных участков

##### Встряхивание



Уплотнение неравномерное. Наибольшее уплотнение смеси около модельной плиты и модели. Применяют при изготовлении отливок любой массы и различной сложности

##### Встряхивание с допрессовкой

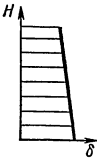


Более равномерное уплотнение, чем при встряхивании, за счет доуплотнения верхних слоев формы при допрессовке. Применяют для изготовления форм мелких и средних отливок

График ( $H$ —высота опоки, мм;  $\delta$ —степень уплотнения, г/см<sup>3</sup>)

Краткая характеристика и область применения

## Пескометный



Уплотнение равномерное, несколько увеличивающееся по направлению к модельной плите и модели. Смесь доуплотняют послойно пневматической трамбовкой. Слабое уплотнение смеси у ребер и крестовин опоки. Применяют для изготовления форм средних, крупных и тяжелых отливок

Примечание. Изменение объемной массы (г/см<sup>3</sup>) формочной (или стержневой) смеси при формовке называют степенью уплотнения; если объемная масса насыпаемой в опоку смеси—1,1 г/см<sup>3</sup>, а после уплотнения—1,7 г/см<sup>3</sup>, то степень уплотнения будет равна  $1,7:1,1=1,54$ .

## 4.8. Формовочные машины

Марка машины	Тип машины и способ извлечения моделей из формы	Наибольший размер опоки, мм	Ход вытяжки, мм	Максимальная грузоподъемность, кг	Производительность (полуформ в час)
91226Б	Вибропрессовая полуавтоматическая с штифтовым подъемом опок	500×400×200	150	150	120
91271БМ	Встряхивающая полуавтоматическая машина с допрессовкой и штифтовым подъемом опок	500×400×200	150	150	100
253М	Встряхивающая с допрессовкой и поворотным столом	600×500×250	240	400	50
266М	Встряхивающая с допрессовкой и протяжной рамкой	600×500×250	250	400	50
ПФ-4	Прессовая формовочная машина	756×676×110	—	—	120

Марка машины	Тип машины и способ извлечения моделей из формы	Наибольший размер опоки, мм	Ход вытяги, мм	Максимальная грузоподъемность, кг	Производительность (полуформ в час)
22111	Встряхивающе-прессовая без поворота полуформы	500×400×200	200	200	145
22112	То же	600×500×250	220	400	140
22113	»	800×700×300	290	700	110
22114	»	1000×800×350	300	1200	95
22211	Встряхивающе-прессовая с поворотом полуформы	500×400×200	200	200	105
22212	То же	600×500×250	220	400	90
22213	»	800×700×300	290	700	80
22214А	»	1000×800×350	300	1200	75
29514	Встряхивающая с допрессовкой без поворота полуформы	1000×800×250	220	1000	80
22410	Пневмогидравлическая встряхивающе-прессовая с поворотом полуформы	1000×800×400	350	1500	60
22411	То же	1200×1000×500	450	3000	50
22412	»	1600×1200×600	550	3500	33
22413	»	2000×1600×700	650	5000	15
22414	»	2500×2000×800	750	10000	8
232М2	Встряхивающая с перекидным столом и вытяжным механизмом	800×700×450	400	600	40
254М	Встряхивающая с допрессовкой и поворотным столом	800×700×300	290	600	45
2М265	Встряхивающая с допрессовкой и протяжной рамой	800×700×300	250	400	50
703М	Встряхивающая с допрессовкой и штифтовым подъемом опок	1000×600×250	230	900	40

Продолжение табл. 4.8

Марка машины	Тип машины и способ извлечения моделей из формы	Наибольший размер опоки, мм	Ход вытяжки, мм	Максимальная грузоподъемность, кг	Производительность (полуформ в час)
233М	Встряхивающая с перекидным столом и вытяжным механизмом	1000×800×400	350	1320	20
255М	Встряхивающая с допрессовкой и поворотным столом	1000×800×350	325	900	40
267М	Встряхивающая с допрессовкой и протяжной рамкой	1000×800×350	325	1200	45
ЛН203	Встряхивающая с штифтовым подъемом опок	1200×1000×500	460	2000	20
234М	Встряхивающая с перекидным столом и вытяжным механизмом	1600×1200×600	550	3000	17
234М	Встряхивающая с перекидным столом и вытяжным механизмом	2000×1600×700	650	5000	12
235С	Встряхивающая с перекидным столом и вытяжным механизмом	2500×1600×700	650	6000	10
236С	Встряхивающая с перекидным столом и вытяжным механизмом	2500×2000×800	750	10000	8
СКФ2М	4-позиционная для изготовления оболочковых форм с штифтовым подъемом оболочек	300×400 *	125	—	75

Марка машины	Тип машины и способ извлечения моделей из формы	Наибольший размер опоки, мм	Ход вытяжки, мм	Максимальная грузоподъемность, кг	Производительность (полуформ в час)
832	6-позиционная для изготовления оболочковых форм с штифтовым подъемом оболочек	450×550 *	100	—	200
837	8-позиционная для изготовления оболочковых форм с штифтовым подъемом оболочек	450×550 *	90	—	300

Примечания: 1. Грузоподъемность машин при давлении сжатого воздуха 600 кПа. 2. Знаком «\*» обозначен размер модельной плиты, мм.

#### 4.9. Пескометы

Марка	Тип	Производительность (по уплотненному объему смеси), м <sup>3</sup> /ч	Угол поворота рукавов, град		Высота выходного отверстия головки от уровня пола, мм	Радиус действия металлической головки, мм	
			большого	малого		наибольший	наименьший
2Б90	С качающейся головкой	6,0	—	—	800	—	—
2Б93М	Стационарный с дистанционным управлением	12,5	180	270	800—1600	4600	2000
2Б96	Стационарный	25	180	280	600—2000	6500	2600
296М2	Передвижной консольный	25	180	280	600—2000	7500	2720
24511	Мостовой	25	—	—	4250	3×3 *	
24512	»	50	—	—	4500	3×3 *	

Примечания: 1. Для изготовления форм из жидких самоветвердеющих смесей используют пенолиты, спроектированные на базе пескометов. Смесь приготавливают шнеками в специальном закрытом кожухе, расположенном на большом рукаве. Производительность пенолита до 25 т смеси в час. 2. Знаком «\*» обозначена площадь обслуживания, м<sup>2</sup>.

#### 4.4. Особенности изготовления химически твердеющих форм

**Изготовление форм из ПСС.** Пластичные самотвердеющие смеси широко используют для изготовления форм средних и крупных отливок в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производств. Сущность процесса заключается в том, что после введения в жидкостекольную облицовочную смесь феррохромного шлака (или другого компонента аналогичного действия) происходит химическое твердение смеси на воздухе. Продолжительность твердения смеси зависит от соотношения вводимых связующего (жидкое стекло) и отвердителя (ферро-

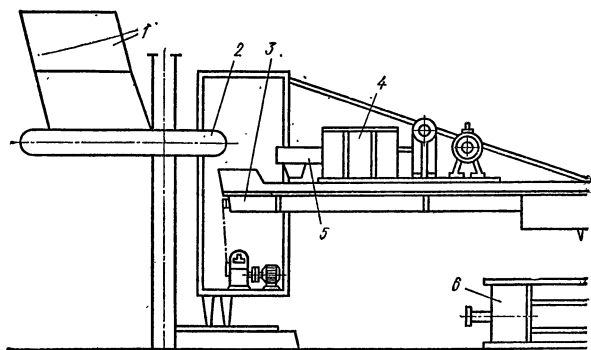


Рис. 4.5. Смеситель для приготовления пластичных самотвердеющих смесей ПСС

хромный шлак), а также от интенсивности перемешивания компонентов и температуры окружающей среды. Твердение смеси начинается практически с момента введения в смесь отвердителя. Изготовить такую смесь централизованно и подавать ее затем по рабочим местам невозможно, к моменту засыпки смеси в опоку может произойти полное или частичное твердение. Поэтому на рабочие места подают так называемую базовую смесь, а отвердитель вводят в смесь на формовочном участке.

Для приготовления ПСС применяют шнековые смесители непрерывного действия (рис. 4.5). Базовая смесь поступает из смесеприготовительного отделения на формовочный участок в бункер 1 с ленточным питателем 2. Ленточный питатель непрерывно подает смесь в двухшнековый поворотный смеситель непрерывного действия 3. Из специальной емкости 4, установленной на смесителе, в базовую смесь дозатором 5 подается феррохромный шлак. В смесителе смесь тщательно перемешивается

шнеками, затем через конечную воронку смесителя готовая облицовочная смесь (ПСС) поступает в опоку б. Дальнейший процесс изготовления формы обычный.

При изготовлении форм на формовочных машинах перемешивание базовой смеси с феррохромным шлаком может производиться в лопастных смесителях периодического действия различной вместимости (типа бетономешалок). Готовая смесь из смесителя высыпается в контейнер, который перемещается по монорельсу к формовочной машине и разгружается опрокидыванием в опоку. Одна смешивающая установка обеспечивает работу двух машин, изготавливающих нижние и верхние полуформы.

**Изготовление форм из ЖСС.** В формах, изготовленных из жидких самотвердеющих смесей, можно получать отливки любой сложности. Наиболее распространены эти смеси при изготовлении тяжелых и крупных отливок.

Различают два способа приготовления ЖСС. При первом способе жидкую самотвердеющую смесь готовят на основе базовой смеси, не имеющей отвердителя и жидкой композиции. Способ приготовления такой же, как и ПСС, но дополнительно в смеситель из смесительного бункера подается в определенном количестве жидкая композиция. Жидкая композиция состоит из жидкого стекла, ДС-РАС, воды. Приготавливают жидкую композицию отдельно в баках-мешалках, после чего подают в емкости смесителя. Конструкция такого смесителя не отличается от изображенной на рис. 4.5.

При втором способе жидкую самотвердеющую смесь приготавливают на формовочном участке. В специальный бункер, расположенный над смешивающей установкой, подают все компоненты: сухой песок, феррохромный шлак, молотый уголь или древесный пек и жидкую композицию. Принцип работы установки такой же, что и в предыдущем случае, но смешивается большее число последовательно подаваемых в смеситель компонентов. Наиболее удобны в работе двухрукавные смесители, спроектированные на базе пескометов. Вместо транспортной ленты большого рукава в пескомет вмонтирован двухшнековый смеситель непрерывного действия, а метательная головка в этом случае заменена устройством типа направляющей воронки, через которую смесь заливается в опоку. Режим работы смесителя автоматический.

В некоторых случаях ЖСС приготавливают в лопастных смесителях (типа бетономешалок) периодического действия. При этом смесь к опоке транспортируется в специальных емкостях, имеющих нижний затвор, иногда опока по-

дается под смеситель на рольганге, тележечном конвейере или другим способом.

При изготовлении форм из ЖСС целесообразно применять два состава: облицовочный, которым заполняют до 60 % объема формы, и наполнительный, заполняющий остальную часть формы. Облицовочный состав содержит большее количество крепителя и более прочный.

#### **4.5. Особенности изготовления форм на автоматах**

При изготовлении литейных форм на автоматах (табл. 4.10) к технологической оснастке и формовочным материалам предъявляют следующие основные требования:

1. Модель должна быть металлической или пластмассовой и лишь в некоторых случаях деревянной, но изготовленной по I классу прочности.

2. Опки должны иметь более жесткую, чем опки для машинной формовки, конструкцию, точное исполнение не только посадочных отверстий и штырей, но и многих наружных поверхностей, сопрягающихся при формовке с различными механизмами линии. Отдельные элементы опки должны быть выполнены в виде направляющих для перемещения ее по позициям линии.

3. Формовочная смесь должна иметь стабильные и более высокие физико-механические свойства. Принятая в литейных цехах оценка качества смесей (для сырых форм) по прочности на сжатие, влажности и газопроницаемости недостаточна. Для установления соответствия качества смесей условиям работы на формовочном автомате необходимо проконтролировать и довести до заданных значений такие технологические свойства смесей, как индекс формуемости (сыпучесть), текучесть, осыпаемость. Применяемые при формовке на автоматах единые смеси должны иметь пониженную влажность, повышенные текучесть и сыпучесть. Газопроницаемость их должна быть на 20—30 % выше, чем газопроницаемость смесей для машинной формовки. Это условие связано с отсутствием на большинстве автоматов устройства для выполнения вентиляционных каналов.

4. Немаловажное значение имеет также подбор режима уплотнения в зависимости от сложности отпечатков формы. Применение гидропластовых и многоплунжерных прессовых колодок для доуплотнения при прессовании позволяет повысить равномерность уплотнения смеси,

#### 4.10. Автоматические формовочные машины

Тип	Модель	Размер опок в свету, мм	Произво- дитель- ность, опок/ч
Встряхивающая с вибропрессованием и перекидной плитой	22821	500×400	До 120
Встряхивающая с допрессовкой и штифтовым подъемом опок	АЛ91271	500×400	» 80
Вибропрессовая	АЛ91227	600×500	» 160
Встряхивающая с допрессовкой и протяжной рамкой	АЛ91265	800×700	» 80
Встряхивающая с допрессовкой для изготовления верхних полуформ	94265	800×700	» 240
То же, для нижних полуформ	94265А	800×700	» 240
То же, для верхних полуформ	94267	1000×800	» 240
Линия безопочной горизонтальной формовки, сборки, заливки, выбивки (способ уплотнения — пескодувно-прессовый)	АЛ28412	600×500	» 400
Линия безопочной горизонтально-стопочной формовки, сборки, заливки, выбивки (способ уплотнения — пескодувно-прессовый)	КЛ2002	500×400	» 320
Линия безопочной формовки, парной сборки, заливки, выбивки	28314	800×600	200—240
Линия формовки и выбивки для изготовления отливок массой до 1000 кг (наибольшее давление прессования 1600 кПа)	Л651	1200×1000	До 60
Линия формовки и выбивки (способ уплотнения — многоплунжерное прессование)	ИЛ225	900×600	» 240
Линия формовки, сборки, выбивки (способ уплотнения — встряхивание с одновременным прессованием)	22833	800×700	» 120

Продолжение табл. 4.10

Тип	Модель	Размер опок в свету, мм	Производительность, опок/ч
Линия изготовления отливок в вертикальных стопочных формах (максимальное давление прессования 1500 кПа)	1012М	500×400	До 350
То же, для нижних полуформ	94267А	1000×800	» 240
Пескодудная с допрессовкой двухпозиционная	92271	500×400	» 360
То же	92272	600×500	» 300
Линия безопочной горизонтально-стопочной формовки (способ уплотнения—пескодудно-прессовый)	АЛ23714	800×600×250— —400	300—360
Формовочная линия	КВ301	1100×750×300	До 240
То же	КВ2779	1500×1000×400	» 220
Формовочная линия (оснащена пескометом модели 2ПН40МС1)	Л637 (ЛН240) Л667 (ЛН218)	3000×2500× ×300÷900	6—12
Однопозиционный проходной формовочный автомат с встряхивающим столом и механизмом последующего прессования многоплунжерной головкой	СПО (США)	800×700	До 300
Формовочная автоматическая линия, оборудованная двумя встряхивающе-прессовыми машинами челночного типа—одна для верхних, другая для нижних полуформ	«Кюнкель-Вагнер» (ФРГ)	1100×750	» 240
Автоматические формовочные линии со сдвоенным формовочным автоматом	«Генрих-Вагнер» (ФРГ)	300×650 400×700 500×800 600×800	» 300 » 240 » 200 » 180

Тип	Модель	Размер опок в свету, мм	Производительность, опок/ч
Автоматизированная безопасная формовочная линия высокого давления	«Дисаматик 2011»	450×500× ×(120—300)	До 300
	«Дисаматик 2013»	480×600× ×(120—300)	» 300
	«Дисаматик 2032» (Дания)	600×775× ×до 400	» 300

Примечания: 1. Для АЛ23714, КВ301, КВ2779, ЛН240, «Дисаматик 2011», «Дисаматик 2013», «Дисаматик 2032» приведены габаритные размеры форм. 2. На автоматических линиях моделей КВ301, КВ2779 может осуществляться один из следующих режимов уплотнения форм: встряхивание с последующим прессованием; встряхивание с одновременным прессованием; предварительное встряхивание с последующим одновременным встряхиванием и прессованием; прессование.

#### 4.6. Сушка форм

Формы (или стержни) сушат для повышения их прочности, газопроницаемости и снижения газотворной способности. Процесс сушки включает нагрев в сушильных печах (табл. 4.11) форм или стержней до заданной температуры, выдержку их при этой температуре с последующим охлаждением.

Температуру сушки выбирают в зависимости от свойств применяемых связующих, вида сплава и габаритных размеров форм (или стержней). Так, формы из песчано-глинистых смесей для чугунных отливок сушат при 300—400 °С, для остальных — при 400—450 °С. Стержни из смесей, содержащих связующие, кроме глины, сушат при 180—350 °С.

Продолжительность сушки средних форм составляет 3—5 ч, крупных 8—20 ч; мелких стержней — 1—2 ч, крупных и средних стержней — 6—12 ч. В конкретных условиях производства продолжительность сушки устанавливают более точно.

Для сокращения продолжительности сушки применяют подсушку поверхностного слоя формы на глубину 10—50 мм горячими газами горелок и инфракрасным излучением специальных электрических ламп. Подсушку форм, окрашенных водной краской, выполняют при 220 °С 8—30 мин в зависимости от принятого технологического процесса.

#### 4.11. Типовые сушила

Тип	Топливо	Максимальная температура сушки, °С
Сушильный шкаф с выдвижными полками периодического действия	Газ, мазут, электроэнергия	300
Сушильный шкаф с поворотными полками периодического действия	То же	300
Сушило камерное тупиковое с выкатной тележкой периодического действия	Газ, мазут, уголь (редко)	450
Сушило вертикальное конвейерное непрерывного действия	Газ, мазут	300
Синусоидальное сушило (имеется подвесной конвейер внутри сушила в вертикальной плоскости, образует волнообразную линию движения)	То же	300
Сушило передвижное (по рольгангу) для подсушки	»	300
Сушило переносное для подсушки форм	Газ	350
Панельные проходные установки для подсушки форм, стержней	»	300

Вместо формовочных и стержневых смесей используют химически твердеющие смеси, покрывают поверхности форм самовысыхающими красками, которые, так же как и химически твердеющие смеси, упрочняются без теплового воздействия.

### 5. ЛИТЕЙНЫЕ СТЕРЖНИ

#### 5.1. Классификация стержней

Стержнем называют элемент литейной формы, служащий для образования отверстий, внутренних полостей или других контуров отливки. Стержнями выполняют также элементы литниковой системы, отделяют отливки, расположенные в литейной форме одна над другой. Стержни классифицируют по признакам, приведенным в табл. 5.1, 5.2,

## 5.1. Классификация стержней по массе, объему и способу упрочнения

Признак классификации	
Группа стержня	Характеристика стержня
<b>Масса и объем</b>	
Мелкие	$\leq 8$ кг, $\leq 5$ дм <sup>3</sup>
Средние	$\leq 100$ кг, $\leq 75$ дм <sup>3</sup>
Крупные	$> 100$ кг, $> 75$ дм <sup>3</sup>
<b>Способ упрочнения</b>	
Сырые	Не подвергают сушке
Сухие	Подвергают сушке в сушильных печах при 130—400 °С
Холодного твердения	Твердеют за счет химического взаимодействия компонентов смеси самопроизвольно или при продувке смеси газом
Горячего твердения	В нагретый стержневой ящик насыпается слой смеси, который твердеет за счет химического взаимодействия компонентов смеси при нагреве стержневого ящика

## 5.2. Классы стержней

Графическое изображение	Характеристика стержней различных классов
	<p><b>Класс I.</b> Наиболее сложные по форме стержни, соприкасающиеся с расплавом большой площадью и образующие в отливках узкие, недоступные для очистки внутренние полости. Малое сечение знаковых частей затрудняет вывод газов. Стержни имеют высокую сухую прочность, огнеупорность, газопроницаемость, малую газотворность, легко разрушаются и извлекаются из полости отливки</p>
	<p><b>Класс II.</b> Центровые стержни сложной и средней конфигурации с наличием тонких частей в виде отдельных выступов, переходов, с достаточно развитыми знаковыми частями. Образуют в отливке поверхности, подвергаемые и не подвергаемые обработке резанием; имеют высокую сухую прочность</p>

Графическое изображение	Характеристика стержней различных классов
	<p>Класс III. Наружные и внутренние стержни средней и несложной формы, образующие ответственные необрабатываемые поверхности отливок. Стержни более массивные, чем стержни I и II групп; имеют высокую сырую прочность</p> <p>Класс IV. Стержни среднего объема, имеющие несложную форму. Образуют в отливках внутренние и внешние поверхности, обрабатываемые и необрабатываемые; знаковые части стержней относительно большого сечения</p> <p>Класс V. Массивные крупногабаритные стержни образуют полость отливок или наружные поверхности. Стержни изготовляют с применением опилок, гари, керамзита для увеличения их податливости или выполняют пустотелыми</p>

### 5.2. Изготовление стержней

Стержни изготовляют ручным и машинным способами в стержневых ящиках и с помощью шаблонов. Наиболее простым и распространенным способом является изготовление стержней в стержневых ящиках. Основные технологические операции этого способа приведены в табл. 5.3.

Изготовление стержней из жидких самотвердеющих смесей (ЖСС) и смесей на основе смол холодного твердения принципиально не отличается от рассмотренного в табл. 5.3 способа изготовления, за исключением того, что стержень из стержневого ящика извлекают после его отверждения.

В условиях массового и крупносерийного производства мелкие и средние стержни изготовляют на пескодувных и пескострельных машинах. Основным рабочим органом машин является резервуар. Рабочий резервуар пескодувной машины имеет плоское дно—вдувную плиту с отверстиями диаметром до 30 мм, через которые смесь из резервуара вдувается в стержневой ящик. Сжатый воздух из сети подается в

### 5.3. Технологические операции изготовления стержней

Операция	Содержание работ
Подготовка стержневого ящика	<p>Проверяют наличие отъемных и осадочных частей, оправок, шаблонов и их исправность. Стержневые ящики не должны иметь качающихся отъемных частей; покоробленных стенок; плохо вынимающихся ребер, кронштейнов, вытряхных вставок и стенок; на рабочих поверхностях не допускаются трещины, вмятины, забитые углы и другие дефекты. Очищают рабочие поверхности стержневого ящика от пыли и остатков смеси. Наносят кистью или пульверизатором разделительное покрытие. Разъемные стержневые ящики скрепляют скобами, болтами и др.</p>
Предварительное заполнение стержневого ящика смесью	<p>Засыпают слой (30—60 мм) стержневой смеси, проставляют проволоку, крючки или каркас для армирования стержня и его выступающих частей, смесь уплотняют вручную или на машине до <math>\frac{3}{4}</math> высоты стержневого ящика</p>
Простановка каркаса	<p>Каркасы не должны иметь трещин, ослабленных сечений и других дефектов. Осаживают (если требуется по технологии) в смесь литой или сварной каркас, предварительно смоченный жидким раствором глины. Зазор между каркасом и стенками ящика равен: для стержней с наибольшим размером до 500 мм—20÷30 мм, до 1000 мм—25÷45 мм; свыше 1000 мм—40÷60 мм. Торцы литых каркасов должны отстоять от поверхности стержня на 10—20 мм. При высоте стержня свыше 750 мм ставят два ряда каркасов. Разборные каркасы (первый ряд планок) закладывают на предварительно уплотненный слой смеси толщиной 50—80 мм и после уплотнения стержневой смеси на <math>\frac{3}{4}</math> высоты стержневого ящика прокладывают второй ряд планок</p>
Вентиляция стержня	<p>Выступающие и узкие части стержня укрепляют крючками и прокладывают в них полый капроновый шнур или восковые фитили для вентиляции, концы которых выводят в полость под наполнитель или в знаковые части. Полость в стержне (если необходимо) выполняют с помощью коробки (бруска) или вручную. Толщина рабочего слоя смеси от стенки ящика до полости под наполнитель равна 60—80 мм, для стержней</p>

Операция	Содержание работ
Окончательное заполнение стержневого ящика	<p>с наибольшим размером до 500 мм; 80—100 мм—более 500 мм; 80—100 мм—до 1000 мм; до 100—120 мм—более 1000 мм. После формовки коробку извлекают из стержня. В стенках полости под наполнитель вентиляционной иглой <math>\varnothing 6</math>—8 мм накалывают несквозные каналы числом не менее 8 шт. на 1 дм<sup>2</sup>. Полость засыпают смесью из 50 % древесных опилок и 50 % отработанной смеси или керамзита. Затем наполнитель уплотняют, занизив уровень засыпки на толщину рабочего слоя смеси. Место занижения уплотняют стержневой смесью</p> <p>Насыпают стержневую смесь до верха стержневого ящика, уплотняют ее вручную пневматической трамбовкой, киянкой, набойкой или машинным способом. Армируют стержень проволокой, отогнутой от каркаса, или проволокой, предназначенной для армирования, после чего досыпают стержневую смесь и окончательно ее уплотняют. При армировании верхней части стержня концы проволоки направляют в смесь</p>
Удаление излишков стержневой смеси	<p>После окончательного уплотнения смеси со стороны заполнения стержневого ящика выполняют наколы числом не менее 2—3 шт. на 1 дм<sup>2</sup>. Затем излишки смеси срезают ножами и верхнюю плоскость стержня заглаживают гладилкой. При уплотнении стержня со стороны знаковой части или разъема ящика наколы выполняют после срезания излишков смеси и заглаживания верхней плоскости. Плотность поверхности стержня 70—80 ед.</p>
Осадка отъемных частей	<p>При наличии осаждаемых отъемных частей смесь под ними разрыхляют и частично удаляют, затем очищают используемые для фиксации гнезда и осаживают в смесь отъемные части киянками. Удары наносят по шпонкам или деревянным подкладкам. После осадки отъемные части извлекают, в неуплотненные места подсыпают смесь и снова осаживают отъемные части. Верхнюю плоскость стержня заглаживают в местах, искаженных при осаживании отъемных частей</p>

Операция	Содержание работ
Отделка стержня со стороны заполнения стержневого ящика смесью	<p>Выступающие части, тонкие бортики, углы и кромки прошпиливают шпильками длиной 75—125 мм (шаг прошпиловки—25—40 мм). Прошпиленные места заглаживают гладилкой и припыливают черным графитом (знаковые части стержня допускается присыпать сухим песком). Углубления засыпают стержневой смесью и уплотняют ее вручную до верхнего уровня стержневого ящика. В стержнях, составляемых из половинок, по разему ящика прорезают вентиляционные каналы с выводом их в знаковые части или в специальные стояки (наколы), соединенные с полостью внутри стержня. Во все стороны от вентиляционных каналов выполняют несквозные наколы с шагом 25—60 мм</p>
Извлечение стержня из стержневого ящика	<p>После отделки верхней плоскости стержня на стержневой ящик накладывают сушильную плиту с отверстиями. Стержневой ящик с закрепленной плитой кантуют на 180° вручную или машинным способом. Стенки и отъемные части при извлечении стержня слегка обстукивают киянкой. При протяжке машинным способом включают вибраторы. Отъемные части и стенки, извлеченные из стержня, протирают ветошью и вставляют по меткам в стержневую коробку или собирают</p>
Отделка стержня	<p>Отделку стержня выполняют после извлечения его из стержневого ящика. Тщательно заделывают выявленные неплотности, подрывы, поврежденные при извлечении части стержня, сквозные наколы (при необходимости отделяемые места слегка увлажняют). Выступающие части стержня, тонкие бортики, углы и кромки прошпиливают шпильками (шаг прошпиловки 25—40 мм). Стенки стержня должны быть прямолинейными, платики и бобышки—четкой конфигурации. Несформированные в стержневом ящике галтели выполняют вручную с применением шаблонов. В местах вклейки дополнительных стержней (если такие имеются) устанавливают вески, прорезав каналы шириной 30—50 мм и длиной 50—70 мм. Отделанный стержень окрашивают и сушат</p>

рабочий резервуар сверху или в нижнюю его часть через сетчатую обечайку. Стержневая смесь должна иметь сырую прочность не выше 10 кПа. Смесь с более высокой сырой прочностью в резервуаре под вдувными отверстиями уплотняется, в результате чего прекращается ее подача в ящик. В резервуаре установлена мешалка для разрыхления стержневой смеси.

Пескострельный резервуар имеет коническое дно — пескострельную насадку. Сжатый воздух из сети в резервуар подводится через вертикальные и горизонтальные щели шириной 0,4—0,5 мм. Щели расположены в гильзе резервуара. Такая конструкция резервуара и рассредоточенный подвод сжатого воздуха позволяют применять стержневые смеси с сырой прочностью до 50—60 кПа.

Изготовление стержней на пескодувных и пескострельных машинах происходит следующим образом. Загружают рабочий резервуар стержневой смесью из бункера, находящегося над машиной. Одновременно с этим на рабочий стол машины устанавливают стержневой ящик. Чтобы предотвратить зависание стержневой смеси в бункере при поступлении ее в рабочий резервуар, включают пневматический вибратор, установленный на бункере. Затем перемещают резервуар на рабочую позицию под клапан дутья и поджимают стержневой ящик к соплу резервуара машины. После этого выполняют следующие операции: надув смеси в стержневой ящик механизмом дутья; опускание стола со стержневым ящиком вниз; съем верхней половины ящика со стержня; накладывание на верхнюю часть стержня плиты и поворот ее на 180° вместе с ящиком; извлечение стержня посредством снятия нижней половины ящика; перемещение рабочего резервуара машины на позицию загрузки смеси.

В условиях серийного производства применяют способ изготовления оболочковых стержней из сухих термоактивных смесей. Простейшим способом изготовления оболочковых стержней при мелкосерийном производстве является ручная засыпка. Нагретый стержневой ящик покрывают разделительным покрытием и устанавливают на подставку из теплоизоляционного материала (например, асбоцемент), а затем накрывают крышкой из такого же материала. Технологические операции выполняют в такой последовательности: засыпают через знаковые отверстия в полость стержневого ящика песчано-смоляную смесь и выдерживают ее в течение 20—40с в зависимости от температуры нагрева ящика и требуемой толщины стержня; при этом на внутренней стороне стержневого ящика образуется оболочка определенной толщины, после чего избыток неиспользованной смеси высыпают,

Существует также бункерный способ изготовления оболочковых стержней, когда нагретый стержневой ящик устанавливают и закрепляют на специальный бункер с находящейся в нем песчано-смоляной смесью. По плоскости прилегания стержневого ящика к бункеру не должно быть щелей, чтобы исключить потери смеси при перевертывании бункера.

При повороте бункера на  $180^\circ$  смесь высыпают в ящик и выдерживают в нем определенное время. При возвращении бункера с ящиком в первоначальное положение неиспользованная смесь высыпается в бункер. Снятый с бункера ящик помещают в печь для отверждения стержня, после чего ящик разбирают и извлекают стержень.

Эти способы формовки оболочковых стержней не требуют сложного оборудования, но изготовить с помощью их можно только стержни несложной конфигурации. Наиболее совершен способ с применением лакированных смесей и нагреваемого стержневого ящика.

Стержни с последующей тепловой обработкой извлекают на драйер или стержневую плиту и отправляют в сушильную печь. Стержни, изготавливаемые по нагреваемой оснастке, твердеют в нагреваемых стержневых ящиках. Полученный стержень имеет прочность, достаточную для его перемещения и установки в форму. Стержни из ящика извлекают с помощью толкателей.

Нагрев стержневого ящика на машине до  $200-300^\circ\text{C}$  может быть газовым или электрическим. К преимуществам газового нагрева относят быстрый и более равномерный нагрев, относительно низкую стоимость природного газа, простоту конструкции и высокую эксплуатационную надежность нагревательных устройств. Для очистки рабочей поверхности нагреваемого ящика и нанесения на нее разделительного состава большинство машин для изготовления стержней оборудованы форсунками, позволяющими выполнять эти операции автоматически.

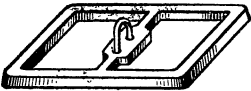
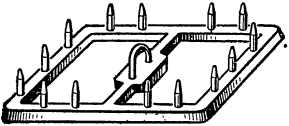
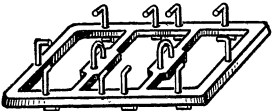
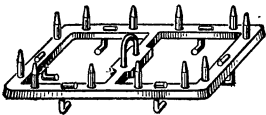
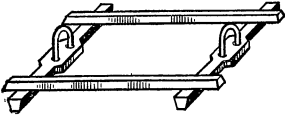
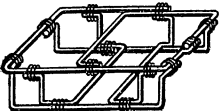
### **5.3. Конструкции стержневых каркасов**


Чтобы придать стержням прочность и жесткость, в них закладывают стержневой каркас — специальное металлическое приспособление, выполненное из отожженной проволоки или литым чугуна (табл. 5.4).

### **5.4. Стержневые машины**

Для изготовления стержней машинным способом применяют деревянные, металлические и пластмассовые стержневые ящики. Машинный способ изготовления стержней имеет ряд

## 5.4. Стержневые каркасы

Графическое изображение	Применение
<p style="text-align: center;">Литой (простой)</p> 	<p>В простых и плоских по форме стержнях высотой до 200 мм</p>
<p style="text-align: center;">Литой с литыми торцами</p> 	<p>В простых по форме стержнях высотой 200—500 мм</p>
<p style="text-align: center;">Литой с проволочными торцами</p> 	<p>В стержнях высотой до 300 мм со сложной формой</p>
<p style="text-align: center;">Литой с проволочными и литыми торцами</p> 	<p>В сложных по форме стержнях высотой 200—500 мм, стержни имеют поднутрения; в них нельзя осадить каркас. Для армирования стержня требуется отогнуть каркасную проволоку</p>
<p style="text-align: center;">Литой (разборный)</p> 	<p>В стержнях простой формы, изготовленных из ЖСС или смеси на смолах холодного твердения</p>
<p style="text-align: center;">Проволочный</p> 	<p>В тонкостенных стержнях сложной формы, если удаление каркаса из отливки затруднено, а также в небольших стержнях простой формы</p>

Графическое изображение	Применение
<p style="text-align: center;">Сварной</p> 	<p>В стержнях серийного и массового производства, если каркас легко удаляется и может быть использован многократно</p>
<p style="text-align: center;">Трубчатый</p> 	<p>В круглых простых по конфигурации стержнях большой длины, а также в стержнях, изготовленных по шаблонам точением</p>
<p style="text-align: center;">Комбинированные</p> 	<p>В особо сложных тонкостенных стержнях, если удаление каркаса затруднено</p> <p>В круглых сложных стержнях большой длины, если прогиб каркаса недопустим, а также в стержнях, имеющих сложные отверстия, если армирование их можно выполнить только проволокой</p>

Примечания: 1. Литые каркасы изготовляют из чугуна (СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18); проволочные каркасы — из низкоуглеродистой стальной (5Ст1кп, БСт2кп) проволоки  $\varnothing 3-8$  мм. 2. Сварной каркас изготовляют из стального прутка или уголка, трубчатый каркас — из труб стальных водопроводных.

преимуществ по сравнению с ручным: механизированы подача и уплотнение смеси, поворот и извлечение стержня из стержневого ящика, облегчается труд рабочих и повышается производительность, улучшается качество и увеличивается срок службы стержневых ящиков. В зависимости от способа изготовления стержней применяют встряхивающие, прессовые, вибропрессовые, пескодувные и пескострельные машины, а также машины для изготовления стержней по нагреваемой оснастке, оболочковые и мундштучные (табл. 5.5).

### 5.5. Стержневые машины

Машина	Наибольшая масса изготовляемого стержня, кг	Наибольшие габаритные размеры стержневого ящика, мм	Производительность, шт/ч	Примечание
Ручная встряхивающая с передвижным столом (передвижная на колесах) 283	15	400×300×200	≤10	Машина предназначена для изготовления стержней в условиях маломеханизированных участков. Уплотнение смеси — ручное несколькими ударами стола машины о станину, доуплотнение — трамбовкой, киянкой
Встряхивающая с поворотным столом СВПМ	50	800×250×300.	До 25	Перемещается по полу на колесах. Применяются в условиях маломеханизированных цехов
Встряхивающая с передвижным столом и протяжным механизмом 284М	30	600×400×300	≤50	Уплотнение смеси ударом стола со стержневым ящиком о плиту или станину машины. Привод пневматический от сети сжатого воздуха давлением 500—600 кПа. Применяются в условиях мелкосерийного и серийного производства

Продолжение табл. 5.5

Машина	Наибольшая масса изготовляемого стержня, кг	Наибольшие габаритные размеры стержневого ящика, мм	Производительность, шт/ч	Примечание
Встряхивающая с поворотным столом 845	>50	1000×800×300	≤15	Уплотнение смеси встряхиванием. Привод пневматический от сети сжатого воздуха, давление 500—600 кПа. На машине изготовляют простые по форме стержни, имеющие большую высоту
Вибропрессовые ВП-1, ВПФ-51	≤8	450×400×180	≤150	Уплотнение смеси прессованием с вибрацией. На машинах изготовляют мелкие стержни простой формы в условиях серийного производства
Пескодувная машина 285М	1	250×150×(20÷200)	360	Уплотнение смеси за счет кинетической энергии струи сжатого воздуха со смесью и давлением сжатого воздуха; на машинах изготовляют стержни любой сложности в условиях серийного и массового производства
Пескодувная машина С-216	10	550×300×325	200	
Пескодувная полуавтоматическая машина 2Б83	8	400×320×(230÷400)	200	

Машина	Наибольшая масса изготовляемого стержня, кг	Наибольшие габаритные размеры стержневого ящика, мм	Производительность, шт/ч	Примечание
Пескодувная полуавтоматическая машина с поворотным вытяжным механизмом 310	40	900×450×200	90	
Пескодувная полуавтоматическая установка 28А8 или 28А10	60, 160	900×700×400, 1100×900×500	160, 100	
Пескострельные полуавтоматические установки: 348 28Б-1 28Б-3 28Б-5 28Б-7 28Б-9	2,5 1,0 6,0 16 40 100	300×250×300 250×150×180 400×300×400 630×500×445 800×630×500 1000×800×555	360 360 400 200 160 100	Уплотнение смеси за счет кинетической энергии частичек смеси и давления сжатого воздуха. На машинах изготавливают стержни любой сложности в условиях крупносерийного и массового производства
Автоматы для изготовления стержней в горячих ящиках: 4532Б 4701	1,0 5,0	200×110×40/40 300×200×75/75	240 200	Восьмипозиционные автоматы с использованием электрического

Продолжение табл. 5.5

Машина	Наибольшая масса изготовляемого стержня, кг	Наибольшие габаритные размеры стержневого-ящика, мм	Производительность, шт/ч	Примечание
Пескоструйно-пескострельный полуавтомат 305	6	280×280×300	360	нагрева стержневых ящиков с вертикальным разъемом. Автоматы применяются в условиях крупносерийного и массового производства. На автомате 4509А используют стержневые ящики с горизонтальным разъемом
Машины для изготовления стержней в горячих ящиках: 4532Б 4554Б2 4509А 4509С 4705Б Челночная ЗИЛ	1,0 2,2 6,0 15,0 15,0 4,5	200×80×110 220×150×200 400×300×200 600×400×200 830×320×220 240×220×50/50	200 100 80 120 100 160	Нагрев стержневого ящика с вертикальным разъемом электрический. На машинах изготовляют стержни средней сложности в условиях крупносерийного и массового производства

Машина	Наибольшая масса изготовляемого стержня, кг	Наибольшие габаритные размеры стержневого ящика, мм	Производительность, шт/ч	Примечание
Мундштучные машины: С-1	—	50	$\leq 20$ погонных м/ч $\leq 40$ погонных м/ч	Вместо стержневого ящика используют сменную гильзу — мундштук. За счет поступательного движения поршня из мундштука машины выдавливается непрерывный по длине стержень определенной сечения (круглого, квадратного, треугольного и др.). Сечение гильзы определяет сечение стержня. На машинах изготавливают стержни простого и постоянного сечения в условиях серийного производства
281	—			
Машины стержневые пескоструйные для изготовления стержней, отверждаемых в оснастке: 23223A2 23225A2 23225A1 23227A2	6 15 15 35	630 × 400 × 400 800 × 630 × 450 800 × 630 × 450 1000 × 800 × 500	120 100 100 80	

Примечания: 1. Для изготовления стержней встраиваемым также используют формовочные машины 231, 232, 233, 234, 235 и др. 2. Для мундштучных машин С-1, 281 указан наибольший диаметр (или толщина) стержня в мм.

## 6. СБОРКА ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

### 6.1. Технологические операции сборки

Сборку форм выполняют на сборочном плацу или на литейном конвейере. Основные технологические операции сборки и последовательность их выполнения приведены в табл. 6.1.

### 6.2. Контроль сборки

Сборка литейных форм является заключительной операцией перед заливкой их расплавом, поэтому особое значение имеет контроль всех элементов форм и материалов, используемых на сборочном участке. Контроль по чертежу литой детали с нане-

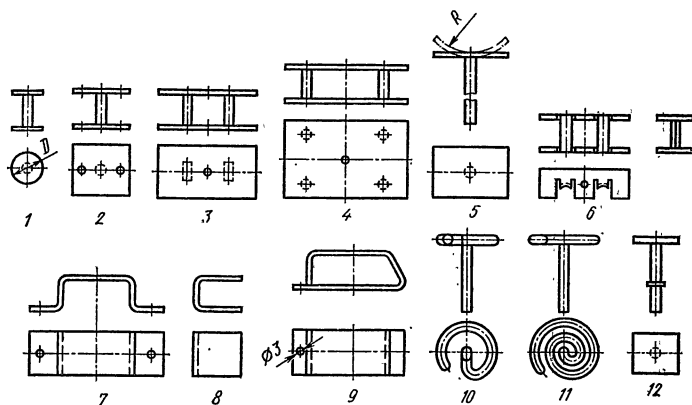


Рис. 6.1. Жерейки:

1—одностоечные с круглыми пластинками, 2—одностоечные с прямоугольными пластинками, 3—двухстоечные с прямоугольными пластинками, 4—четырёхстоечные с прямоугольными пластинками, 5—упорные с плоскими и радиальными пластинками, 6—цельноштампованные двухстоечные, 7—жерейки-мостики, 8—распорные, 9—коробчатые, 10—односпиральные проволочные, 11—двухспиральные проволочные, 12—пластинчатые

сенной на нем технологией, а также по технологическим инструкциям, действующим на предприятии, в условиях единичного, мелкосерийного производства выполняют рабочие-сборщики. Некачественно изготовленные формы, стержни, элементы литниковых систем (литниковые, выпорные чаши и др.) сборке не подлежат. Наряду с рабочим-сборщиком контроль проводят мастер участка и технолог.

При сборке устанавливают в форму стержни и соединяют нижнюю полуформу с верхней. Надежность установки стержней в форму обеспечивают креплением их жерейками (рис. 6.1) и стыковой с соседними стержнями, исключаящими перемеще-

## 6.1. Сборка форм

Операция	Содержание работ
Подготовка форм к сборке	<p>Устанавливают нижнюю полуформу в строго горизонтальном положении на плац или конвейерную площадку, крупные формы—на постель из наполнительной смеси, на которой предварительно выполняют вентиляционные каналы в виде поперечных и продольных борозд с шагом не более 150—200 мм. Перед сборкой средних и крупных форм литниковые вертикально расположенные каналы для вентиляции закрывают паклей. По необходимости форму или отдельные места красят и подсушивают. Поверхность полуформ очищают</p>
Подготовка стержней к сборке	<p>Проверяют качество сушки стержней. При пережоге стержни отбраковывают, при остаточной влаге более 0,5% стержни направляют на повторную сушку. Все трещины, отверстия, не предназначенные для вентиляции стержней, тщательно заделывают. Поврежденные места исправляют стержневой смесью, закрашивают, шлифуют, зачищают и промазывают натирками, формовочными замазками (если предусмотрено технологией) и вторично окрашивают и подсушивают. Соединение половинок стержней и сборку их в блоки выполняют по шаблонам</p>
Установка стержня в нижнюю полуформу	<p>Стержни очищают от пыли и прилипшей смеси и устанавливают в форму в порядке, предусмотренном технологией. Чтобы предотвратить проникновение расплава в газоотводящие каналы стержня, их отсекают от рабочей полости полуформы асбестобитумным шнуром (или валиком из глины), который прокладывают по периметру знака и вокруг каналов, устанавливают в полуформу чистые, неокисленные жеребейки (см. рис. 6.5)</p>
Установка (если необходимо) стержней в верхнюю полуформу	<p>Мелкие стержни массой до 5 кг вклеивают в форму и закрепляют шпильками или крючками (до или после сушки, подсушки). Средние и крупные стержни крепят с помощью мягкой проволоки или специальными болтами за вески к металлической планке, опирающейся на крестовины или борта опоки. Крепление выполняют на специальном стенде</p>

Операция	Содержание работ
Заделка мест расположения весок	В массовом крупносерийном и серийном производстве места расположения весок закрывают нормализованными стержнями, а швы промазывают замазкой. При единичном и мелкосерийном производстве места подвески заделывают самотвердеющими смесями, красят и подсушивают после твердения смеси. Вески перед заделкой (если необходимо) подгибают
Очистка собранных полуформ от пыли, остатков смеси	После сборки пыль и остатки смеси с верхнего ряда стержней собирают пылесосом. Каналы литниковой системы освобождают от пакли, полуформы тщательно продувают
Соединение нижней и верхней полуформ	Для вновь собираемых и для всех крупных форм выполняют контрольное соединение полуформ. При этом проверяют толщину тела отливки, образуемого верхней полуформой и стержнем, по глиняным «мушкам»; «мушки», по размерам которых подбирают жеребейки (см. рис. 6.1), размещают на стержне в местах установки жеребеек. Прокладывают асбестобитумный шнур или глину по разьему формы и знакам стержней, закрывают паклей полости у знаков стержня, чтобы предотвратить засорение формы. Асбестобитумный шнур или глину накрывают бумагой. При расположении отливки в двух полуформах прокладывают валики из прокладочного шнура или глины для проверки перекоса. Затем выполняют контрольное соединение полуформ. При обнаружении дефектов соединения их устраняют, если необходимо, дополнительно прокладывают асбестобитумный шнур (табл. 6.2) и выполняют окончательное соединение полуформ по штырям
Установка литниковых и выпорных чаш	Литниковые и выпорные чаши устанавливают на постель из наполнительной смеси толщиной 10—15 мм, не допуская попадания смеси в каналы формы

Операция	Содержание работ
Крепление форм под заливку	Средние, крупные и часть мелких форм скрепляют скобами или болтами равномерно по диагонали. Мелкие формы нагружают грузами. Роль груза может выполнять масса опоки утяжеленной конструкции. Схема загрузки формы предусмотрена технологией

Примечание. Хранение собранной формы до заливки не должно превышать 7—8 ч—для сухих и химически твердеющих, 3 ч—для подсушенных, 1 ч—для сырых.

### 6.2. Способ предупреждения утечки металла из формы

Вид и размер формы в свету, мм	Способ	Характеристика
Сырая — $>500 \times 400$	Подрезка гладилкой	Глубина подрезки по периметру полости формы и литниковой системы 15—20 мм, расстояние подрезки от края полости формы 40—100 мм
Сухая, подсушенная химически твердеющая — $\leq 2000 \times 1600$	Прокладка асбестобитумного или асбестового шнура	Шнур прокладывают по периметру полости формы, литниковой системы и по стержневым знакам на расстоянии 40—60 мм от края полости формы
Сухая, подсушенная, химически твердеющая — $>2000 \times 1600$	Прокладка асбестобитумного шнура и глиняного валика	Место прокладки то же, что и в предыдущем способе, но через 60—80 мм от асбестобитумного шнура в сторону края опоки дополнительно прокладывают глиняный валик

Примечание. Асбестобитумный шнур  $\varnothing$  6 мм применяют при изготовлении средних отливок;  $\varnothing$  10 мм—при изготовлении крупных и части средних отливок;  $\varnothing$  15 мм—при изготовлении тяжелых и крупных отливок.

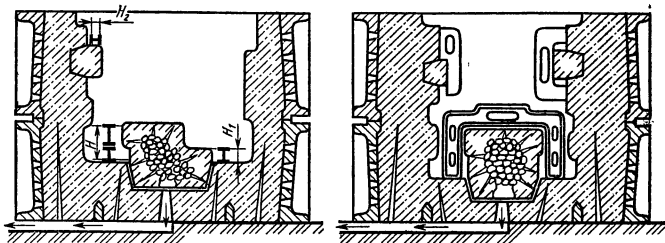


Рис. 6.2. Проверка установки стержней по высоте от рабочей поверхности форм

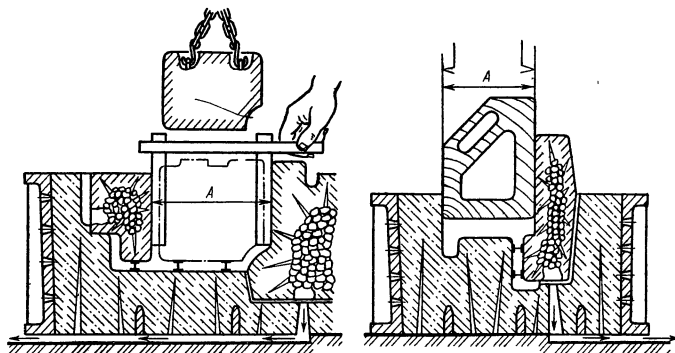


Рис. 6.3. Проверка установки стержней по вертикальным плоскостям формы

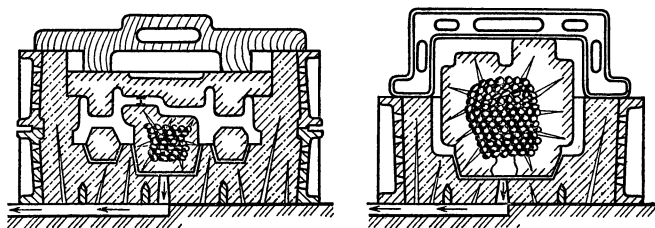


Рис. 6.4. Проверка установки стержней по высоте относительно поверхности разъема

ние стержней под действием подъемной силы расплава. Контроль установки стержней в форму при единичном производстве отливок осуществляют в основном универсальным измерительным инструментом (метром, кронциркулем и др.). При малосерийном и серийном производстве отливок широко применяют различные шаблоны, предусмотренные литейной технологией (рис. 6.2, 6.3, 6.4).

Опиливание стержней для подгонки их при сборке форм допускается только в условиях единичного и мелкосерийного производства по разрешению мастера участка или технолога.

## 7. ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ

### 7.1. Основные свойства литейных сплавов

К основным литейным свойствам сплавов относят жидкотекучесть, усадку (табл. 7.1), ликвацию, склонность к образованию трещин и отбелу.

**Жидкотекучесть**—способность металла в расплавленном состоянии заполнить литейную форму. Жидкотекучесть зависит от химического состава и температуры заливки; для различных металлов и сплавов она неодинакова. Жидкотекучесть определяют по технологической пробе и оценивают по длине спирального (или прямолинейного) канала, заполненного расплавленным металлом, в контрольной форме.

**Усадку** сплава определяют на специальных технологических пробах и оценивают по разности размеров (или объема) сплавов до затвердевания и после охлаждения.

**Ликвация**—неоднородность химического состава сплава в различных местах сечения отливки, возникшая при ее затвердевании. Ликвацию сплава определяют химическим способом или спектральным анализом.

**Склонность сплавов к образованию трещин** проявляется в процессе затрудненной усадки при охлаждении.

**Отбел**—склонность чугуна к выделению структурно свободных карбидов сверх необходимого для образования перлитной структуры. Величина отбела зависит в основном от скорости охлаждения отливки и химического состава чугуна. Чем выше скорость охлаждения, тем больше склонность чугуна к образованию отбела. Химическими элементами, уменьшающими отбел, являются углерод, кремний, алюминий, титан, никель, медь, кобальт, фосфор; увеличивающими—ванадий, марганец, молибден, хром, олово, вольфрам, сера, теллур, бор.

Для определения склонности чугуна к отбелу применяют разнообразные пробы. Примером таких проб, используемых для контроля плавки чугуна на Московском заводе «Станколит», является прямоугольный брусок с размерами  $100 \times 50 \times 20$  мм (толщина пробы связана с преобладающей толщиной сечения стенок в отливке), одна из сторон которого при заливке соприкасается с холодильником и затвердевает с образованием отбела. После выбивки залитой пробы из стержневой формы через

### 7.1. Основные свойства литейных сплавов

Литейные сплавы	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Линейная усадка сплава, %	Температура, °С		Твердость по Бринеллю, НВ
			плавления	заливки в литей- ные формы	
Серый чугун	7,1—7,3	0,9—1,3	1150—1260	1260—1400	143—289
Белый чугун	7,4—7,7	1,5—2,0	1150—1260	1240—1300	300—700
Ковкий чугун	7,2—7,4	1,4—1,7	1150—1350	1380—1450	100—320
Высокопрочный чугун	7,1—7,2	0,5—1,0	1150—1260	1280—1400	140—369
Сталь литая углеродистая	7,8	2,0	1420—1520	1500—1600	149—169
Бронза	8,6	1,5	1000—1050	1100—1150	100
Латунь	8,6	1,5	900—1050	1000—1100	80
Алюминиевые сплавы	2,55—2,83	0,5—1,40	610—660	700—780	40—100
Магниеые сплавы	1,8—1,83	1,0—1,5	100—650	680—780	30—65

1,5—2,0 мин ее охлаждают в воде и разбивают по пережиму. Величину отбела измеряют линейкой от плоскости соприкосновения пробы с холодильником до середины переходной зоны.

## 7.2. Шихтовые материалы

Шихтовыми материалами (или шихтой) называют металлические и неметаллические материалы, используемые для приготовления литейных сплавов. К металлическим относят доменные чугуны, лом черных и цветных металлов, возврат литейных и механических цехов (бракованные детали и отливки, литники, прибыли, брикетированная стружка и др.) и легирующие элементы (хром, никель, молибден, титан и др.), вводимые в шихту для получения отливок с заданными механическими свойствами.

К неметаллической части шихты относят флюсы, применяемые для образования и удаления из жидкого сплава легкоплавких шлаков, кокс.

Для приготовления расплава с требуемыми свойствами и, следовательно, для получения качественной отливки выполняют контроль шихтовых материалов на соответствие их требованиям стандартов и технических условий.

Для литейных алюминиевых сплавов в качестве шихты используют металлы (алюминий, бериллий, ванадий, кремний, кальций, титан, литий и др.), а также лигатуры. Лигатуры представляют собой сплав алюминия с легирующим элементом, вводимым в требуемом количестве.

В состав шихты магниевых сплавов кроме первичных металлов и сплавов в чушках, возврата и лигатуры вводят неметаллические легирующие добавки в виде солей (хлористого марганца, фторбериллата натрия, фторцирконата калия), флюсов, модификаторов (магнезит, мел, углекислый газ, гексахлорэтан). Флюсы при плавке магниевых сплавов предупреждают также окисление и возгорание твердой шихты.

При подготовке шихты для медных сплавов сыпучую и вязкую стружку после дробления подвергают центрифугированию для удаления влаги, эмульсии, масла. При центрифугировании стружку промывают раствором, содержащим 6 % жидкого стекла, 4 % фосфорнокислого калия, 0,5 % хромовокислого калия, 1 % едкого натра, 88,5 % воды. Затем стружку прослушивают при 200—300 °С, удаляют из нее с помощью магнитного сепаратора мелкие железные включения и производят ее брикетирование.

Крупные шихтовые материалы (катоды, чушки, возврат и др.) разрезают или разбивают на более мелкие части. Использо-

зубые катодные листы тщательно очищают от остатков электролита.

Расчет шихты заключается в определении весовых соотношений различных ее компонентов, загружаемых в печь для получения сплава заданного химического состава. По заданному химическому составу определяется содержание основных компонентов в 100 кг (1000 кг) сплава, учитывается величина угара элементов при плавке. В табл. 7.2 показан угар химических элементов при выплавке чугуна.

Шихту рассчитывают по формуле  $K_{ш} = [K_c / (100 - y)] 100 \%$ , где  $K_{ш}$  — расчетное содержание компонентов в шихте, %,  $K_c$  — заданное содержание компонентов в жидком сплаве %,  $y$  — угар компонента при плавке, % (по данным предприятия в зависимости от применяемых способов плавки).

В заводских условиях расчет ваграночной шихты часто производят методом подбора. Например, требуется получить чугун следующего химического состава: 3,1 % C; 2,36 % Si; 0,85 % Mn; 0,16 % P и 0,10 % S. Из опыта работы данного литейного цеха угар и пригар элементов составляет: +10 % для C; —12 % для Si; —20 % для Mn. Тогда с учетом угара и пригара в шихте соответственно должно быть 2,8 % C; 2,7 % Si; 1,06 % Mn; 0,16 % P; 0,07 S. Для получения расчетного среднего состава шихты путем подбора составляют табл. 7.3.

В табл. 7.4 даны ориентировочные составы шихты для выплавки серого чугуна. Цифры в графах 4, 6, 8, 10 и 12 получают умножением процентного содержания данного элемента в каждом из компонентов шихты (графы 3, 5, 7, 9, и 11) на количественное содержание этого компонента в шихте (графа 4) и делением этого произведения на 100. После суммирования значений для каждого элемента подсчитывают ожидаемый угар или пригар. Недостающие элементы (кремний и марганец) восполняют введением соответствующих ферросплавов.

Флюсы входят в состав шихты и применяют для получения шлака требуемого состава, вязкости и жидкотекучести. Для плавки черных металлов используют известняк металлургический, известь, плавиковый шпат, шамотный бой, боксит, шлак основной мартеновский и апатитнефелиновую руду.

Известняк металлургический должен содержать оксид кальция 59—54 %, кремнезема — не более 1 %, оксиды магния, железа, алюминия — не более 0,9 %, фосфора — не более 0,01 % и серы — не более 0,14 %; известняк применяют в виде кусков с размером от 25 до 200 мм в поперечнике.

Известь имеет следующий состав (%): оксид кальция 88—93, оксид магния — 2, кремнезема — не более 2, оксид железа + ок-

7.2. Угар химических элементов при выплавке чугуна

Плавильный агрегат	Фугеровка	Угар элементов, %									
		углерод	кремний	марганец	фосфор	сера	хром	никель	медь	молибден	титан
Вагранка холодного дутья	Кислая	8—(-8)	10—35	15—40	—	(-25)—(-100)	15—20	До 10	До 10	До 10	20—50
	Основная	10—(-15)	35—50	10—15	До 30	10—30	15—30	» 10	» 10	» 10	20—50
Вагранка горячего дутья	Кислая	10—(-8)	10—(-10)	10—30	—	(-10)—(-50)	10—15	» 5	» 5	» 5	30—60
	Основная	10—(-12)	20—25	10—20	До 10	20—50	10—20	» 5	» 5	» 5	30—60
Дуговая электропечь	Кислая	(-5)—(-10) 20—25*	5—10*	15—20 20—25*	—	До 30 25—50*	15—30	» 10	» 10	» 10	30—60
	Основная	(-3)—(-5) 25—30*	5—10 40—55*	10—15 25—30*	До 20	20—50 40—60*	15—30	» 10	» 10	» 10	30—60

Продолжение табл. 7.2

Плави́льный агрегат	Фу́теровка	Углеродные элементы, %									
		углерод	кремний	марганец	фосфор	сера	хром	никель	медь	молибден	титан
Индукционная тигельная печь промышленной частоты	Кислая	5—15 10—15*	3—(-5) —*	10—25 10—20*	—	— 25—50*	—	0	0	—	—
	Основная	5—10 5—10*	5—10 5—10*	5—10 5—10*	—	— 30—60	—	0	0	—	—
Индукционная тигельная печь высокой частоты	Кислая	15—20 15—25*	5—10 5—10*	10—15 15—25*	—	— 15—40*	—	0	0	—	—
	Основная	15—10 10—20*	10—15 5—15	8—12 10—20*	—	— 20—45*	—	0	0	—	—

Примечания: 1. Цифры, указанные в скобках, например (-5), означают пригар элементов. 2. Угар фосфора при вводе в шихту феррофосфора составляет при кислой футеровке 10—15%. 3. Знаком «\*» показан угар химических элементов из вводимых добавок.

### 7.3. Примерный расчет шихты методом подбора

Компоненты шихты	Содержание элементов											
	C		Si		Mn		P		S			
	% в исходном компоненте	всего в кг	% в исходном компоненте	всего в кг	% в исходном компоненте	всего в кг	% в исходном компоненте	всего в кг	% в исходном компоненте	всего в кг		
Масса компонента шихты, кг												
Чугун литейный коксовый категории II:		15										
ЛК00	3,6	0,54	4,0	0,60	1,0	0,15	0,15	0,022	0,03	0,005		
ЛК0	3,6	0,54	3,5	0,52	0,8	0,12	0,20	0,030	0,03	0,005		
ЛК1	3,6	0,54	3,0	0,45	0,8	0,12	0,20	0,030	0,03	0,005		
Возврат собственного производства	3,2	1,12	2,36	0,83	0,85	0,30	0,18	0,064	0,13	0,050		
Стальной лом	0,3	0,05	0,3	0,05	0,5	0,07	0,04	0,006	0,03	0,001		
Ферросилиций доменный ФС2	3,5	0,07	12,0	0,24	1,0	0,02	0,15	0,003	0,04	0,001		
Зеркальный чугун ЗЧЗ	2	0,08	2,0	0,004	14,0	0,28	0,18	0,004	0,03	0,001		
Всего в шихте, %	100	2,94	—	2,71	—	1,06	—	0,16	—	0,07		
Угар и пригар, %	—	0,29	-12	-0,35	-20	0,21	—	—	+50	0,035		
Состав жидкого металла, %	—	3,23	—	2,36	—	0,85	—	0,16	—	0,105		

#### 7.4. Ориентировочные (средние) составы шихты для выплавки серого чугуна

Марка чугуна	Плавильный агрегат	Средний состав шихты, мас. %								Примечание
		доменный чугун		лом со стороны		стружка		возврат собственный		
		литей-ный *	передел-ный	чугунный	стальной	чугунная	сталь-ная			
От СЧ 10	Вагранка холодного дутья	30—50	до 5	10—30	0—10	—	—	20—30	В случае использования вагранок в дуллехе с электродочастицами содержание перешлаков в шихте можно увеличить до 20%	
СЧ 20	То же	25—40	до 5	10—25	10—20	—	—	15—30		
СЧ 25 СЧ 30	»	25—35	до 5	10—20	15—35	—	—	10—25		
От СЧ 10 до СЧ 18	Вагранка горячего дутья	20—40	5—10	10—20	4—10	—	—	20—40		
СЧ 20	То же	20—30	5—10	10—25	10—20	—	—	10—25		

Продолжение табл. 7.4

Марка чугуна	Плавильный агрегат	Средний состав шихты, мас. %								Примечание
		доменный чугун		лом со стороны		стружка		возврат собственный		
		литейный *	переделанный	чугунный	стальной	чугунная	стальная			
От СЧ 25 до СЧ 35	Вагранка горячего дутья	15—25	—	5—25	20—60	—	—	—	5—20	
От СЧ 10 до СЧ 20	Электрическая печь (дуговая, индукционная, тигельная)	—	10—25	25—35	20—40 <sup>2</sup>	5—10 <sup>3</sup>	до 5 <sup>3</sup>	25—35		Карбуризаторы и ферросплавы по расчету сверх 100%
СЧ 25 СЧ 30	То же	—	10—25	15—30	30—55 <sup>2</sup>	5—10 <sup>2</sup>	до 5 <sup>3</sup>	20—30		
От СЧ 35 до СЧ 45	»	—	—	95—100 <sup>2</sup>	—	—	до 5 <sup>3</sup>	—		

Примечания: 1. Литейные чугуны следует применять в шихте в соотношении, %: ЛК1—15; ЛК2—25; ЛК3—30; ЛК4—20; ЛК5—10. 2. В том числе отходы углеродистой стали и отходы трансформаторной и динамной сталей. 3. Стружка россыпью известного химического состава.

сид алюминия—не более 3, серы—не более 0,2. Известь при-  
меняют только свежееобожженную и в кусках.

Плавииковый шпат содержит 75—92 % фтористого кальция;  
его применяют для разжижения густых известковых шлаков в  
количестве около 1 % от массы шлака.

Шамотный бой состоит из 60 % кремнезема и 30—35 % оксида  
алюминия.

Боксит содержит 44—47 % алюминия, 5—15 кремнезема,  
7—20 оксида железа, 1—7 % оксида кальция.

Шлак основной мартееновский содержит (%): кремнезема —  
не более 25, оксида кальция + оксида магния—не менее 40,  
оксида железа + оксида марганца—не менее 20, оксида фосфо-  
ра—не более 2, сернистого кальция—не более 4. Шлак не  
должен иметь кристаллический или стекловидный излом, крас-  
ной или зеленой окраски; в изломе должен быть серым, кам-  
невидным; его употребляют при плавке чугуна в дробленном  
виде.

Апатито-нефелиновая руда представляет собой минерал  
( $2\text{Ca}_3\text{PO}_4 \cdot 2\text{CaF}_2$ ) с содержанием фосфора 25—30 %.

### 7.3. Чугуны

Чугунами называют сплав железа с углеродом, содер-  
жание которого превышает 2,14 %, с небольшим количеством  
примесей и легирующих элементов. Для изготовления отливок  
применяют серый, высокопрочный, белый и ковкий чугуны.  
Различают также чугуны, имеющие специальные свойства (анти-  
фрикционные, жаропрочные, немагнитные, кислотоупорные и  
др.).

Серый чугун (ГОСТ 1412—85). Для улучшения механичес-  
ких свойств серого чугуна (см. рис. 7.4) с пластинчатым гра-  
фитом применяют модифицирование и легирование.

При модифицировании в расплав серого чугуна  
на желобе вагранки или в ковше вводят ферросилиций или  
силикокальций, а также комплексные модификаторы (кремний,  
алюминий, цирконий и др.). Модификаторы измельчают струк-  
турные составляющие чугуна и, следовательно, обеспечивают  
более равномерное распределение графитных включений  
(табл. 7.5, 7.6) и эвтектических зерен. Оптимальное время вы-  
держки модифицированного чугуна в ковше при массе жидкого  
расплава в нем до 0,5 т—3—5 мин; 0,5—2 т—5—8 т—10 мин.

Легирование—введение в состав чугуна хрома, никеля,  
молибдена, титана и других легирующих элементов, улучшаю-  
щих эксплуатационные и технологические свойства сплава  
(прочность, твердость, пластичность, износостойкость и др.).

## 7.5. Технологические варианты получения модифицированного серого чугуна

Технологические варианты	Добавка стального скрапа в шихту при плавлении, %		Температура чугуна при выпуске из вагранки (не ниже), °C	Модифицированные добавки		Температура чугуна при заливке, °C	Химический состав, %					Среднее значение приведенного коэффициента C+0,3 Si	
	в вагранке с колпачком, высота горна 100 мм	в вагранке без колпачка, высота горна 450 мм		Добавка	количество добавки в % от массы жидкого металла		C	Si до модифицирования	Si после модифицирования	Mn	P		S
M-1	60—70	—	1450—1460	FeSi 75%	1,3—1,5	1340—1370	2,8—3,0	0,6—0,7	1,2—1,5	1,4—1,6	До 0,3	До 0,12	3,30
M-2	45—55	60—70	1430—1450	FeSi 75%	0,6—1,0	1330—1360	2,9—3,1	0,9—1,0	1,3—1,5	1,2—1,4	» 0,3	» 0,12	3,45
M-3	35—40	45—55	1420—1430	FeSi 75%	0,4—0,6	1320—1350	3,0—3,2	1,1—1,2	1,4—1,6	1,0—1,2	» 0,3	» 0,12	3,55
M-4	20—25	30—35	1410—1420	FeSi 75%	0,3—0,5	1310—1340	3,1—3,3	1,3—1,4	1,5—1,7	0,8—1,0	» 0,3	» 0,12	3,70
M-5	15	20	1400	FeSi 75%	0,1—0,3	1300—1330	3,2—3,4	1,4—1,5	1,5—1,7	0,8—1,0	» 0,3	» 0,12	3,80

Примечание. При модифицировании в среднем на 10—15% повышаются прочностные свойства чугуна за счет улучшения структуры.

## 7.6. Возможные отклонения процесса модифицирования чугуна

Отклонение технологического процесса	Причина	Способы предупреждения	Способы устранения
Холодный металл в плавленом агрегате	Неправильный режим процесса плавки	Автоматизация контроля процесса плавки	Повысить расход кокса или электроэнергии
Высокое содержание графитизирующих элементов	Неправильный расчет шихты	Контроль содержания С и Si не реже одного раза в час	Добавить стальной лом в шихту или в жидкий чугун
Повышенный угар элементов модифицирования	Использование мелких фракций модификатора	Контроль за гранулометрическим составом модификатора	Использовать более крупные фракции модификатора
Холодный металл в разливочном ковше	Длительная выдержка в ковше	Анализ потери времени перед заливкой жидкого расплава в формы и устранения их причин	Слить остывший металл в изложницы или в пламенный агрегат

Различают низколегированный чугун с содержанием легирующих элементов до 2,5 %; среднелегированный — от 2,5 до 10 %; высоколегированный — свыше 10 %. Температура плавления серого чугуна 1150—1200 °С.

В качестве легирующих добавок при внепечной обработке следует применять элементы, указанные в табл. 7.7.

**Высокопрочный чугун** (ГОСТ 7293—85). Особенностью высокопрочного чугуна является шаровидная форма включений графита, относительно равномерно рассредоточенного в структуре. Такие образования графита в наименьшей степени ослабляют сечение отливки, придавая ей высокую прочность. Шаровидную форму графит приобретает в результате обработки расплава чугуна такими модификаторами, как магний первичный в чушках всех марок, сплавы магниевые в чушках марок ММ2, ММ2ч, криолит искусственный технический, комплексные модификаторы и др.

Повышенные механические свойства чугуна (табл. 7.8) с шаровидным графитом позволяют использовать его для изготовления изделий ответственного назначения: детали рольгангов, станины шестеренчатых клетей рабочих деталей насосов

### 7.7. Материалы, применяемые для легирования чугуна

Материал	Марка материала	Химический состав добавок, %				Основной элемент, %, не менее
		углерод	кремний	фосфор	серы	
Ферромарганец	ФМн75	7,0	2,0	0,45	0,03	75,0 Мп
	ФМн78	7,0	2,0	0,35	0,03	78,0 Мп
Ферромарганец доменный	Мн5	6,0—7,0	2,0	0,35	0,03	75,1 Мп
	Мн6	5,0—6,5	2,0	0,45	0,66	(70,0—75,0) Мп
Феррохром	ФХ800	8,0	2,0	0,66	0,10	65,0 Сг
Ферромolibден	ФМ1	0,05	0,8	0,05	0,15	58,0 Мо
	ФМ2	0,10	1,5	0,10	0,15	55,0 Мо
	ФМ3	0,20	2,0	0,20	0,20	55,0 Мо
Ферробор	ФБ1	0,20	3,0	0,03	0,02	17 В
	ФБ2	—	7,0—15,0	—	—	8 В
	ФБ3	—	12,0	—	—	6 В
Феррованадий	ВД1	0,75	3,0	0,10	0,10	35 V
	ВД2	0,75	3,0	0,20	0,10	35 V
	ВД3	1,0	3,5	0,25	0,15	35 V
Ферротитан	Тп0	0,10	—	0,04	0,03	28,0—85,0 Тп
	Тп1	0,15	—	0,04	0,04	28,0—35,0 Тп
	Тп2	0,20	—	0,07	0,07	25,0—35,0 Тп
Ферровольфрам	В1	0,3	0,5	0,04	0,08	72,0 W
	В2	0,5	0,8	0,06	0,10	71,0 W
	В3	0,7	1,2	0,10	0,15	65,0 W
Силикомарганец	СМн26	0,2	26,0—32,0	0,05	0,03	60 Мп
	СМн20	1,0	20,0—25,9	0,1—0,25	0,03	65 Мп
	СМн17	1,7	17,0—19,9	0,1—0,35	0,03	65 Мп
	СМн14	2,5	14,0—16,9	0,2—0,35	0,03	65 Мп
Феррофосфор доменный	ФД	—	—	14,0—20,0	—	—
Никель	Н3	0,1	—	—	0,03	98,6 (Ni+Co)
	Н4	0,15	—	—	0,04	97,6 (Ni+Co)
Медь	М3	—	—	—	0,01	99,5 Сп
	М4	—	—	—	0,02	99,0 Сп
Сурьма	Су19	—	—	—	0,10	99,4 Сб
	Су2	—	—	—	0,10	89,8 Сб

Примечания: 1. Добавки вводят в ковш в нагретом не ниже 120 °С состоянии. 2. При выплавке специальных марок следует легировать жидкими добавками. 3. При больших количествах легированного чугуна добавку легирующих элементов производить в печи при выплавке.

7.8. Ориентировочные (средние) составы шихты для выплавки высокопрочного чугуна с шаровидным габаритом

Марка чугуна	Плавильный агрегат	Средний состав шихты, %						Примечание	
		доменный чугун		лом со стороны		стружка			
		литейный	переделный	чугунный	стальной	чугунная	стальная		
Вч 45 Вч 50	Вагранка холодного дутья	20—60	10—50	20—30	5—10	0	0	30—35	При выплавке чугуна ферритного класса расход чувствительного чугуна 60%. Единичное производство толстолистовых отливок
От Вч 45 до Вч 60	Вагранка кислая холодного дутья	20—50	10—50	20—30	5—10	5—10	0	0	Преимущественно при массовом производстве отливок из чугуна перлитного класса
От Вч 40 до Вч 70	Вагранка основная горячего дутья	20—30	10—20	20—30	До 15	5—10	До 5	30—35	Поточно-массовое производство отливок из чугуна перлитного и ферритного классов

Марка чугуна	Плавильный агрегат	Средний состав шихты, %						Возврат собственных	Примечание
		доменный чугун		лом со стороны		стружка			
		литейный	перелитый	чугунный	стальной	чугунная	стальная		
ВЧ 70, ВЧ 80	Дуговая элект-ропечь кислая	10—50	10—50	До 50	5—10*	До 15	0	До 70	При выплавке чугуна ферритного класса использовать рафинированные чугуны
Все марки	Дуговая элект-ропечь основная	10—40	10—40	До 50	5—10*	До 15	До 5	До 70	То же
То же	Индукционная тигельная элект-ропечь	0—15	До 15	До 50	До 60*	До 50	До 5	До 70	При выплавке чугуна ферритного класса применять отходы электротехнической стали, листовую сталь, выплавленную в конверторе

Примечание. Количество примесей (тиган, алюминий, свинец, сурьма, мышьяк, висмут, олово и др.) в шихтовых материалах должно быть минимальным, содержание элементов — перлитизаторов структуры (марганца, молибдена, меди, никеля и др.) в шихте для выплавки чугуна ферритного класса должно быть минимальным

### 7.9. Техническая характеристика камер-автоклавов

Параметры	Модель			
	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5
Масса металла в ковше, т	0,63	2,5	5,0	12,5
Производительность, ковшей/ч	8	4	2	2
Внутренние размеры камеры, мм	1000	1600	2450	2700
	800	2190	1950	3200
Привод	Электрогидравлический			

### 7.10. Длительность перемешивания чугунов

Количество вводимого магния, % от массы чугуна	Длительность перемешивания, с, при массе чугуна в ковше, т								
	0,1	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	8,0
0,10	15	20	20	35	40	45	50	55	60
0,15	25	30	40	50	60	65	70	75	80
0,20	35	45	55	75	85	90	95	105	120
0,25	45	60	75	100	115	125	135	145	165
0,30	60	80	95	135	155	165	175	190	220
0,35	75	100	115	170	185	210	220	235	265
0,40	95	125	140	215	225	255	265	280	305

Примечания: 1. В процессе модифицирования температура жидкого чугуна понижается на 30—80 °С в зависимости от вместимости ковша и количества вводимого магния. 2. Разливка чугуна после модифицирования не должна превышать 10—15 мин.

высокого давления, деталей турбин, работающих в условиях ударных и знакопеременных нагрузок, клапанов, шатунов, прокатных валков, отливок, контактирующих с поверхностью повышенной прочности и эксплуатируемых при  $t = 500$  °С, и др. Температура плавления высокопрочного чугуна 1150—1200 °С.

Обработку чугуна магнием производят в камерах-автоклавах, технические характеристики которых приведены в табл. 7.9. Модифицирование чугуна магнием производят в ковше, установленном в камере-автоклаве при создании давления сжатого воздуха и перемешивании специальной мешалкой (табл. 7.10, 7.11).

### 7.11. Возможные отклонения процесса модифицирования чугуна магнием

Отклонения	Причина	Способы предупреждения	Способы устранения
Получение графита не-правильной формы	Недостаточное количество введенного магния Повышенное содержание серы  Пониженное давление при модификации Недостаточное время модифицирования	Контроль правильности навески магния  Использование в шихте низкосернистого кокса и некачественных шихтовых материалов Выбор оптимального давления Назначение продолжительности модифицирования	Повторение операции обработки чугуна магнием Проведение десульфурации жидкого чугуна  Увеличение давления  Увеличение времени модифицирования
Черные пятна и пленки	Повышенное содержание магния  Низкая температура заливки  Высокое содержание серы в исходном чугуне	Контроль правильности навески магния  Заливка чугуна при температуре, соответствующей технологическому процессу Использование шихтовых материалов с ограниченным содержанием серы	Обработка чугуна криоли-том. Уменьшение содержания магния Проведение заливки под флюсом  Проведение десульфурации жидкого чугуна

**Белый чугун.** Белый чугун хорошо противостоит истиранию, обладает высокой твердостью, но практически не поддается механической обработке. Эти свойства чугуна используют в литых деталях, изготавливаемых без предварительной механической обработки (катки для мощения дорог, лопасти дробеметных аппаратов). Температура плавления белого чугуна 1180—1220 °С. В табл. 7.12 приведены ориентировочные составы для выплавки белого чугуна,

### 7.12. Ориентировочные составы шихты для выплавки белого (ковкого) чугуна

Шихта	Средний состав шихты, мас. %				Возврат собственного чугуна (в том числе стружка)
	доменный чугун		лом		
	литейный	передельный	чугунный	стальной (в том числе стружка)	
I	10—15	10—15	5—15	25—40	35—50 (5—10)
II	—	20—25	0—10	25—40 (6—10)	40—50 (4—8)
III	—	10—20	—	40—50 (0)	40—50 (до 5)

**Примечание.** Содержание хрома в шихте (для нормального проведения процесса графитизации отливок при отжиге) не должно превышать 0,06—0,07%.

**Ковкий чугун** (табл. 7.13). Ковкий чугун получают графитизирующим отжигом белого чугуна в такой последовательности: изготавливают отливку из белого чугуна в песчано-глинистых формах, после выбивки и очистки отливку подвергают длительному отжигу (или томлению) в печах. Температура плавления ковкого чугуна 1180—1220 °С.

**Влияние основных элементов на структуру и свойства чугуна.** Формирование структуры чугуна происходит при затвердевании отливки. Основными факторами, влияющими на структурообразование чугуна, являются его химический состав (табл. 7.14) и скорость охлаждения отливки в форме.

### 7.4. Сталь

Сталь, используемая для получения фасонных отливок, представляет собой сплав железа с углеродом (не менее 2,14%), марганцем, кремнием, фосфором, серой и с другими элементами. Содержание химических элементов в стали доходит от сотых долей до нескольких процентов и даже десятков процентов (легированная сталь).

Стальные отливки обладают более высокими механическими свойствами, чем чугуны, их используют для производства ответственных деталей машин. Увеличение содержания углерода повышает механическую прочность стали, но снижает ее вязкость. Усадка стали в среднем равна 2%.

Чтобы повысить прочность и снять внутренние напряжения, стальные отливки после выбивки и очистки подвергают нормализации при температуре 800—900 °С.

### 7.13. Ковкие чугуны

Чугун	Временное сопротивление бр. МПа, не менее	Относительное удлинение, %, не менее	Твердость НВ	Назначение
-------	---	--------------------------------------	--------------	------------

#### Ферритный ковкий чугун

КЧ 30-6	294	6	100—163	Детали (хомутки, клапаны, муфты, фланцы, фитинги и др.), работающие при относительно низких статических и динамических нагрузках
КЧ 33-8	323	8	100—163	
КЧ 37-12	362	12	110—163	Детали (картеры редукторов, ступицы, задние мосты, пальцы уборочных машин и др.), работающие при высоких динамических и статических нагрузках. По технологическим требованиям материал отливки должен обладать достаточной прочностью и вязкостью
КЧ 35-10	333	10	100—163	

#### Перлитный ковкий чугун

КЧ 45-7	441	7	150—207	Детали (буксы, тормозные колодки, храповики, вилки карданных валов, звенья приводных цепей и др.), работающие при высоких динамических и статических нагрузках или в условиях повышенного износа. Материал отливки должен обладать высокой прочностью, износостойкостью и вязкостью
КЧ 50-5	490	5	170—230	
КЧ 55-4	530	4	182—241	
КЧ 60-3	588	3	200—269	
КЧ 65-3	637	3	212—269	
КЧ 70-2	686	2	241—285	
КЧ 80-1,5	784	1,5	270—320	

## 7.14. Влияние химических элементов на свойства чугуна

Серый чугун	Высокопрочный чугун	Ковкий чугун
-------------	---------------------	--------------

### У г л е р о д

Повышенное содержание углерода приводит к уменьшению прочности, твердости и к увеличению пластичности, углерод улучшает литейные свойства чугуна

Увеличенное содержание углерода улучшает литейные свойства чугуна

Углерод — основной регулятор механических свойств ковкого чугуна, чугун обладает низкой жидкотекучестью и требует высокого перегрева

### К р е м н и й

Кремний с учетом содержания углерода способствует выделению графита и снижает твердость, а также уменьшает усадку; повышенное содержание кремния снижает пластичность и несколько увеличивает твердость

С повышением содержания кремния возрастает предел прочности при растяжении, при дальнейшем увеличении содержания уменьшаются предел прочности при растяжении и относительное удлинение

Для ферритного ковкого чугуна суммарное содержание кремния и углерода должно быть равно 3,7—4,1%. Содержание кремния зависит от количества углерода и толщины стенки. При содержании кремния до 1,5% механические свойства сплава повышаются

### М а р г а н е ц

Марганец тормозит выделение графита, способствует измельчению перлита и отбеливанию чугуна; взаимодействуя с серой, нейтрализует ее вредное действие. Механические свойства чугуна повышаются при содержании марганца до 0,7—1,3%, а при дальнейшем увеличении снижаются. Марганец увеличивает усадку сплава

С повышением содержания марганца уменьшается доля феррита и увеличивается количество перлита; при этом повышается предел прочности при растяжении и уменьшается относительное удлинение. Для повышения износостойкости содержание марганца увеличивают до 1,0—1,3%

Марганец увеличивает количество связанного углерода, повышает прочность феррита. При повышении содержания марганца до 0,8—1,4% увеличивается количество перлита, прочность сплава повышается, но резко падают пластичность и ударная вязкость. В ферритном чугуне содержание марганца не должно превышать 0,6%, в перлитном — 1,0%

Серый чугун	Высокопрочный чугун	Ковкий чугун
-------------	---------------------	--------------

## Магний

—

Для образования графита шаровидной формы содержание магния должно быть не ниже 0,03%, а церия — не ниже 0,02% (остаточное содержание). При более низком содержании часть графита содержится в виде пластинок, что снижает механические свойства сплава. При повышенном содержании магния (и церия) в структуре сплава образуется цементит и, следовательно, снижаются механические свойства. Оптимальное содержание остаточного магния — 0,04—0,08%

—

## Сера

Сера снижает прочность и пластичность, но несколько повышает износостойкость сплава; считается вредной примесью; придает чугуну краснеломкость (образование трещин при высоких температурах), препятствует выделению графита

Чем выше содержание серы в исходном чугуне, тем труднее получить полностью шаровидную форму графита и, следовательно, высокие механические свойства

Содержание серы в ферритном ковком чугуне, модифицированном алюминием, может быть повышено до 0,2%; при этом механические свойства возрастают за счет улучшения формы графита. Определяющее влияние на механические свойства чугуна оказывает отношение содержания марганца и серы, которое должно быть в пределах 0,8—3,0%

Серый чугун	Высокопрочный чугун	Ковкий чугун
-------------	---------------------	--------------

## Ф о с ф о р

Фосфор на процесс графитизации углерода влияет слабо, но повышает жидкотекучесть сплава; придает чугунам хладноломкость, т. е. хрупкость

Фосфор оказывает существенное влияние на структуру и механические свойства. Чтобы получить чугун с высокой пластичностью, содержание фосфора не должно превышать 0,08%. Для получения чугуна с невысокой пластичностью содержание фосфора увеличивают до 0,12—0,15%

Влияние фосфора на структуру и механические свойства ковкого чугуна такое же, как и на серый

## Н и к е л ь

Никель — легирующий элемент, благоприятно влияющий на выравнивание механических свойств в отливках с различной толщиной стенок; повышает твердость на 10 НВ. С увеличением содержания никеля возрастает коррозионная стойкость и улучшается обрабатываемость сплава

Никель влияет на тепло- и электропроводность, а также на электросопротивление, коррозионную стойкость и жаростойкость сплава. С увеличением содержания никеля эти свойства повышаются

Никель способствует графитизации углерода и увеличивает количество перлита в металлической основе сплава

## Х р о м

Хром — карбидообразующий элемент. С увеличением хрома повышаются прочность и твердость отливок, замедляется процесс графитизации углерода

С увеличением содержания хрома в определенных пределах повышаются жаростойкость, коррозионная стойкость и износостойкость сплава

Хром замедляет процесс графитизации углерода. Содержание хрома в сплаве не превышает 0,06—0,08%; повышение содержания до 0,1—0,12% приводит к образованию в структуре сплава стойких карбидов

Серый чугун	Высокопрочный чугун	Ковкий чугун
-------------	---------------------	--------------

## Молибден

Молибден — легирующий элемент, замедляет процесс графитизации углерода и способствует карбидообразованию. С увеличением содержания молибдена повышается твердость без ухудшения обрабатываемости и возрастает сопротивление износу

—

Молибден способствует измельчению перлита и графитовых включений, увеличивает предел прочности на 30—70 кПа при содержании молибдена до 0,5; замедляет процесс графитизации углерода

## Медь

Медь способствует графитизации углерода, увеличивает жидкотекучесть, повышает прочность и твердость сплава

При содержании в сплаве 1 % меди предел прочности при растяжении повышается до 40 %, а текучесть до 50 %, соответственно при 2 % меди — до 65 и 70 %. Содержание меди более 2 % препятствует образованию в структуре сплава шаровидного графита

Медь способствует графитизации углерода и увеличивает содержание перлита

В табл. 7.15 приведены способы плавки стали.

Маркировка (табл. 7.16, 7.17) специальных легированных сталей (нержавеющих, кислотоупорных, жаропрочных и др.) включает буквенные обозначения входящих в них легирующих элементов (Х — хром, Н — никель, Т — титан, М — молибден, Ф — ванадий, С — кремний, Ю — алюминий, Г — марганец); цифры после букв показывают процентное содержание этих элементов. Буква Л обозначает способ получения стали литьем. Первые две цифры в маркировке углеродистых сталей (табл. 7.18) указывают на среднее содержание углерода в сотых долях процента, Температура плавления сталей превышает 1420 °С,

### 7.15. Способы плавки стали для производства отливок

Способ плавки	Основной исходный материал	Основной источник		Отливки	Выплавляемые стали
		теплоты	кислорода		
Кислый конвертерный на воздушном дутье (малое бессемерованье)	Бессемеровский чугуун	Физическая теплота расплавленного чугуна. Окисление углерода и кремния То же	Воздух	Ответственного назначения, преимущественно мелкие и средние. Возможно получение отливок массой до 2 т (иногда более)	Низко- и среднеуглеродистые
Кислый конвертерный на кислородном дутье	Бессемеровский чугуун и стальной лом	То же	Технический кислород	Тонкостенные ответственного назначения, мелкие и средние. Возможно получение отливок массой в несколько тонн	Низко- и среднеуглеродистые, нелегированные
Мартеновский основной	Переделный чугуун и стальной лом в любых соотношениях	Горение газообразного или жидкого топлива	Продукты горения, железная руда, технический кислород	Средние и крупные	Углеродистые и легированные
Мартеновский кислый	Чистый (по фосфору и сере) стальной лом с добавлением переделного чугуна	То же	Железная руда, технический кислород	То же	То же

Продолжение табл. 7.15

Способ плавки	Основной исходный материал	Основной источник		Отливки	Выплавляемые стали
		теплоты	кислорода		
Электродуговой основной	Стальной лом	Электрическая дуга	—	Тонкостенные ответственного назначения, преимущественно мелкие и средние	Углеродистые и легированные с низким содержанием серы
Электродуговой кислый	Чистый стальной лом	Электрическая дуга	—	Тонкостенные ответственного назначения, преимущественно мелкие и средние	Преимущественно углеродистые и низколегированные
Электродуговой вакуумный (кислотный и основной)	Стальной лом, специально приготовленная шихта	То же	—	Ответственного назначения (мелкие)	Преимущественно высоколегированные
В индукционных печах открытых (кислых и основных)	Стальной лом, ферросплавы	Индукционная электроэнергия	—	Тонкостенные ответственного назначения, преимущественно мелкие и средние	Углеродистые легированные стали
В индукционных закрытых (вакуумных) и других печах	Стальной лом, специально приготовленная шихта	То же	—	Тонкостенные, особо ответственного назначения, сложной конфигурации	Преимущественно высококачественные

## 7.16. Легированные стали для фасонных отливок

Сталь	Характеристика и назначение
30ГСЛ	Коррозионная стойкость низкая, жидкотекучесть удовлетворительная, обладает малой склонностью к образованию трещин. Сваривается дуговой сваркой в среде защитных газов и электрошлаковой. Изготавливают лопасти гидротурбин с облицовкой листами из нержавеющей стали, втулки, лопатки, сектора, зубчатые венцы
12X18H9ТЛ	Жаропрочная при температуре до 600 °С. Сваривается ручной дуговой сваркой. Изготавливают детали машин, эксплуатируемых в условиях агрессивных сред (азотной, уксусной, фосфорной, щелочной и др.)
15X28Л	Кислотно- и окалиностойкая до температуры 1000 °С. Сваривается плохо. Изготавливают печную арматуру, детали химических аппаратов и сосудов; центробежные насосы, конденсаторы, цилиндры, корпуса золотников и мешалки, работающие в щелочных средах высокой концентрации, в растворах солей и среде газов
12X18H12M3ТЛ	Жаропрочная до температуры 800 °С, кислотостойкая. Получают отливки, работающие в слабых растворах серной кислоты
08X21H6M2ТЛ	Коррозионная стойкость высокая в слабых растворах серной, фосфорной, лимонной и других кислот. Сваривается ручной дуговой сваркой. Изготавливают детали химического оборудования — корпуса насосов, крыльчатки, фитинги
10X13СЮЛ	Коррозионностойкая. Изготавливают клапаны автотракторных двигателей, печную арматуру и другие детали, работающие в пониженной нагрузкой при температуре до 900 °С
15X25ТЛ	Окалиностойкая до температуры 1100 °С. Изготавливают печную арматуру, плиты, детали аппаратов и сосудов, работающих в слабых растворах азотной, фосфорной, уксусной, лимонной и других кислот

Сталь	Характеристика и назначение
Г13Л	<p>Сталь Гатфильда — высоколегированная марганцовистая сталь (содержание Mn 11,5—14,5%) аустенитного класса высокой (превосходящей стали других групп) износостойкости при больших давлениях и ударных нагрузках. Для получения требуемых свойств отливки из стали Гатфильда подвергают нагреву до <math>t = 1020 \div 1100</math> °С и закаливают в холодной воде на аустенит. Недопустим продолжительный нагрев отливок из стали Гатфильда при эксплуатации до 300 °С (или кратковременный до 400 °С), так как при этом сталь приобретает большую твердость (до 500 НВ) и становится очень хрупкой. Закаленная в воде сталь не поддается механической обработке. Назначение — отливки корпусов вихревых и шаровидных мельниц, щеки дробилок, трамвайные и железнодорожные стрелки и крестовины, гусеничные траки, звездочки, зубья ковшей экскаваторов, мелющие шары и другие детали, работающие в условиях ударных нагрузок на износ</p>

7.17. Угар и особенности введения в сталь некоторых легирующих элементов

Элемент	В каком виде вводится элемент	Угар в печи, %		Особенности введения элемента	Масса или размер кусков	Примечание
		в марганцевой	в электродуговой			
Никель	Металлический никель или ферроникель	0	0	Предпочтительно в за-валку (до окислительного периода)	От дробы до чуш-ки массой 10—12 кг	При выплавке сплавов с высоким (60% и более) содержанием никеля часть его испаряется
Молибден	Ферромолибден или молибдат кальция	0	0	В начале кипения. Корректировку содержания производят не позднее чем за 25—30 мин до выпуска стали из печи	Не крупнее 50—100 мм	При использовании молибдата кальция его целесообразнее присаживать на зер-кало металла после скачивания шлака
Хром	Феррохром	15—30	5—10	После предварительного раскисления. Корректировку содержания производят не позднее чем за 20 мин до выпуска стали из печи	Масса 4—6 кг	—
Марганец	Ферромарганец	20—30	—	В печь за 5—15 мин до выпуска стали (можно часть вводить в ковш)	50—100 мм	—

### 7.18. Углеродистые стали

Марка	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение, %	Твердость НВ	Характеристика и назначение
15Л	400	24	109—136	Коррозионная стойкость низкая, жидкотекучесть удовлетворительная, не склонная к образованию трещин, хорошо сваривается, но после сварки требует отжиг. Применяют для изготовления несложных литых деталей в комбинированных сварно-литых конструкциях
20Л	420	22	116—144	Характерные особенности те же, что и для стали 15Л. Изготавливают несложные массивные отливки (крышки, патрубки, фланцы), работающие при температуре $-40 \div +450^\circ\text{C}$ под давлением
25Л	450	19	124—151	Характерные особенности те же, что и для стали 15Л. Изготавливают станины прокатных станов, шкивы, турбинные детали, корпуса подшипников
30Л	480	17	131—157	Характерные особенности те же, что и для стали 15Л. Изготавливают станины прокатных станов, корпуса и обоймы турбомашин, балансиры, рычаги, корпуса червячных редукторов, муфты
35Л	500	15	137—166	Коррозионная стойкость низкая, жидкотекучесть удовлетворительная, несклонна к литейным трещинам, свариваемость хорошая. Изготавливают шестерни, шайбы, колеса и другие детали, работающие при вибрационной и ударной нагрузках
40Л	530	14	146—173	Характерные особенности те же, что и для стали 35Л. Изготавливают ответственные детали, к которым предъявляют повышенные требования по прочности и сопротивлению, износозубчатые венцы и колеса, тормозные диски, катки

Марка	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение, %	Твердость НВ	Характеристика и назначение
45Л	550	12	153—179	То же Коррозионная стойкость низкая, жидкотекучесть удовлетворительная. Назначение то же, что и для сталей 45Л, 40Л Характерные особенности те же, что и для стали 50Л. Изготавливают муфты для прокатки, барабаны, зубчатые венцы
50Л	580	11	159—190	
55Л	600	10	170—199	

Примечание. Значения механических свойств приведены после отжига или нормализации с высоким отпуском.

### 7.5. Литейные сплавы цветных металлов

Литейные заготовки из сплавов цветных металлов широко применяют в промышленности, строительстве и быту. Обладая хорошими литейными свойствами, они обеспечивают различные потребительские требования. Выполнение этих требований зависит от качества самого сплава, а также принятого технологического процесса изготовления отливки. В машиностроении наиболее распространены алюминиевые и магниевые сплавы.

Отливки из сплавов цветных металлов должны иметь специальные потребительские качества, определяемые химическим составом, механическими свойствами, микроструктурой сплава, размерной точностью, шероховатостью поверхности, отсутствием внешних и внутренних дефектов. Все эти требования определяются соответствующими регламентами в виде технических условий, стандартов и другой документации.

Сплавы цветных металлов обладают высокой жидкотекучестью, наибольшей усадкой при затвердевании и охлаждении отливки, небольшой склонностью к образованию литейных напряжений и незначительной ликвацией имеют кристаллическое строение (структуру).

В табл. 7.19—7.22 показаны некоторые основные литейные свойства цветных сплавов, а также технические возможности различных способов литья.

### 7.19. Температура плавления и разливки некоторых сплавов цветных металлов

Сплав	Температура, °С	
	плавления	разливки
Бронзы оловянные:		
БрО5Ц5С5, БрО3Ц12С5	975—980	1100—1180
БрО3Ц7С5Н1, БрО10Ц2	1000—1030	1100—1200
БрО10Ф1	935	1100—1150
Бронзы безоловянные:		
БрА9Мц2Л, БрА9ЖЗЛ	1040—1060	1150—1200
БрА10ЖЗМц2	1045	1150—1200
Латуни:		
ЛЦ30А3	995	1100—1150
ЛЦ16К4	890	1050—1100
ЛЦ40Сд	890	940—960
		(литье под давлением)
Алюминиевые сплавы:		
АЛ4, АЛ5, АЛ9	612—626	700—750
АЛ2	590	690—760
АЛ1, АЛ7	630—640	700—750
Магниеые сплавы:		
МЛ3, МЛ4, МЛ5, МЛ6	610—630	690—780
Цинковый сплав ЦАМ10-5Л	395	450—500

### 7.20. Сравнительная жидкотекучесть некоторых литейных сплавов

Степень жидкотекучести	Сплав
Высокая	Сплав алюминия с кремнием, кремнистая латунь, цинковый сплав
Средняя	Сплав алюминия с медью и магнием, оловянная бронза, латунь (кроме кремнистой)
Низкая	Магниевый сплав

### 7.21. Примерные значения линейной усадки сплавов

Сплав	Усадка, %	
	свободная	затрудненная
Алюминиево-кремниевый	0,9—1,3	0,8—1,1
Алюминиево-магниевый	1,3—1,5	1,1—1,2
Оловянная бронза	1,4—1,6	1,2—1,4
Безоловянная бронза	1,7—2,4	1,4—2,0
Кремнистая латунь	1,6—1,8	1,5—1,7
Магниевый	1,3—1,8	1,1—1,6
Цинковый	0,9—1,2	0,8—1,1

**7.22. Технические возможности различных способов  
литья отливок из сплавов цветных металлов**

Способ литья	Максимальная масса отливки, кг	Максимальный габаритный размер, мм	Толщина стенки, мм, не менее	Диаметр отверстия, мм, не менее
Под давлением	30	700	0,5—1	1,5—2
В кокиль	До 500	2000	3—5	8
Под низким давлением	10	800	2—3	8
По выплавляемым моделям	30	1000	1—3	5
В оболочковые формы	50	1500	3—6	6
В гипсовые формы	10	250	1,5—3	6
В песчаные формы	1000	3000	4—8	15

Способ литья	Литейный уклон, град	Радиус закругления, мм, не менее	Качество точности	Шероховатость поверхности по Rz, мкм	Припуск на обработку, мм
Под давлением	0,5—1	0,5	5—9	25,0—3,2	0,3—1,5
В кокиль	0,5—2,5	3	11—13	200—50	1,5—8
Под низким давлением	1—2	2	8—13	100—25,0	1,5—4
По выплавляемым моделям	1—2	5	8—13	50—12,5	0,2—0,7
В оболочковые формы	1—2	5	11—13	100—25,0	2—8
В гипсовые формы	0,5—3	5	12—14	400—50	2—14

**Алюминиевые сплавы.** Структура, физико-механические и литейные свойства алюминиевых сплавов (например, силуминов) зависят от химических элементов, входящих в сплав (табл. 7.23—7.27). Для изготовления отливок используют пять групп (см. табл. 7.25) литейных алюминиевых сплавов: I—сплавы на основе системы Al—Si; II—сплавы на основе системы Al—Si—Cu; III—сплавы на основе системы Al—Cu; IV—сплавы на основе системы Al—Mg; V—сложнолегированные сплавы.

Наибольшее применение в промышленности получили сплавы I и II групп.

Сплавы I группы (силумины) широко используют в авиационной, автомобильной, приборостроительной, машиностроительной, судостроительной и электротехнической промышлен-

### 7.23. Технологические свойства некоторых алюминиевых сплавов

Сплав	Жидкотекучесть, мм (заливка при 700 °С) <sup>1</sup>	Линейная усадка, %	Объемная усадка кристаллизации, %	Склонность к образованию трещинам (проба ВИАМ), мм	Интервал кристаллизации <sup>2</sup>	Герметичность <sup>3</sup>	Плотность <sup>4</sup> , кг/м <sup>3</sup>
АЛ1	270/—	1,35—1,45	6,4—6,2	27,5	630/535	3/9; течь 3/12; разрыв	2810/2510
АЛ2	420/820	0,9—1,0	3,0—3,5	Не образуются	577/577	—	2650/2460
АЛ3	340/505	1,3—1,35	4,0—4,2	12—20	616/577	3/10; разрыв	2740/2510
АЛ4	360/800	1,0—1,1	3,2—3,4	Не образуются	601/559	3/20; разрыв	2680/2460
АЛ5	345/750	1,15—1,2	4,5—4,9	7,5	622/570	3/10; разрыв	2710/2450
АЛ6	300/650	1,2—1,3	4,8—5,0	10	620/577	—	2740/2490
АЛ7	165/280	1,35—1,45	6,5—6,8	35	649/544	3/5; течь	2760/2520
АЛ8	325/600	1,3—1,35	4,8—5,0	22,5	630/449	1; течь/1,2; течь	2630/2350
АЛ9	250/770	1,1—1,2	3,7—3,9	5	675/545	3/14; разрыв	2670/2450
АЛ11	—	1,2—1,4	4,0—4,5	5	650/550	—	2670/—
АЛ13	320/500	1,25—1,3	—	12,5	650/548	—	2780/—
АЛ19	205/—	1,25	6,0	32,5	650/548	0,5; течь/3,5; течь	2780/—
АЛ21	360/—	1,2	—	22,5	638/555	—	2830/—
АЛ22	380/650	1,2—1,25	4,7	17,5	—	0,5; течь/0,5; течь	—
АЛ23	265/—	1,1	—	15	—	—	—
АЛ23-1	265/—	1,1	—	15	—	—	—
АЛ24	230/—	1,2	4,5—4,7	22,5	—	2; течь/18; течь	—
АЛ25	425/—	1,15	—	16,5	—	—	2720/—
АЛ27	270/—	1,1—1,2	—	17,5	—	0,5; течь/3,0; течь	—
АЛ27-1	270/—	1,1—1,2	—	12,5	—	0,5; течь/3,0; течь	—
АЛ28	310/—	—	—	17,5	—	—	—
АЛ30	420/—	1,15	—	5	—	—	2700/—
АЛ32	380/—	0,95	—	—	—	—	2650/—
АЛ33	320/—	1,3	—	30	638/560	—	—
АЛ34	350/—	1,1	—	Не образуются	—	—	2630/—

<sup>1</sup> В числителе—приведены данные для пружковой пробы (песчаная форма), в знаменателе—для спиральной пробы (кокиль). Боронки и пробы при отливке пробы на жидкотекучесть нагревают до 500 °С. <sup>2</sup> В числителе—при  $t_{\text{длв}}$ , в знаменателе—при  $t_{\text{сдл}}$ . В числителе—давление газа, в знаменателе—давление воды. Герметичность характеризуется минимальным давлением, при котором в дне стакана, имеющем толщину 4 мм, появляется течь. Максимальное давление газа 3,0 МПа. Разрыв под давлением воды без течи характеризуется гидропрочностью. <sup>4</sup> В знаменателе—при 20 °С, в числителе—при  $t_{\text{длв}}$ .

**7.24. Механические свойства некоторых литейных  
алюминиевых сплавов**

Сплав	Способ литья	Вид термической обработки	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа, не менее	Относительное изменение $\delta$ , %, не менее	Твердость по Бринеллю НВ, не менее
АЛ2	ЗМ, ОМ, КМ	—	147	4	50
	То же	T2	137	4	50
	К	—	157	2	50
	Д	—	157	1	50
	К	T2	147	3	50
АЛ4	Д	T2	147	2	50
	З, О, В, К, Д	—	147	2	50
	К, Д	T1	196	1,5	60
	ЗМ, ОМ, ВМ	T6	226	3	70
АЛ9	К, КМ	T6	235	3	70
	З, О, В, К	—	157	2	50
	Д	—	167	1	50
	З, О, В, К, Д	T2	137	2	45
	КМ	T4	186	4	50
	З, О, В	T4	177	4	50
	К, КМ	T5	206	2	60
	З, О, В	T5	196	2	60
	ЗМ, ОМ, ВМ	T5	196	2	60
	То же	T6	226	1	70
	»	T7	196	3	60
	»	T8	157	3	55
АЛ5	З, О, В, К	T1	157	0,5	65
	З, О, В	T5	196	0,5	70
	К	T5	216	0,5	70
	З, О, В	T6	226	0,5	70
	З, О, В, К	T7	177	1	65
АЛ32	З	T6	245	1,5	60
	К	T1	196	1,5	70
	К	T6	264	2	70
	Д	—	254	2	70
АЛ19	З, О, В, К	T4	295	8	70
	То же	T5	335	4	90
АЛ8	З, О, В, К	T4	285	9	60
АЛ27	З, О, К, Д	T4	314	12	75
АЛ11	З, О, В	—	196	2	80
	К	—	206	1	80
	Д	—	177	1	60
АЛ30	К	T1	196	0,5	90

Примечания: 1. T1—искусственное старение без предварительной закалки; T2—отжиг; T4—закалка; T5—закалка и неполное искусственное старение; T6—закалка и полное искусственное старение; T7—закалка и стабилизирующий отпуск; T8—закалка и смягчающий отпуск. 2. Способы литья: З—в песчаные формы, О—в оболочковые формы, К—в кокиль, Д—под давлением, В—по выплавляемым моделям; М—модифицированное состояние,

7.25. Химический состав некоторых алюминиевых литейных сплавов

Группа сплавов	Марка сплава	Легированные элементы, %									
		Mg	Si	Mn	Cu	другие элементы	Железо			Mn	
							З, О, В	К	Д		
I	АЛ2	—	10—13	—	—	—	—	0,7	1,0	1,5	0,5
	АЛ4	0,17—0,3	8—10,5	0,2—0,5	—	—	—	0,6	0,9	1,0	—
	АЛ9	0,2—0,4	6—8	—	—	—	—	0,6	1,0	1,5	0,5
	АЛ34	0,35—0,55	6,5—8,5	—	—	(0,15÷0,4) Be	—	0,6	0,6	—	0,1
II	АЛ3	0,35—0,6	4,5—5,5	0,6—0,9	1,5—3	—	—	0,6	1,2	1,6	—
	АЛ5	0,35—0,6	4,5—5,5	—	1,0—1,5	—	—	0,6	1,0	1,5	0,5
	АК7М2	0,2—0,6	6—8	0,2—0,6	1,5—3,0	—	—	1,1	1,3	1,3	—
	АЛ32	0,3—0,5	7,5—8,5	0,5—0,5	1—1,5	(0,1÷0,3) Ti	—	0,7	0,8	0,9	—
III	АЛ7	—	—	—	4,5	—	—	1,0	1,0	—	0,1
	АЛ19	—	—	0,6—1,0	4,5—5,3	(0,15÷0,35) Ti	—	0,2	0,3	—	—

Группа сплавов	Марка сплава	Примеси, % не более											сумма учитываемых примесей		
		Cu	Zn	Sn	Pb	Ti	V	Zr	другие примеси	З, О,	К	Д	З, О,	К	Д
I	АЛ2	0,6	0,3	—	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1 Mg	2,1	2,2	2,7
	АЛ4	0,3	0,3	0,01	0,05	—	0,1	0,15	—	0,15	—	—	1,1	1,4	1,5
	АЛ9	0,2	0,3	0,01	0,05	—	—	0,15	—	0,2	—	0,1 В	1,1	1,5	2,0
	АЛ34	0,3	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	1,0	—
II	АЛ3	—	0,3	0,01	0,05	—	—	0,5	—	0,5	—	—	1,1	1,7	1,9
	АЛ5	—	0,3	0,01	—	—	—	0,15	—	0,15	—	—	1,0	1,3	1,7
	АК7М2	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3 Ni	1,8	2,0	2,0
	АЛ32	—	0,3	—	—	—	—	0,1	—	0,1	—	—	0,9	1,0	1,1
III	АЛ7	—	0,2	0,01	0,01	0,2	—	0,1	—	0,1	—	0,03 Mg; 1,2 Si	2,1	2,1	—
	АЛ19	—	0,2	—	—	—	—	0,2	—	0,2	—	0,05 Mg; 0,3 Si; 0,1 Ni	0,9	0,9	—

Группа сплавов	Марка сплава	Легированные элементы, %									
		Mg	Si	Mn	Cu	другие элементы	Железо			Mn	
							З, О, В	К	Д		
IV	АЛ8	9,3—10	—	—	—	—	—	0,3	0,3	—	0,1
	АЛ13 АЛ23	4,5—5,5 6—7	0,8—1,3 —	0,1—0,4 —	— —	— —	— —	0,5 0,2	0,5 0,2	1,5 —	0,1 0,1
IV	АЛ27	9,5—10,5	—	—	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,1
V	АЛ1	1,25—1,75	—	—	—	—	3,75—4,5	0,7	0,8	—	—
	АЛ11 АЛ21	0,1—0,3 0,8—1,3	6—8 —	— 0,15—0,25	— —	— —	— 4,6—6	0,7 0,6	1,2 0,6	1,5 —	0,5 —
V	АЛ25	0,8—1,3	11—13	0,3—0,6	1,5—3	—	—	0,8	—	—	—
	АЛ30 АК21М2, 5Н2,5 (ВКЖС-2)	0,8—1,3 0,2—0,5 —	11—13 20—22 —	— 0,2—0,4 —	0,8—1,3 2,3—3 —	— — —	— — —	0,7 — —	— 0,9 —	— — —	0,2 — —

Примечание: А1—остальное.

Группа сплавов	Марка сплава	Примеси, % не более											сумма учитываемых примесей			
		Cu	Zn	Sn	Pb	Ti	Be	Zr	другие примеси	3, О, В	К	Д				
IV	АЛ8	0,1	0,1	—	—	0,07	0,07	0,2	—	—	—	0,3 Si	1,0	1,0	—	
	АЛ13	0,1	0,2	—	—	—	—	0,15	—	—	—	—	0,6	0,6	1,8	
	АЛ23	0,15	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2 Si	0,5	0,5	—	
	АЛ27	0,15	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2 Si	0,5	0,5	0,5	
V	АЛ1	—	0,1	—	—	0,1	—	0,1	—	—	—	0,7 Si	1,4	1,4	—	
	АЛ11	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,7	1,9	—	
	АЛ21	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,3	1,3	—	
	АЛ25	—	0,5	0,02	0,1	—	—	—	—	—	—	0,5 Si	—	—	—	
	АЛ30	—	0,2	0,01	0,05	0,2	—	—	—	—	—	0,2 Cr	—	—	—	
АК21М2, 5Н2.5 (ВКЖЛС-2)	—	0,2	0,01	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,1	1,1	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

7.26. Механические и литейные свойства некоторых алюминиевых сплавов

Сплав	Временное сопротивление $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup> , не менее	Относительное удлинение, %	Твердость НВ	Линейная усадка, %	Жидкотекучесть по спиральной пробе, мм	Характеристика	Назначение
АЛ13	150	1,0	55	1,2	500	Повышенные механические свойства, коррозионно-стойкие, хорошо поддаются механической обработке резанием. Поверхность литейных сплавов. Менее склонны, чем силумины, к образованию газовой пористости	Детали, работающие в атмосферных и морских условиях при температурах до 150 °С — сплавы АЛ13, АЛ22. Детали (кронштейн, стойки и др.), работающие с повышенными нагрузками при температурах до 250 °С
АЛ22	180	1,0	90	1,2	650		
АЛ19	300—340	8—4	70—90	1,25	410		
АЛ1	180—210	1,0	80—95	1,35	—	Повышенные механические и жаропрочные свойства	Детали автографиковых двигателей
АЛ20	210—250	1,0	65—75	1,20	600		
АЛ21	180—210	1,0	65—75	1,20	700		
АЛ24	220—270	2,0	60—70	1,20	—		
АЛ3	140—210	0,5—1,0	65—75	1,15	700		
АЛ5	160—230	0,5—1,0	65—70	1,10	750		
АЛ6	150	1,0	45	1,10	650		

## 7.27. Влияние химических элементов на свойства силуминов

Элемент	Характеристика
Бериллий	Способствует рафинированию (удлинению примесей), снижает отрицательное действие железа (примеси) на механические свойства
Бор	Способствует рафинированию, измельчает структуру и повышает пластичность
Магний	Повышает механические свойства, увеличивает пористость
Медь	Повышает механические свойства, снижает коррозионную стойкость
Калий, литий, натрий	Способствуют измельчению структурных составляющих сплава, резко увеличивают пористость и повышает вязкость
Олово	Снижает коррозионную стойкость
Цинк	Повышает механические свойства и ухудшает литейные
Кальций	Восстанавливает алюминий из оксида, образуя оксид кальция, который снижает жидкотекучесть и механические свойства; повышает теплопроводность
Железо	Резко снижает пластичность и повышает жаропрочность
Ванадий, хром, марганец, кобальт, молибден, никель	Резко снижают отрицательное действие железа (примеси) на механические свойства сплава, повышают жаропрочность и снижают пористость
Титан	Измельчает структурные составляющие сплава и, следовательно, повышает механическую прочность

ленности. Содержание кремния в них доходит до 6—13 %. Все эти сплавы, за исключением АЛ2, являются доэвтектическими в системе Al—Si, имеют узкий интервал кристаллизации, хорошие литейные свойства (наибольшую линейную усадку, хорошую жидкотекучесть, малую склонность к образованию трещин при затрудненной усадке).

Наиболее вредной из регламентированных примесей в этой группе сплавов является железо, резко снижающее пластические свойства. В силу этого содержание железа в силуминах при литье в песчаные формы не должно превышать 0,6 %. Однако вредное влияние железа можно нейтрализовать введением 0,3—0,4 % марганца или бериллия.

При изготовлении толстостенных отливок в песчаных формах или в кокиль сплавы I группы модифицируют введением в расплав 0,05—0,1 % натрия или 0,06—0,08 % стронция. Немо-

дифицированные сплавы имеют низкие пластические свойства.

Сплавы II группы широко применяют при изготовлении отливок с повышенными твердостью и прочностью и стабильными размерами и геометрической формой. К ним относят корпуса приборов, автомобильные и тракторные поршни, детали авиационных двигателей воздушного охлаждения.

Сплавы этой группы легируют компонентами, содержащими 4—8 % кремния, 1—8 % меди. Они обладают более высокими жаропрочными свойствами, чем силумины, лучшей жидкотекучестью, малой линейной усадкой, но более склонны к образованию усадочной пористости и трещин при затрудненной усадке.

Сплавы III группы обладают высокими механическими свойствами, низкой коррозионной стойкостью, склонны к образованию усадочных трещин и рассеянной усадочной пористости, менее жидкотекучи. Имеющиеся в них примеси кальция, лития и натрия ухудшают (по сравнению со сплавами I группы) их литейные свойства. Прочностные характеристики сплавов могут быть повышены термообработкой.

Сплавы IV группы имеют малую плотность, высокую коррозионную стойкость и прочность. Их применяют для изготовления отливок, работающих при больших вибрационных нагрузках. Литейные свойства этих сплавов низкие: повышенная склонность к окислению и образованию усадочных трещин и рыхлот, пониженная жидкотекучесть при литье в песчаные формы. Для повышения механических свойств и снижения газовыделения при кристаллизации их легируют цирконием (0,3 %). Коррозионную стойкость повышают введением хрома или марганца. Медь, железо и кремний, содержащиеся в сплавах в виде примесей, снижают пластические свойства. Сплавы подвергают упрочняющей термообработке.

Сплавы V группы применяют для изготовления отливок с повышенными требованиями по стабильности размеров, работающих при повышенных температурах и давлениях. Эти сплавы имеют склонность к образованию горячих трещин.

Термическая обработка отливок из алюминиевых сплавов повышает пластичность, прочность, коррозионную стойкость и улучшает обрабатываемость отливок резанием. В зависимости от марки сплава, условий работы детали, их габаритных размеров назначают тот или иной режим термической обработки.

Режим T1 — искусственное старение — осуществляют при 175 °C с выдержкой при этой температуре в течение 3—5 ч и дальнейшим охлаждением на воздухе. Применяют этот режим для деталей, несущих малые и средние нагрузки. Этот вид

термической обработки обычно позволяет повысить твердость и прочность детали на 30 % по сравнению с прочностью в литом состоянии.

Режим Т2—отжиг в условиях высоких температур порядка 250—300 °С с выдержкой в течение 2—4 ч и последующим охлаждением на воздухе—используют для устранения остаточных напряжений в отливке, повышения пластичности и обеспечения постоянства размеров.

Режим Т4—закалка—используют для повышения прочности, пластичности и коррозионной стойкости деталей. Отливки медленно нагревают в печи до 430 °С (для повышения предела прочности и коррозионной стойкости) или 535 °С (для повышения пластичности) с выдержкой соответственно в течение 15—20 ч в первом и 5—9 ч во втором случаях. Затем отливки охлаждают в воде с температурой около 100 °С или в масле с температурой 40—50 °С.

Режимы Т5 и Т6—закалка и искусственное старение. Эти режимы применяют для деталей, несущих средние и большие нагрузки. При режиме Т5 отливки нагревают до 515 °С и выдерживают в течение 2—5 ч при этой температуре, после чего закаливают в воде с температурой 20—100 °С. Затем производят повторный нагрев—старение при температуре 175 °С с выдержкой (3—5 ч) и охлаждением на воздухе. Для крупных деталей несущих большие нагрузки, используют режим Т6, при котором отливки нагревают до 535 °С с выдержкой в течение 2—6 ч и последующей закалкой в воде с температурой 20—100 °С. Затем производят старение при 175 °С с выдержкой в течение 10—15 ч. Эти режимы обеспечивают получение наиболее высокой прочности деталей.

Режимы Т7 и Т8—закалка и отпуск при более высокой температуре, чем температуры искусственного старения. При режиме Т7 отливки нагревают до 515 °С с выдержкой в течение 3—6 ч и последующей закалкой в воде. Затем производят отпуск при нагреве до 230 °С и охлаждение на воздухе. При режиме Т8 отливки нагревают до 535 °С с выдержкой при этой температуре в течение 3—6 ч и последующей закалкой в воде. При отпуске отливки нагревают до 250—330 °С с последующим охлаждением на воздухе. Такие режимы обеспечивают повышенную пластичность и стабильность габаритных размеров деталей.

При плавке на воздухе алюминиевые сплавы окисляются и насыщаются водородом. По мере окисления на их поверхности образуется оксидная пленка. При достижении толщины пленки 0,2 мкм скорость окисления резко снижается из-за малой скорости диффузии кислорода через пленку. Щелочные и щелочно-земельные металлы (натрий, литий, барий, кальций, стронций) и

цинк увеличивают окисляемость сплавов в результате образования рыхлых оксидных пленок. Бериллий (до 0,01 %) снижает скорость окисления, а большая часть легирующих элементов (Mn, Cu, Si и др.) не оказывает существенного влияния на процесс окисления.

Алюминиевые сплавы растворяют до 3 см<sup>3</sup> водорода на 100 г расплава. Большая относительная разность растворимости водорода в жидких и твердых алюминиевых сплавах является их специфической особенностью, которая определяет большую склонность их к образованию в отливках газовых раковин и пористости. Щелочные и земельные металлы увеличивают растворимость водорода в сплавах.

Проведение плавки под флюсом предохраняет алюминиевые расплавы от окисления и насыщения водородом. Для сплавов, содержащих не более 1 % магния, в качестве покровного флюса применяют смесь хлоридов натрия и калия (55 %) в количестве 1—2 % от массы шихты. Для алюминий-магниевого сплава, содержащего более 1 % магния, в качестве флюса используют карналлит и смесь карналлита с 10—15 % фторида кальция или магния. Если применить флюс невозможно, защиту сплавов от окисления осуществляют введением 0,01—0,05 % бериллия. В настоящее время для этой цели успешно применяют газовые смеси, например воздух с 0,1 % шестифтористой серы.

Из газов печной атмосферы наиболее опасны пары воды. Взаимодействие их с алюминием приводит к загрязнению расплавов оксидными пленками и насыщению водородом. Чтобы предотвратить такое взаимодействие, принимают ряд мер для удаления влаги: сушат шихтовые материалы, прокаливают футеровку печей и разливочных ковшей, окрашивают плавильный инструмент, сушат и переплавляют флюсы. Однако полностью предотвратить окисление и взаимодействие с водяными парами не удается и расплавы в той или иной степени загрязняются оксидными включениями и водородом, поэтому перед заливкой в формы их подвергают очистке.

Рафинирование алюминиевых расплавов от взвешенных неметаллических включений и водорода осуществляют продувкой инертными (аргон, азот) и активными (хлор, смесь азота с 10 % хлора) газами, обработкой хлоридами, флюсами, выдержкой в вакууме и фильтрованием через зернистые или спеченные фильтры.

Технология продувки состоит в пропускании газов через пористые вставки из спеченного глинозема для получения газовых пузырьков диаметром 1,5—2 мм. Продувку азотом проводят при 720—730 °С в течение 5—20 мин (в зависимости от объема расплава) с расходом газа 0,5—1 м<sup>3</sup> на тонну расплава. Рафиниро-

вание смесью азота с хлором проводят при 710—720 °С в течение 10—12 мин с расходом газа 0,5—0,8 м<sup>3</sup> на тонну расплава.

При рафинировании хлоридами последние вводят в расплав в количестве 0,1—0,3 % при температуре 720—750 °С. Взаимодействие хлоридов с алюминием сопровождается образованием хлористого алюминия, пары которого действуют так же, как азот или аргон. Для удаления мелких пузырьков рафинирующих газов расплавы после рафинирования отстаивают в течение 10—15 мин.

Рафинирование флюсом осуществляют при 730—750 °С, при этом расход флюса составляет 0,5—1 % от массы расплава. Перед использованием флюс переплавляют для удаления кристаллизационной влаги. Обезвоженный флюс насыпают на поверхность расплава или вводят в расплав, который энергично перемешивают. В некоторых случаях рафинирование проводят в ковшах. Для этого флюс заливают на дно ковша, а затем ковш заполняют металлом. При этом происходит интенсивное замешивание флюса в расплав и удаление неметаллических включений.

Вакуумирование алюминиевых расплавов ведут при остаточном давлении 6,6—13,3 кПа в течение 15—20 мин.

Эффективным способом очистки от неметаллических включений и плен является фильтрование расплавов через сетчатые, зернистые или пористые керамические фильтры. Сетчатые фильтры, изготовленные из стеклоткани с размером ячейки от 0,5×0,5 до 1,5×1,5 мм или титана и установленные в литниковых чашах, под стояками или в шлакоуловителях, позволяют в 1,5—2 раза снизить количество попавших в отливку включений и плен, размер которых больше размера ячейки сетки.

Значительно больший эффект дают зернистые фильтры, представляющие собой слой (толщиной 100—150 мм) зерен фильтрующего материала диаметром 5—10 мм. Такие фильтры изготовляют из магнезита, графита, сплавов хлоридов и фторидов и других материалов. Очистка расплавов фильтрованием через зернистые фильтры обусловлена механическим и адгезионным процессами. Первому из них принадлежит решающая роль при отделении крупных включений и плен, второму — при отделении тонкодисперсных включений. Эффективность очистки зависит от природы материала, размера зерна, толщины слоя фильтра и металлического напора, определяющего скорость фильтрации. При оптимальных условиях фильтрования зернистые фильтры работают более эффективно (в 2—4 раза), чем сетчатые.

Керамические фильтры с диаметром пор 150—200 мкм обеспечивают эффективное удаление неметаллических включений размером более 10 мкм,

Эффективность операций рафинирования перечисленными способами контролируют с помощью технологических проб, химического и газового анализов.

Алюминиевые сплавы модифицируют для измельчения макрозерен первично кристаллизующихся фаз и фаз, входящих в эвтектики, а также для изменения формы выделения хрупких фаз. Для измельчения макрозерен в расплавы вводят титан, цирконий, бор, ванадий, титан совместно с бором. Эти модификаторы образуют с алюминием интерметаллиды, являющиеся центрами кристаллизации твердых растворов на основе алюминия. Измельчение макрозерен отливок повышает однородность их механических свойств в различных по толщине сечениях и увеличивает относительное удлинение.

Силумины подвергают модифицированию для измельчения кристаллов эвтектического кремния. Для этого в доэвтектические сплавы, содержащие не менее 6 % кремния, вводят 0,05—0,1 % натрия или стронция. Введение натрия осуществляют смесью хлористого и фтористого натрия (33 % NaCl, 67 % NaF) при температуре 800—820°С или тройным модификатором (25 % NaF, 62,5 % NaCl, 12,5 % KCl) при температуре 720—740°С. В некоторых случаях модифицирование совмещают с рафинированием, используя для этой цели универсальный флюс (40 % NaF, 45 % NaCl, 15 % Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>). При модифицировании солями их навеску (1—2 %) засыпают на поверхность расплава и выдерживают в течение 10—15 мин, чтобы достаточно полно прошла реакция:  $6\text{NaF} + \text{Al} \rightarrow \text{Na}_3\text{AlF}_6 + 3\text{Na}$ . После этого соли замешивают в расплав и через 3—5 мин удаляют вместе со шлаком. Эффект модифицирования натрием сохраняется в течение 20—30 мин. Модифицирующее действие стронция, который вводят в расплав лигатурой алюминий—стронций (10 % Sr) при температуре 750—780°С, сохраняется более 3 ч.

Заэвтектические силумины модифицируют для измельчения первичных кристаллов кремния. В качестве модификатора используют фосфор, который вводят в расплавы в количестве 0,05—0,1 % лигатурой медь—фосфор или смесью красного фосфора (20 %) с фторцирконатом калия (10 %) и хлористым калием (70 %) при 790—825°С.

Для изменения формы выделения кристаллов железистой составляющей (получение компактных, округлых кристаллов вместо иглообразных, резко снижающих пластические свойства) в алюминиевые сплавы вводят 0,3—0,4 % марганца или бериллия.

Очищенный расплав может быть загрязнен в процессе заливки форм. При падении струи металла с высоты более 250 мм возникает вспенивание и образование оксидов. В связи с этим для литья магниевых сплавов применяют расширяющиеся лит-

никовые системы, которые обеспечивают отделение неметаллических включений и минимальную скорость движения струи металла в форме.

Для очистки жидкого металла от неметаллических включений применяют кремнеорганические сетки. Хорошие результаты дает применение многоярусных и сусловых литниковых систем.

Алюминиевые сплавы склонны к образованию усадочной пористости, для устранения которой применяют прибыли и холодильники.

**Магниеые сплавы.** Магниеые сплавы широко распространены в промышленности в виде литых заготовок. Этому способствуют совершенствование процессов литья, а также технологические и эксплуатационные свойства магниевых сплавов: малая масса, высокая удельная прочность, способность поглощать энергию ударных и вибрационных нагрузок, хорошая обрабатываемость. Легирование сплавов различными добавками значительно повышает их эксплуатационные свойства.

В зависимости от назначения магниевые сплавы классифицируют на коррозионно-стойкие, высокопрочные, жаростойкие. Основные химические элементы (табл. 7.28), входящие в состав магниевых сплавов, придают им различные технологические и эксплуатационные свойства (табл. 7.29—7.32). Температура плавления магниевых сплавов 600—650° С.

Магниеые сплавы химически активны, способны сильно окисляться и даже загораться (табл. 7.33) при заливке и плавке, при комнатной температуре магниевые сплавы не огнеопасны, но с повышением температуры и в раздробленном состоянии опасность воспламенения их повышается.

Для изготовления фасонных отливок используют три группы магниевых сплавов: сплавы магния с алюминием и цинком, сплавы магния с цинком и цирконием, сплавы магния, легированные РЗМ.

Сплавы 1-й группы предназначены для производства высоконагруженных отливок, работающих в атмосфере с большой влажностью. Для повышения коррозионной стойкости в сплавы вводят 0,1—0,5 % марганца, а для снижения окисляемости 0,001—0,002 % бериллия или 0,5—0,1 % кальция. Сплавы этой группы относят к числу высокопрочных. Основным упрочнителем в них является алюминий, растворимость которого в магнии при эвтектической температуре составляет 17,4 %, а при нормальной—2,8 %. Цинк также упрочняет магний, но менее эффективно, чем алюминий.

Основными структурными составляющими сплавов этой группы являются первичные кристаллы твердого раствора алюминия и цинка в магнии, фазы  $\gamma$  ( $Mg_{17}Al_{12}$ ),  $\eta$  (Mn, Al) и мар-

## 7.28. Химический состав

Марка сплава	Содержание компонентов (остальное магний), мас. %					Al
	Al	Mn	Zn	Zr	Другие компоненты	
МЛЗ	2,5—3,5	0,15—0,5	0,5—1,5	—	—	—
МЛ4	5,0—7,0	0,15—0,5	2,0—3,5	—	—	—
МЛ5	7,5—9,0	0,15—0,5	0,2—0,8	—	—	—
МЛ5пч	7,5—9,0	0,15—0,5	0,2—0,8	—	—	—
МЛ8	—	—	5,5—6,6	0,7—1,1	0,2—0,8 Cd	0,02
МЛ9	—	—	—	0,4—1,0	0,2—0,8 In; 1,9—2,6 Nd	0,02
МЛ10	—	—	0,1—0,7	0,4—1,0	2,2—2,8 Nd	0,02
МЛ11	—	—	0,2—0,7	0,4—1,0	2,5—4 PЗМ	0,02
МЛ15	—	—	4,0—5,0	0,7—1,1	0,6—1,2 La	0,02
МЛ19	—	—	0,1—0,6	0,4—1,0	1,6—2,3 Nd; 1,4—2,2 Y	0,03

Примечание. Под редкоземельными металлами (РЗМ) содержащего не менее 45% церия.

ганцевая фаза. Фаза  $\gamma$  является упрочнителем сплавов при термической обработке.

Сплавы 2-й группы также относят к числу высокопрочных. Они отличаются от магниевых сплавов других групп повышенными механическими свойствами и хорошей обрабатываемостью резанием. Легирование их лантаном улучшает литейные свойства, несколько повышает жаропрочность и свариваемость, но снижает прочность и пластичность при нормальной температуре. Эти сплавы обладают удовлетворительными литейными свойствами, имеют измельченные цирконием зерна, способны упрочняться при термической обработке. Из них можно получить отливки с однородными свойствами в различных по толщине сечениях. Их используют для изготовления отливок, работающих при 200—250°С и высоких нагрузках. Основными структурными составляющими являются твердый раствор цинка и циркония в магнии и включения интерметаллидов  $MgZn_3$  и  $ZrZn_2$ , являющихся упрочнителями при термической обработке.

Сплавы 3-й группы обладают высокой жаропрочностью и хорошей коррозионной стойкостью. Они предназначены для длительной работы при 250—350°С и кратковременной при 400°С. Эти сплавы имеют хорошие литейные свойства, высокую герметичность, малую склонность к образованию микрорыхлот и усадочных трещин, высокие и однородные механические свойства в сечениях различной толщины. Сплавы с редкоземельными элементами применяют для изготовления отливок, работаю-

## некоторых магниевых сплавов

Содержание примесей (не более), мас. %

Si	Fe	Ni	Cu	Zn	Zr	Be	Прочие при- меси	Всего примесей
0,25	0,06	0,01	0,1	—	0,002	0,002	0,1	0,5
0,25	0,06	0,01	0,1	—	0,002	0,002	0,1	0,5
0,25	0,06	0,01	0,1	—	0,002	0,002	0,1	0,5
0,08	0,007	0,001	0,04	—	0,002	0,002	—	0,13
0,03	0,01	0,005	0,03	—	—	0,001	0,12	0,2
0,03	0,01	0,005	0,03	0,15	—	0,001	0,12	0,35
0,03	0,01	0,005	0,03	—	—	0,001	0,12	0,2
0,03	0,02	0,005	0,03	—	—	0,001	0,12	0,2
0,03	0,01	0,005	0,03	—	—	—	0,12	0,2
0,03	0,01	0,005	0,03	—	—	0,001	0,14	0,25

подразумевают элементы, входящие в состав цериевого металла,

щих под воздействием статических и усталостных нагрузок. Основными их структурными составляющими являются твердый раствор неодима и циркония в магнии и включения фаз  $Mg_3Nd$ ,  $MgZr$ .

Для изготовления отливок чаще используют сплавы первой группы. Лучшими литейными свойствами обладают сплавы МЛ5 и МЛ6.

Плавка магниевых сплавов сопряжена с рядом трудностей, связанных прежде всего с их легкой окисляемостью. На поверхности магниевых расплавов в отличие от алюминиевых образуется рыхлая пленка оксида, не предохраняющая металл от дальнейшего окисления. При незначительном перегреве расплавы легко воспламеняются. В процессе плавки магний и его сплавы взаимодействуют с азотом, образуя нитриды, и интенсивно поглощают водород (до 30 см<sup>3</sup> на 100 г расплава). Оксиды и нитриды, находясь во взвешенном состоянии, обуславливают снижение механических свойств сплава и образование микропористости в отливках.

Для предотвращения интенсивного взаимодействия с печными газами плавку магниевых сплавов ведут под флюсами или в среде защитных газов. При плавке большей части магниевых сплавов применяют флюс ВИ2 (40—48 %  $MgCl_2$ , 30—40 %  $KCl$ , 5 %  $BaCl_2$ , 3—5 %  $CaF_2$ ) и ВИ3 (33—40 %  $MgCl_2$ , 25—36 %  $KCl$ , 15—20 %  $CaF_2$ , 7—10 %  $MgO$ ), основой которых является карналлит. Покровные флюсы для сплавов с редкоземельными элемен-

**7.29. Механические свойства некоторых магниевых  
литейных сплавов**

Марка сплава	Способ литья	Вид термической обработки	Временное сопротивление σ <sub>В</sub> , МПа	Относительное удлинение δ, %	Область применения
МЛЗ	З	—	157	6	Арматура, корпуса насосов повышенной герметичности, работающие при температуре до 150 °С
МЛ4	З	T4 T6	216 226	5 2	Корпуса приборов и инструментов, штурвалы, подвергающиеся статическим и динамическим нагрузкам, работающих при температуре до 150 °С
МЛ5 МЛ5пч	З, К, В, О	— T2 T4	147 147 226	2 2 5	Нагруженные детали двигателей автомобилей, самолетов и др., работающие при температуре до 150 °С
МЛ6	З, К	T4	216	4	Нагруженные детали, корпусные детали, детали приборов, работающие при температуре до 150 °С
МЛ8	З, К, О, В	T6 T6-1	264 275	4 4	Высоконагруженные корпусные детали, кронштейны, детали приборов, требующие высокой усталостной прочности, работающие при температуре до 200 °С
МЛ10	З, К, О, В	T6	226	3	Нагруженные детали, требующие высокой герметичности и стабильности размеров, работающие при температуре до 250 °С

Марка сплава	Способ литья	Вид термической обработки	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Область применения
МЛ15	З, К, О	T1	206	3	Нагруженные детали двигателей, приборов, работающие при температуре до 200 °С
МЛ11	З, К, О, В То же	— T2	117,5 117,5	1,5 1,5	Средненагруженные детали, нагревающиеся при эксплуатации до 250 °С (корпуса помп, насосов и др.)
МЛ12	З, К, О, В То же	— T1	196 226	6 5	Высоконагруженные детали тормозных колес, работающие при ударных нагрузках, различные корпусные детали, требующие усталостной прочности, а также детали, эксплуатируемые при температурах до 200 °С и кратковременном нагреве до 250 °С

**7.30. Литейные свойства некоторых коррозионно-стойких магниевых сплавов**

Сплав	Линейная усадка, %	Жидкотекучесть по прутковой пробе, мм	Характеристика
МЛ3	1,4—1,6	215	Пониженные литейные свойства, относительно высокие механические свойства, склонность к образованию горячих трещин Относительно высокие механические свойства, склонность к образованию горячих трещин Относительно высокие механические свойства при повышенной коррозионной стойкости, склонность к образованию горячих трещин
МЛ4	1,2—1,4	245	
МЛ4пч	1,2—1,4	245	

Сплав	Линейная усадка, %	Жидкотекучесть по прутковой пробе, мм	Характеристика
МЛ5 МЛ6	1,0—1,2	300	Высокие механические свойства в термически обработанном состоянии; хорошие литейные свойства, чувствительность механических свойств по толщине стенок отливки
МЛ5он	1,0—1,2	300	Те же характеристики, что и для МЛ5, но сплав имеет пониженную коррозионную стойкость
МЛ5пч	1,0—1,2	300	Те же характеристики, что и для МЛ5, но сплав имеет повышенную коррозионную стойкость

Примечания: 1. Буквы в марках сплавов обозначают: пч — повышенной частоты; он — общего назначения. 2. Значения предела прочности при растяжении приведены для термически обработанных сплавов МЛ4пч, МЛ5он, МЛ5пч.

### 7.31. Литейные свойства некоторых высокопрочных и с повышенной жаропрочностью магниевых сплавов

Сплав	Линейная усадка, %	Жидкотекучесть (мм) по прутковой пробе	Характеристика
<b>В ы с о к о п р о ч н ы е</b>			
МЛ12	1,2—1,4	290	Высокие механические свойства, однородность механических свойств в тонкостенных и массивных сечениях отливок, высокая усталостная прочность
МЛ8	1,2—1,4	290	Те же характеристики, что и для сплава МЛ12
МЛ15	1,2—1,5	320	Те же характеристики, что и для МЛ12, но сплав МЛ15 обладает большей жаропрочностью
<b>Ж а р о с т о й к и е</b>			
МЛ11	1,2—1,4	290	Высокие механические свойства при повышенных температурах; повышенная герметичность. Низкие механические свойства при комнатной температуре и низкая пластичность
МЛ10	1,2—1,5	250	Те же характеристики, что и для сплава МЛ11

**7.32. Влияние химических элементов на свойства  
магниевых сплавов**

Элемент	Характеристика
Алюминий	Алюминий — легирующая добавка в сплав системы Mg—Al—Zn. Повышает их механические свойства. Понижает механическую прочность сплавов с содержанием циркония
Бериллий	Понижает окисляемость и механическую прочность, повышает склонность к образованию горячих трещин
Бор	Способствует измельчению структурных составляющих сплава
Железо	Снижает коррозионную стойкость
Кадмий	Повышает механические свойства сплавов системы Mg—Zn—Zg
Калий	Повышает окисляемость, снижает коррозионную стойкость
Кальций	Понижает окисляемость. Повышает жаропрочность сплавов системы Mg—Al—Zn. Снижает прочность и пластичность при комнатной температуре
Кремний	Снижает коррозионную стойкость и механические свойства сплавов, содержащих цирконий
Литий	Повышает окисляемость, снижает плотность
Марганец	Повышает коррозионную стойкость
Медь	При содержании свыше 0,1% снижает коррозионную стойкость
Натрий	Повышает окисляемость, снижает коррозионную стойкость
Неодим	Повышает жаропрочность сплавов, содержащих цирконий
Никель	Снижает коррозионную стойкость
Серебро	Повышает механические свойства
Титан	Способствует измельчению структурных составляющих сплава
Торий	Понижает жаропрочность
Хлор	Резко снижает коррозионную стойкость
Церий	Понижает жаропрочность
Цинк	Цинк — легирующая добавка в сплавы системы Mg—Zn—Zg и повышает механические свойства
Цирконий	Измельчает структурные составляющие сплавов системы Mg—Zn; Mg—Nd и повышает механические свойства. Способствует осаждению примесей: железа и кремния

### 7.33. Температура воспламенения магниевых сплавов

Сплав	Температура, °С	Сплав	Температура, °С
МЛ4, МЛ6, МЛ3, МЛ5	400	МЛ9, МЛ10	550
	415		
	430	МЛ11	580
МЛ8, МЛ12	500	Магний	650

тами не должны содержать хлористый магний (22—26 % КСl, 17—20 % NaCl, 35—39 % CaCl<sub>2</sub>, 19—23 % BaCl<sub>2</sub>, 2—5 % CaF<sub>2</sub>), так как он взаимодействует с РЗМ с образованием хлоридов, увеличивая их потери до 20 %.

Применение флюсов вызывает ряд нежелательных явлений. Попадание флюса в тело отливки приводит к образованию очагов интенсивной коррозии из-за их высокой гигроскопичности; существенно ухудшаются условия труда. Поэтому в настоящее время широко применяют безфлюсовую плавку, используя для защиты магниевых расплавов газовые смеси (воздух с шестифтористой серой или фторидом бора, углекислый газ и др.). В производственных условиях чаще всего используют смесь воздуха с 0,1 % шестифтористой серы.

В зависимости от масштаба производства и массы отливок применяют три способа плавки литейных магниевых сплавов: в стационарных тиглях, выемных тиглях и дуплекс-процессом (в индукционной печи-тигле). Плавку в стационарных тиглях ведут при массовом или крупносерийном производстве мелких отливок. Сплавы в этом случае расплавляют под флюсом ВИ2 в толстостенных стальных тиглях. После рафинирования и модифицирования расплавы отстаивают в течение 10—15 мин при температуре 700—720 °С, а затем небольшими ковшами разливают по формам. Остаток металла (25—30 % объема расплава в тигле), загрязненный неметаллическими включениями и флюсом, после каждой плавки сливают и подвергают переплавке и рафинированию.

При изготовлении крупных отливок плавку ведут в выемных сварных стальных тиглях чайникового типа под флюсом ВИ3. Этот флюс имеет меньшую плотность, чем флюс ВИ2, поэтому всплывает на поверхность расплава и во время заливки форм удерживается в тигле перегородкой. Для заполнения форм используют  $\frac{2}{3}$  объема расплава;  $\frac{1}{3}$  объема, загрязненного флюсом и неметаллическими включениями, направляют на переплав и рафинирование.

При дуплекс-процессе после расплавления в индукционных тигельных печах под флюсом расплав переливают в съемные тигли, в которых осуществляют рафинирование и модифицирование.

Выплавка большей части магниевых сплавов начинают с загрузки и расплавления покровного флюса (около 10 % от массы шихты), затем загружают и расплавляют магний или подготовительный сплав, в который добавляют легирующие компоненты (Mn, Zn, Zr и РЗМ). Марганец вводят в виде хлористого марганца при 850 °С, цирконий в виде фторцирконата калия или лигатуры магний—цирконий. РЗМ вводят в чистом виде или мишметаллом.

Для очистки от неметаллических включений магниевые расплавы фильтруют через зернистые фильтры из магнезита или графита, обрабатывают флюсом ВИ2 или ВИ3 или продувают газами (аргоном при 720—760 °С). Для связывания водорода в устойчивые гидриды в расплавы перед разливкой вводят до 0,1 % кальция.

Для измельчения зерна и повышения механических свойств магниевые сплавы, содержащие алюминий, подвергают модифицированию углеродсодержащими веществами (мелом, гексахлорэтаном, магнезитом, мрамором и др.) или перегревом. Перед модифицированием для предохранения от загорания в расплавы вводят 0,001—0,002 % бериллия.

При модифицировании перегревом расплав нагревают в стальном тигле до 900 °С, выдерживают при этой температуре 15—20 мин, а затем быстро охлаждают до температуры заливки. В процессе перегрева магниевые расплавы растворяют некоторое количество железа из стального тигля. При последующем быстром охлаждении железо выделяется в виде дисперсных частиц  $FeAl_3$ , которые служат центрами кристаллизации для твердого раствора алюминия в магнии.

Более стабильные результаты достигают модифицированием углеродсодержащими веществами (0,3—0,6 % от массы расплава). При 720—780 °С модификаторы разлагаются с выделением углекислого газа, из которого магний восстанавливает углерод. В результате последующего взаимодействия с алюминием образуются тонкодисперсные карбиды алюминия ( $Al_4C_3$ ), являющиеся центрами кристаллизации для твердого раствора алюминия в магнии.

Для измельчения зерен сплавов, не содержащих алюминия, в расплав вводят присадки циркония (0,5—0,7 %) или кальция (0,05—0,15 %).

При заливке форм предусматривают меры, предотвращающие попадание шлака и флюса в отливки, захват воздуха и окисле-

ние расплава. Для этого применяют литниковые чаши с пробками, вмещающие от 30 до 100 % сплава, необходимого для заполнения формы, устанавливают металлические сетки и зернистые фильтры. Эффективной мерой является применение фильтров из магнезита, хорошо впитывающих хлориды.

Расширяющиеся литниково-питающие системы с тонкими ленточными стояками, щелевыми и многоярусными питателями, а также массивные прибыли (30—50 % от массы отливки) должны обеспечивать плавный подвод металла и рациональное питание отливки в процессе ее затвердевания.

Около 80 % отливок из магниевых сплавов изготавливают в металлических формах (в кокилях и под давлением) и около 20 % в песчаных формах. Песчаные формы и стержни изготавливают из мелкозернистых песков.

При заливке форм струю металла обязательно припудривают молотой серой, что предохраняет расплав от загорания. При изготовлении высоких отливок (более 500 мм) широко используют метод литья с последовательной направленной кристаллизацией, предусматривающий подачу расплава в форму под уровень расплава через стальные подогреваемые трубки диаметром 10—12 мм и опускание формы с заданной скоростью. Трубки при этом остаются в исходном положении, нижний конец их все время находится под уровнем расплава.

Отличительной особенностью технологии литья магниевых сплавов является химическая обработка отливок перед их термической обработкой и сдачей на склад для получения плотного защитного слоя оксида на поверхности. В процессе химической обработки отливки обезжиривают в щелочном растворе, промывают в холодной воде, выдерживают в растворе хромового ангидрида для удаления остатков солей и флюсов, вновь промывают в воде, оксидируют в растворе двуххромовокислого калия с азотной кислотой и хлористым аммонием для получения оксидной пленки, промывают и высушивают. После этого отливки подвергают термической обработке в атмосфере сернистого газа с принудительной циркуляцией.

**Медные сплавы.** Литейные медные сплавы делят на бронзы и латуни. Различают бронзы оловянные, представляющие собой сплав меди с оловом и другими элементами, и безоловянные бронзы, состоящие из сплава меди с алюминием, железом, марганцем, никелем и другими элементами (табл. 7.34). Латунь — сплав меди с цинком, кремнием, алюминием, марганцем, свинцом и другими элементами (табл. 7.35).

Механические свойства медных сплавов зависят от входящих в их состав элементов (табл. 7.36) и определяются по отдельным отлитым образцам,

### 7.34. Механические и литейные свойства бронз

Сплав	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Твердость НВ	Линейная усадка, %	Жидкотекучесть по спиральной пробе, мм	Назначение
<b>Оловянные бронзы</b>						
БрО5Ц5С5	147	6	588	1,6	400	Различные детали, работающие в условиях трения (подшипники, втулки, вкладыши и др.)
БрО4Ц4С17	147	5	588	1,5	450	Станочные втулки, работающие в условиях трения
БрО4Ц7С5	147	6	588	1,43	400	Автотракторные детали узлов трения (втулки поршневых головок, шатунных валов двигателей и др.)
БрО3Ц12С5	176,2	8	588	1,6	550	Детали, работающие в условиях трения, сложная тонкостенная арматура с резкими переходами толщин стенок. Детали, работающие в морской воде, насыщенном паре при температуре до 225 °С и в жидком топливе всех видов под давлением до 2500 кПа
БрО3Ц7С5Н1	176,2	8	588	1,45	400	То же
<b>Безоловянные бронзы</b>						
БрА9Мц2Л	392	20	784	1,7— 2,2	500	Детали, работающие в условиях трения при скоростях до 1,9 м/с (шестерни, венцы, зубчатые колеса), а также крышки насосов и детали для морского транспорта, работающие при температуре до 250 °С

Сплав	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Твердость НВ	Линейная усадка, %	Хидротекучесть по спиральной пробе, мм	Назначение
БрА9ЖЗЛ	392	10	980	2,4	700	Детали, работающие в условиях трения при скоростях до 1,9 м/с (шестерни, венцы, зубчатые колеса), а также крышки насосов и детали для морского транспорта, работающие при температуре до 250 °С
БрА10ЖЗМц2	392	10	980	2,2	600	Цилиндрические и конические зубчатые колеса, червячные валы, подшипники дизельных двигателей, а также детали, работающие в среде соляной кислоты и сероводорода при температуре до 90 °С
БрА10Ж4Н4Л	587	5	1568	1,8— 2,2	700	Детали, работающие в морской воде, нефти, и химическая аппаратура, эксплуатируемая при температурах до 500 °С, а также нагруженные детали, работающие на условиях трения (седла клапанов, нагруженные шестерни, втулки и др.)
БрА11Ж6Н6	587	2	2450	1,8	700	То же
БрС30	58,7	4	245	1,6	350	Подшипники, работающие при повышенных удельных нагрузках и скоростях до 4 м/с. Сплав заливают на стальную основу

## 7.35. Многокомпонентные латуни

Сплав	Временное сопротивление σ <sub>В</sub> , МПа	Относительное удлинение, %	Твердость НВ	Линейная усадка, %	Жидкотекучесть по спиральной пробе, мм	Назначение
ЛЦ30А3	294	12	80	1,25	570	Коррозионно-стойкие детали, применяемые в судостроении и машиностроении
ЛЦ23А6Ж3Мц2	686	7	160	1,8	470	Массивные, тяжело нагруженные детали (венцы червячных колес, гайки нажимных винтов прокатных станов и др.)
ЛЦ16К4	294	15	100	1,7— 1,8	600	Арматура, работающая в коррозионных средах
ЛЦ38Мц2С2	245	15	80	2,1	400	Втулки и другие детали, работающие в условиях трения
ЛЦ40Мц3Ж	441	18	90	1,5	300	Простые по конфигурации детали, работающие в средах всех видов жидкого топлива, морской воде, паре при температурах до 300 °С, а также массивные нагруженные детали — гребные винты, лопасти
ЛЦ40С	215	12	70	1,8	300	Втулки для сепараторов шарикоподшипников

### 7.36. Влияние химических элементов на свойства медных сплавов

Оловянные бронзы	Безоловянные бронзы	Латуни
------------------	---------------------	--------

#### А л ю м и н и й

<p>Снижает жидкотекучесть, механические свойства, ударную вязкость и коррозионную стойкость</p>	<p>Снижает жидкотекучесть, плотность и механические свойства</p>	<p>Повышает жидкотекучесть, механические свойства и коррозионную стойкость</p>
---	--	--

#### О л о в о

<p>Понижает относительное удлинение, ударную вязкость и уменьшает плотность. Повышает коррозионную стойкость и антифрикционные свойства</p>	<p>Снижает в марганцовистых бронзах коррозионную стойкость, а в свинцовых бронзах повышает прочность, твердость</p>	<p>Повышает жидкотекучесть, механические свойства и коррозионную стойкость, но в значительно меньшей степени, чем алюминий</p>
---	---	--

#### Ц и н к

<p>Снижает линейную усадку, а при увеличении содержания до 4% повышает жидкотекучесть, уменьшает плотность. При содержании до 5% повышает прочность, выше — снижает коррозионную стойкость и антифрикционные свойства, повышает герметичность</p>	<p>Повышает жидкотекучесть, улучшает антифрикционные свойства</p>	<p>—</p>
---	---	----------

#### С в и н е ц

<p>Улучшает антифрикционные свойства</p>	<p>Снижает механические свойства, но повышает антифрикционные</p>	<p>Повышает жидкотекучесть алюминиевых и марганцовых латуней, но ухудшает механические свойства. Улучшает антифрикционные свойства</p>
--	---	--

Оловянные бронзы	Безоловянные бронзы	Латуни
------------------	---------------------	--------

## Н и к е л ь

Измельчает структурные составляющие сплава, способствует выравниванию свойств в различных по толщине сечениях отливки. Повышает механические и антифрикционные свойства, плотность и коррозионную стойкость

Снижает жидкотекучесть. В кремнистых бронзах понижает механические свойства, а в свинцовых и сурьмяно-никелевых их повышает. В последних улучшает жидкотекучесть, повышает коррозионную стойкость

—

## Ф о с ф о р

Повышает жидкотекучесть, коррозионную стойкость, механические и антифрикционные свойства

Повышает жидкотекучесть

Повышает твердость, снижает механические свойства (относительное удлинение и ударную вязкость)

## Ж е л е з о

Снижает жидкотекучесть. Прочность и твердость повышает, уменьшая пластичность и плотность. Резко снижает коррозионную стойкость

В свинцовых бронзах снижает механические и антифрикционные свойства. В кремнистых бронзах повышает жаропрочность, измельчает структурные составляющие сплава, понижает коррозионную стойкость

Снижает жидкотекучесть, измельчает структурные составляющие, повышая механические свойства. При содержании свыше 0,03% придает сплаву магнитные свойства

## К р е м н и й

То же

В кремнистых бронзах повышает жидкотекучесть, коррозионную стойкость, прочность, твердость, а при содержании до 3% — относительное удлинение

Повышает жидкотекучесть, прочность, коррозионную стойкость и антифрикционные свойства

Оловянные бронзы	Безоловянные бронзы	Латуни
------------------	---------------------	--------

## Сурьма, висмут, мышьяк

Снижает прочность, и пластичность	Висмут, мышьяк, снижают механические свойства, жаропрочность, коррозионную стойкость. Сурьма на марганцовистые бронзы заметного влияния не оказывает; в кремнистых бронзах снижает механические свойства; в сурьмяно-никелевых бронзах повышает прочность и твердость, снижает относительное удлинение и уменьшает линейную усадку	Сурьма, висмут уменьшают прочность, относительное удлинение и ударную вязкость. Мышьяк повышает твердость, снижает прочность, относительное удлинение и ударную силу
-----------------------------------	--	--

## Сера

Снижает механические свойства	Заметного влияния на безоловянные бронзы не оказывает	—
-------------------------------	---	---

## Марганец

—	Повышает механические и антифрикционные свойства, а также коррозионную стойкость	Несколько снижает жидкотекучесть; повышает механические свойства и коррозионную стойкость. При наличии в сплаве свинца повышает антифрикционные свойства
---	--	--

Бронзы оловянные плавят при температуре 1000—1500 °С, бронзы безоловянные и латуни — при 900—1050 °С.

Медные сплавы наряду с достаточной прочностью имеют высокие антифрикционные свойства, хорошо противостоят коррозии в морской воде, паре и других средах, сохраняют высокую пластичность при низкой температуре. Они немагнитны, легко полируются и обрабатываются резанием.

Оловянные бронзы широко применяют для изготовления арматур, подшипников, шестерен, втулок, работающих

в условиях трения, повышенного давления воды и водяного пара. Хорошая жидкотекучесть бронз позволяет литьем в песчаные формы получать сложные по конфигурации отливки. Характерной особенностью сплавов этой группы является широкий интервал кристаллизации (150—200 °С), что обуславливает значительные трудности получения плотных отливок.

Бронзы с высоким содержанием олова (Бр010Ф1, Бр010Ц2) ввиду его высокой стоимости и дефицитности применяют только для отливок ответственного назначения. Для обычных отливок используют малооловянные бронзы.

Наиболее вредными примесями оловянных бронз являются алюминий и кремний. Сотые доли процента этих элементов снижают механические свойства бронз и способствуют увеличению растворимости водорода.

Легирование бронз цинком повышает литейные свойства и снижает стоимость сплавов. Свинец улучшает антифрикционные свойства и снижает стоимость сплавов. Свинец улучшает антифрикционные свойства оловянных бронз, их обрабатываемость резанием и жидкотекучесть. Фосфор повышает износостойкость и жидкотекучесть.

Безоловянные бронзы по механическим, коррозионным и антифрикционным свойствам превосходят оловянные. Наиболее широко применяют алюминиевые бронзы, которые имеют высокую коррозионную стойкость в пресной и морской воде, хорошо противостоят разрушению в условиях кавитации, обладают меньшим, чем оловянные бронзы, антифрикционным износом. Алюминиевые бронзы применяют для изготовления гребных винтов крупных судов, зубчатых колес, корпусов насосов и других отливок. Механические, технологические и эксплуатационные свойства этих сплавов улучшают легированием железом, марганцем и никелем. Железо и марганец устраняют склонность алюминиевых бронз к образованию крупнозернистой структуры, повышают механические свойства. Никель улучшает износостойкость и коррозионные свойства бронз. В процессе выплавки алюминиевые бронзы склонны к окислению, сопровождающемуся загрязнением расплава твердыми, трудно удаляемыми дисперсными оксидами.

Свинцовые бронзы (БрС30) обладают хорошими антифрикционными свойствами при больших удельных нагрузках и высоких скоростях скольжения, поэтому их используют как заменители оловянной бронзы при изготовлении вкладышей подшипников. Особенностью свинцовых бронз является предрасположенность к ликвации свинца. Дисперсное распределение свинца может быть достигнуто только при больших скоростях кристаллизации,

Фасонные отливки изготовляют преимущественно из слож-  
нолегированных латуней, двойные латуни используют срав-  
нительно редко. Легирование двойных латуней алюминием или  
кремнием повышает жидкотекучесть, коррозионную стойкость,  
механические свойства сплавов и уменьшает угар цинка при  
плавке. Вместе с тем алюминий и кремний повышают склонность  
латуней к газонасыщению и образованию пористости. Железо  
и марганец улучшают механические свойства латуней, но сни-  
жают жидкотекучесть. Олово, улучшая механические свойства,  
не оказывает влияния на их литейные свойства.

Кремнистая латунь ЛЦ16К4 обладает высокой жидкотекуче-  
стью, хорошо обрабатывается резанием и сваривается. Ее  
применяют для изготовления арматуры, испытывающей повы-  
шенное воздушное и гидравлическое давление и работающей  
в агрессивных средах (морской воде, серной кислоте и т. д.).  
Эта латунь имеет недостаточную пластичность при высокой  
температуре, склонна к образованию трещин при затрудненной  
усадке. Примеси алюминия и олова снижают жидкотекучесть  
кремнистой латуни и увеличивают склонность к поглощению  
водорода и образованию газовой пористости.

Алюминиевые латуни, обладающие хорошей коррозионной  
стойкостью в морской воде, широко применяют в судостроении.  
Марганцовые латуни применяют для изготовления жаростойких  
и коррозионно-стойких отливок, легирование оловом повышает  
их коррозионную стойкость в морской воде. Свинцовую латунь  
используют как антифрикционный материал.

Плавку медных сплавов ведут в тигельных и шахт-  
ных индукционных и отражательных печах, футерованных шамо-  
том или кварцем. При плавке на воздухе медные сплавы окис-  
ляются и насыщаются водородом. Окисляются в первую очередь  
компоненты, имеющие более высокий, чем медь, изобарный  
потенциал образования оксида. По этой причине легирующие  
элементы (Al, Be, Sn, Zn и др.) раскисляют медь, образуя  
твердые, жидкие и газообразные оксиды. Твердые оксиды мед-  
ленно всплывают (осаждаются) в расплавах, Они могут попасть  
в отливки.

Медные сплавы, за исключением латуней, интенсивно по-  
глощают водород и при кристаллизации склонны к образова-  
нию газовой пористости. В большей мере этому подвержены  
сплавы с широким интервалом кристаллизации. В зависимости  
от состава бронз и условий их плавки растворимость водорода  
в них может достигать 20 см<sup>3</sup> на 100 г сплава. С повышением  
температуры интенсивность взаимодействия с газами увеличи-  
вается; взаимодействию с газами наиболее подвержены алюми-  
ниевые и кремниевые бронзы и латуни.

Для защиты от окисления плавку медных сплавов ведут под покровом древесного угля или флюсов на основе фторидов, стекла или соды. Чтобы предупредить образование твердых нерастворимых оксидов, медь перед введением легирующих элементов раскисляют 0,1—0,15 % фосфора.

Для очистки расплавов от растворенного водорода и твердых неметаллических включений их подвергают продувке газами, вакуумированию, обработке флюсами и фильтрованию. Наиболее глубокую очистку расплавов дает фильтрование через зернистые фильтры из фторидов кальция и магния. Фильтры перед использованием подогревают до 700—800 °С.

Медные сплавы модифицируют, чтобы измельчить зерна и нейтрализовать вредные примеси. Для измельчения зерна в сплавы вводят 0,15—0,2 % тугоплавких элементов (Ti, V, Zr, W, Mo). Для нейтрализации вредного влияния примесей висмута, сурьмы, мышьяка и свинца в двойные латуни вводят до 0,2 % кальция, до 0,3 % церия или 0,4 % циркония.

Технология изготовления фасонных отливок во многом определяется интервалом кристаллизации сплавов и их склонностью к окислению в процессе заполнения литейных форм. Для сплавов с узким интервалом кристаллизации (латуни ЛЦ40С, алюминиевых бронз и латуней) характерно образование сосредоточенных усадочных раковин и почти полное отсутствие пористости. Изготовление отливок из таких сплавов требует установки в тепловых узлах массивных прибылей. Сплавы с широким интервалом кристаллизации (оловянные бронзы, медно-никелевые сплавы, кремнистые бронзы и др.) склонны к образованию рассеянной газоусадочной пористости, предотвратить появление которой с помощью прибылей затруднительно. Поэтому отливки из этих сплавов изготавливают с малыми по объему прибылями или без них.

Алюминиевые бронзы и другие сплавы с легкоокисляющимися компонентами заливают через расширяющиеся литниковые системы, предназначенные для отделения оксидных плен и обеспечения минимально допустимой скорости течения металла на выходе из питателей. Как правило, используют расширяющиеся литниковые системы с нижним или сифонным подводом металла; предусматривают устройство центробежных шлакоуловителей, установку сеток и зернистых фильтров. Более простые литниковые системы применяют при литье оловянных бронз.

При медленном охлаждении медные сплавы (кроме кремнистых бронз и латуней и оловянных бронз с высоким содержанием олова) не склонны к образованию горячих трещин. При резком охлаждении трещинообразованию более подвержены сплавы с широким интервалом кристаллизации. По этой при-

чине их почти не применяют для литья в кокиль и под давлением.

Для создания направленной кристаллизации при литье в разовые формы широко используют холодильники. Разовые формы изготовляют из мелкозернистых смесей с высоким содержанием глины до (12 %). Чтобы предупредить пригар, в смеси для форм вводят до 2 % мазута. Для этой же цели на рабочую поверхность высушенных форм наносят графитные покрытия. Мелкие и сложные отливки из медных сплавов получают в оболочковых формах и литьем по выплавляемым моделям.

### 7.6. Плавильные печи

Для превращения шихтовых материалов в жидкое состояние нагревом их до температуры, превышающей температуру

#### 7.37. Плавильные печи для плавки чугуна и стали

Печь	Техническая характеристика
Вагранки нормального ряда, закрытого типа (см. рис. 7.1) с шахтой доменного профиля, водоохлаждаемая. Чугун из вагранки подается в кокиль	Вагранки производительностью 4—6, 6—9, 10—14, 15—21, 25—33, 30—35 с соответствующим расходом воздуха 4700, 6200, 8650, 17 000, 22 000, 36 000 м <sup>3</sup> /ч
Конвертер (см. рис. 7.2)	Конвертеры емкостью 0,5; 1,5; 2,5; 3,0 т
Мартеновские печи для плавки стали (см. рис. 7.3)	Мартеновские печи производительностью 8,5; 11,0; 16,0 т/ч с соответствующей площадью пода 36 м <sup>2</sup> (при глубине ванны 700 мм), 42,5 м <sup>2</sup> (780 мм) и 52 м <sup>2</sup> (800 мм)

#### 7.38. Индукционные электропечи для плавки чугуна и стали с перегревом до 1600 °С

Печь	Вместимость печи, т	Печь	Вместимость печи, т
Для плавки чугуна		Для плавки стали	
ИЧТ-1	1,0	ИСТ-0,06	0,06
ИЧТ-2,5	2,5	ИСТ-0,16	0,16
ИЧТ-6	6,0	ИСТ-0,4	0,4
ИЧТ-10	10,0	ИСТ-1	1,0
ИЧТ-21,5	21,5	ИСТ-2,5	2,5
ИЧТ-31	31,0		
ИЧТ-60	60,0		

### 7.39. Миксеры для duplex-процессов

Вместимость печи, т	Мощность печи, кВт	Мощность индукционных единиц и их количество	Производительность, т/ч	Исполнение
---------------------	--------------------	--	-------------------------	------------

Серия индукционных чугуноплавильных канальных миксеров (ИЧКМ)

2,5	250	250×1	7	Шахтный
4	500	500×1	14	»
6	500	500×1	14	»
10	500	500×1	12	»
16	500	500×1	12	»
25	2000	500×4	55	Барабанный
25	1000	500×2	24	Шахтный
40	2000	1000×2	25	Барабанный
40	1000	500×2	24	Шахтный
60	4000	1000×4	115	Барабанный
60	2000	1000×2	50	Шахтный
100	4000	1000×4	115	Барабанный
100	2000	1000×2	50	Шахтный

Серия индукционных канальных раздаточных миксеров для чугуна (ИЧКР)

0,4	60	60×1	1,4	—
0,6	60	60×1	1,35	—
1,0	60	60×1	1,1	—
2,5	150	150×1	4,0	—
4,0	150	150×1	3,7	—
6,0	150	150×1	3,6	—

### 7.40. Дуговые печи для плавки чугуна и стали

Печь	Вместимость печи, м³	Печь	Вместимость печи, м³
Для плавки чугуна и стали		Для плавки стали	
ДМ-0,25	0,25	ДС-0,5, ДС-05А	0,5
ДМ-0,5	0,5	ДС-1,5, ДСП-1,5	1,5
ДСП-3М2	3,0	ДС-3, ДСП-3	3,0
ДСП-6Н	6,0	ДСВ-5А	5,0
ДСП-12Н2	12,0	ДСВ-10Б	10,0
ДСП-25Н2	25,0	ДСП-20	20,0
ДСП-50Н2	50,0	ДСП-50	50,0
		ДСП-80	80,0

**7.41. Тигельные (газовые) печи для плавки и подогрева  
алюминиевых сплавов**

Печь	Вместимость печи, т	Расход топлива, кг/ч	Характеристика печи
ПТП-0,18	0,18	300	Тигель графитовый, чугуновый или набивной. Печь однотигельная
ПТП-0,25	0,25	40	Материал тигля тот же. Печь однотигельная
РТС-0,30	0,30	20	Стационарная, раздаточная, двухтигельная печь для подогрева расплава
РТС-0,15	0,15	15	Стационарная, раздаточная, однотигельная печь для подогрева расплава

Примечание. Для плавки алюминиевых сплавов применяют также отражательные нефтяные печи НОП-1, НОП-2, НОП-7.

**7.42. Тигельные печи сопротивления для плавки и подогрева  
алюминиевых сплавов**

Печь	Вместимость печи, т	Печь	Вместимость печи, т
Поворотные		Стационарные	
САТ-0,15А	0,15	САТ-0,15Б	0,15
САТ-0,25А	0,25	САТ-0,25Б	0,25
САТ-0,5А	0,5	САТ-0,5Б	0,5
		САТ-0,15В	0,15
		САТ-0,25В	0,25

Примечание. Для алюминиевых сплавов применяют также индукционные печи с чугуновым тиглем ИПА-100, ИПА-250, ИПА-500 и индукционные каналные печи ИАК-0,4, ИАК-1, ИАК-2, ИАК-2,5, ИАК-6.

**7.43. Индукционные тигельные и каналные электропечи  
для плавки бронз и латуней**

Печь	Производительность печи, т/ч	Печь	Производительность печи, т/ч
Тигельные		Канальные	
ИЛТ-1	0,9	ИЛК-1	1,25
ИЛТ-2,5	1,8	ИЛК-1,6	3,75
ИЛТ-10	3,7	ИЛК-16	10,0
ИЛТ-16	7,5		

Примечание. Для плавки бронз и латуней применяют также дуговые электропечи ДМК-0,25, ДМК-0,5,

Рис. 7.1. Вагранка закрытого типа:

1 — шахта доменного профиля, 2 — фурменный пояс, 3 — водоохлаждаемые фурмы, 4 — желоб, 5 — патрубок отсоса ваграночных газов, 6 — загрузочное приспособление, 7 — загрузочный бункер шихты, 8 — уровень шихты в вагранке

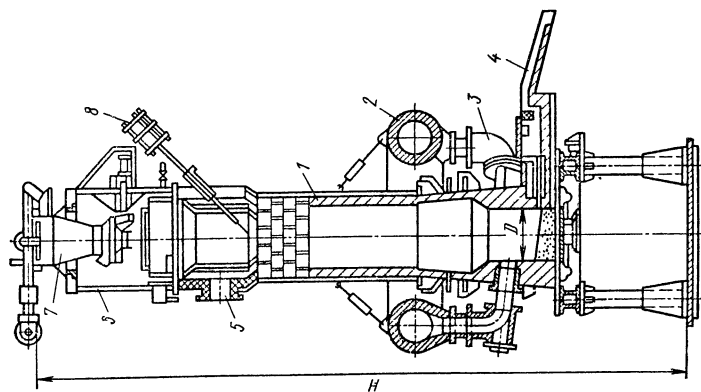


Рис. 7.2. Типовой конвертер ЦНИИТМАШ вместимостью 2,5 т:

1 — реторта, 2 — горловина, 3 — механизм поворота реторты, 4 — стойка привода, 5 — стойка со стороны подачи воздуха, 6 — подшипник, 7 — опорное кольцо, 8 — воздухораспределительная пробка

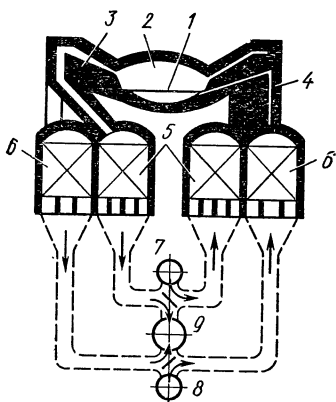


Рис. 7.3. Принципиальная схема мартеновской печи:

1—ванна металла, 2—рабочее пространство печи, 3—воздушный канал, 4—газовый канал, 5—воздушные регенераторы, 6—газовые регенераторы, 7—подача воздуха, 8—подача газа, 9—дымовая труба

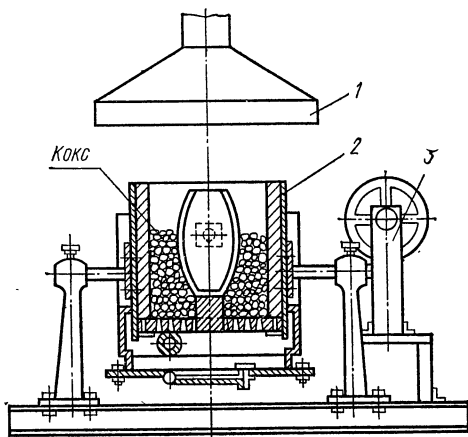


Рис. 7.4. Тигельная поворотная печь:

1—вытяжной кожух, 2—тигель, 3—поворотный механизм

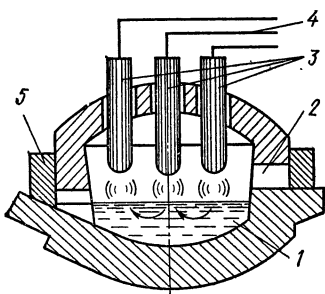


Рис. 7.5. Схема трехфазной дуговой электропечи для плавки стали:

1—ванна, 2—завалочное окно, 3—электроды, 4—подвод электрического тока, 5—выпускной желоб

плавания, применяют плавильные печи. Плавильные печи работают на жидком, твердом, газообразном топливе и электрической энергии. Ниже приведены основные типы плавильных печей для плавки чугуна и стали (табл. 7.37—7.43), алюминиевых сплавов, бронзы и латуни.

Для магниевых сплавов применяют стационарные стальные тигли емкостью до 0,5 т; стальные сварные тигли вместимостью до 0,35 т; отражательные печи вместимостью до 3 т или индукционные печи со стальным тиглем вместимостью до 2 т.

На рис. 7.1—7.5 изображены некоторые типы плавильных печей для плавки чугуна и стали.

Для работы в дулекс-процессах совместно с вагранками, дуговыми и тигельными печами предназначены индукционные каналные миксеры. Они позволяют повысить температуру чугуна перед заливкой, осуществить легирование и модифицирование расплава. В настоящее время эти плавильные агрегаты используют непосредственно для плавки чугуна.

## **8. ЗАЛИВКА ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ОТЛИВОК**

### **8.1. Заливка литейных форм**

**Разливочные ковши.** Ковш—это металлическая (стальная или чугунная) емкость, предназначенная для кратковременного хранения, перемещения и заливки в литейные формы расплава. Внутренняя поверхность и крышка ковша футерована огнеупорным материалом.

Ковш перемещают грузоподъемным оборудованием или вручную с помощью приспособлений, закрепленных на корпусе ковша. На приспособлениях установлены замковые устройства (защелки), предотвращающие опрокидывание ковша при его перемешивании.

Опрокидывание ковша при заливке литейных форм осуществляют самотормозящимися червячными механизмами, которые приводят в действие от ручного штурвала или электродвигателя.

При изготовлении мелких отливок расплав из плавильной печи заливают в ковш вместимостью 0,5—1,5 т, а затем из него в ковш вместимостью 30—80 кг. Ковш меньшей вместимости предназначен для заливки литейных форм. Ковш большей вместимости устанавливают на специальный поворотный стенд вблизи места разлива расплава по литейным формам.

Ручные ковши (рис. 8.1, а, б) применяют в основном для заливки стержневых каркасов на плацу при разливе рас-

плавов в мелкие литейные формы в условиях маломеханизированных производств.

Для разливки чугунного расплава используют ковш барабанного или конического (рис. 8.1, а) типа различной вместимости.

Стопорные ковши (рис. 8.1, з), предназначенные для разливки стального расплава, имеют огнеупорную втулку, закрепленную в днище ковша. Отверстие втулки, через которое расплав поступает в литейную форму, закрывается с помощью

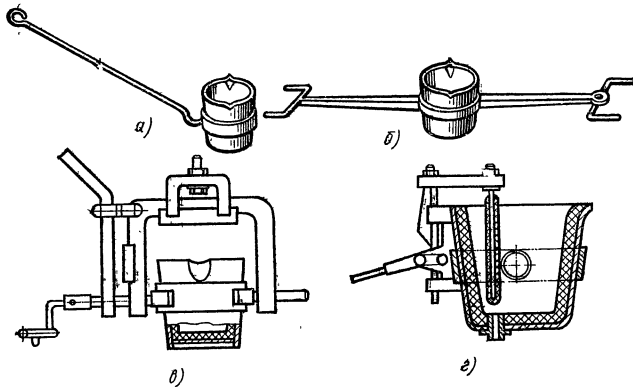


Рис. 8.1. Ковши для заливки литейных форм:  
а—ковш-ложка, б—ковш с носиками, в—конический вместимостью 100—250 кг, г—стопорный

рычажного механизма. Рычаги и штанги облицованы огнеупорным материалом.

Для заливки форм расплавом цветных металлов используют различные конструкции ковшей вместимостью до 1,0 т. Ковши чайникового типа применяют при разливке магниевых расплавов из стационарных тиглей. Внутри ковшей на расстоянии 20—30 мм от дна расположена трубка, обеспечивающая заливку расплава через нижнюю часть носика. При такой конструкции оксиды и флюсы не попадают в литейную форму.

Основные требования к подготовке разливочных ковшей заключаются в следующем:

ковши очищают от шлака и настывлей. Носики ковшей обмазывают огнеупорным составом, окрашивают и подсушивают;

проверяют футеровку, исправность поворотного механизма, стопорного устройства. Ковши с недостаточной футеровкой не применяют, чтобы предотвратить кипение расплава;

на рабочее место устанавливают технологические пробы,

### 8.1. Температуры разливки

Характеристика отливок или марка сплава	Температура расплава	
	при выпуске из плавильной печи, °С	при заливке литейных форм, °С, не ниже
<b>Серый чугун (СЧ 18—СЧ 10)</b>		
Мелкие	1380	1300
Средние	1360	1300
Крупные, очень крупные	1360	1290
Тонкостенные (средние, крупные, очень крупные)	1380	1320
<b>Серый чугун (СЧ 20—СЧ 35)</b>		
Мелкие	1380	1320
Средние	1380	1320
Крупные, очень крупные	1380	1300
Тонкостенные (средние, крупные, очень крупные)	1400	1330
<b>Высокопрочный чугун</b>		
Преобладающая толщина стенок, мм:		
6—20	1380	1320
>20		1300
<b>Ковкий чугун</b>		
Преобладающая толщина стенок, мм:		
до 4	1480	1380
4—10	1450	1350
10—20	1430	1350
>20	1410	1320
<b>Углеродистая и низколегированная стали</b>		
Мелкие, средние	1550	1420
Крупные, очень крупные	1520	1390
Тонкостенные (мелкие и средние)	1550	1450
<b>Высоколегированная сталь</b>		
Мелкие, средние	1570	1420
Крупные, очень крупные	1540	1420
Тонкостенные (мелкие и средние)	1570	1480
<b>Алюминиевый сплав</b>		
АЛ1	780	720—770
АЛ4	770	730—750
АЛ10	750	690—730
Прочие	770	640—750

Продолжение табл. 8.1

Характеристика отливок или марка сплава	Температура расплава	
	при выпуске из плавильной печи, °С	при заливке литейных форм, °С, не ниже

Оловянная и фосфористая бронзы

Преобладающая толщина стенок, мм:		
10	1150	1100
10—20	1100	1050
20	1050	1000

Алюминиевая бронза

Преобладающая толщина стенок, мм:		
10	1150	1100

Кремнистая латунь

Преобладающая толщина стенок, мм:		
10	1130	1100
10	1080	1050

Примечание. Толстостенные отливки неотвественного назначения из серого чугуна допускается заливать при температуре не ниже 1270 °С, отливки из магниевых сплавов—при 720—780 °С.

8.2. Скорость снижения температуры расплава чугуна и стали (в ковше, предварительно разогретом до температуры 1000 °С)

Вместимость ковша, кг	Среднее снижение температуры, °С/мин	Снижение температуры в момент выпуска в ковш, °С	Снижение температуры в ковше, °С		
			за первые 10 мин	за последующие	
				10 мин	20—25 мин

Чугун

50	20—40	40—50	—	—	—
150	10—15	40—50	120	—	—
300	5—7	40—50	50	—	—
1000—2000	2—3	20—40	30	20	35—40
3000—4000	1,5—2,5	20—40	20	15	25—30
5000	1,0—2,0	20—40	15	10	20—25
10 000	0,5—1,0	20—40	10	10	12—15

Вместимость ковша, кг	Среднее снижение температуры, °С/мин	Снижение температуры в момент выпуска в ковш, °С	Снижение температуры в ковше, °С		
			за первые 10 мин	за последующие	
				10 мин	20—25 мин
<b>Сталь</b>					
50—70	—	—	30—40	—	—
2000—3000	—	75—85	40—50	25—30	20—25
4000—5000	—	70—80	30—40	20—25	15—20
7000—8000	—	65—75	20—30	15—20	10—15
10 000—12 000	—	60—70	20—30	15—20	10—15

Примечание. Для расплава чугуна приведены скорости снижения температуры в барабанном ковше.

### 8.3. Продолжительность заливки форм расплавом серого чугуна

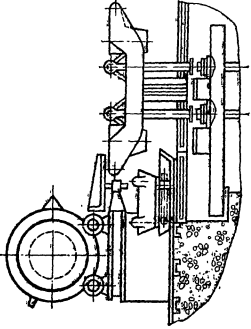
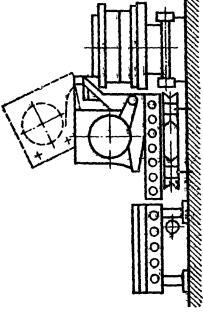
Металлоемкость литейной формы, кг	Продолжительность заливки, с	Металлоемкость литейной формы, кг	Продолжительность заливки, с
3—5	4—5	250—500	24—28
5—10	4—11	500—1000	28—40
10—50	11—18	1000—5000	40—100
50—100	18—20	5000—10 000	100—120
100—200	20—24		

ложки для заливки проб, ломтики, счищальки шлака, пробки, глину.

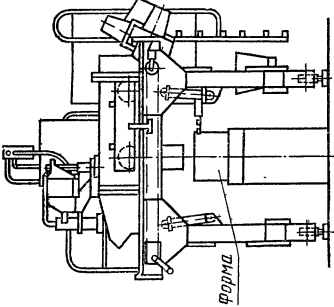
**Заливка форм.** После заполнения ковша с поверхности расплава тщательно снимают скребком шлак [или флюсовый покров. При заливке форм обеспечивают постоянный уровень металла в литниковой чаше. Выходящие из формы газы поджигают. В табл. 8.1—8.3 приведены оптимальные температуры разливки, скорости снижения температуры и ориентировочная продолжительность заливки.

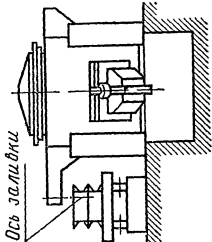
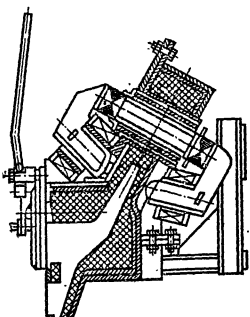
Механизация и автоматизация заливки расплавов в литейные формы является в настоящее время интенсивно развиваемым процессом и прежде всего для изготовления отливок крупносерийного и массового производства на автоматических линиях. При создании автоматических формовочных линий с использованием устройств (табл. 8.4) автоматической заливки необходимо соблюдать следующие основные требования:

### 8.4. Заливочные машины, их основные технические характеристики и область применения

<p>Схема заливочной машины</p>	<p>Наименование, тип, основные данные</p>	<p>Рекомендуемая область применения, примеры использования</p>	<p>Преимущества и недостатки</p>
	<p>Заливочная ковшовая ус-тановка двухпозиционная, поворотная. Вместимость миксера 2 т (обогрев газовой). Вместимость ковшей от 160 до 1000 кг. Максимальная производительность при дозе 5—8 кг до 200 заливок в час</p>	<p>Для заливки чугуна в кокиля и песчаные формы при мелком литье. Во время заливки форма неподвижна. Расстояние от оси литниковой чаши до наружного габаритного размера опоки или кокиля не более 200 мм</p>	<p>Преимущества: простота конструкции и удобство эксплуатации; наличие обогреваемого миксера. Недостатки: возможность попадания шлака в форму; наличие перелива в ковши</p>
	<p>Заливочная ковшовая ус-тановка модели 4126А. Вместимость ковшей 630 кг; тип конический. Производительность до 200 заливок в час при металлоемкости формы до 20 кг</p>	<p>Для заливки чугуна на линиях безопочной формовки КЛ-2002 и других линиях типа «Дисаматик». Расстояние от оси литниковой чаши до наружного габаритного размера формы не более 200 мм</p>	<p>Преимущества: простота конструкции; возможность изменения положения носика ковша как в продольном, так и в поперечном направлениях. Недостатки: отсутствие подогрева металла, возможность попадания шлака в форму</p>

Продолжение табл. 8.4

<p>Схема заливочной машины</p>	<p>Наименование, тип, основные данные</p>	<p>Рекомендуемая область применения, примеры использования</p>	<p>Преимущества и недостатки</p>
	<p>Заливочная установка портального типа. Заливка через ступор; вместимость 2 т. Максимальная температура 1500 °С. Массовый расход 15 т/ч</p>	<p>Для заливки чугуна в безопочные формы на линиях типа «Дисаматик»</p>	<p>Преимущества: наличие обогреваемого миксера; исключается попадание шлака в форму. Недостатки: недолговечность работы ступорного устройства, большой напор стружки</p>

<p>Схема заливочной машины</p>	<p>Наименование, тип, основные данные</p>	<p>Рекомендуемая область применения, примеры использования</p>	<p>Преимущества и недостатки</p>
 <p>Ось заливки</p>	<p>Электропечь-миксер индукционный, раздаточный ИЦКР-2,5С1, вместимость 2,5 т. Проводимость: по перегреву на 100 °С 3,9 т/ч; по поддержанию заданной температуры 20 т/ч; температура ванны 1500 °С. Выдача дозы — пневматическая</p>	<p>Для заливки чугуна в формы на пульсирующих литейных конвейерах и формовочных рольганговых линиях, в конки на карусельных машинах и т. д.</p>	<p>Преимущества: наличие индукционного подогрева; подача чистого металла в формы. Недостатки: сложность съема шлака; длительность ремонта футеровки</p>
	<p>Магнитодинамическая заливочная установка типа МДН-12. Вместимость печи 1000 кг. Время перегрева металла на 100 °С 1 ч</p>	<p>Для заливки чугуна в формы на пульсирующих конвейерах, формовочных линиях; в конки на карусельных машинах; на центробежных машинах</p>	<p>Преимущества: наличие индукционного подогрева; легкость съема шлака. Недостатки: повышенный расход электроэнергии, сложность эксплуатации</p>

### 8.5. Продолжительность охлаждения чугунных отливок

Отливки и литейная форма	Масса отливки, кг	Время охлаждения отливки, ч
Базовые корпусные детали (сложные станины, стойки, салазки), к которым предъявляют требования по стабильности геометрических форм и размеров. Формы сухие или химически твердеющие	1001—3000	8—18
	3001—5000	18—30
Базовые корпусные детали—среднегабаритные станины, траверсы, ползуны, шестерни высокой и повышенной прочности, к которым предъявляют требования по стабильности геометрических форм и размеров. Формы сухие или химически твердеющие	101—500	2—6
	501—1000	6—9
Отливки те же, но изготовляемые в подсушенных формах	101—500	2—5
	501—1000	5—8
Базовые корпусные детали сложные и средней сложности, малогабаритные стойки, салазки, суппорты, тумбы, основания, к которым предъявляют требования по стабильности геометрических форм и размеров. Формы подсушенные	≤ 20	0,6—1,0
Отливки те же, но изготовляемые в сырых формах	21—100	0,75—1,5
	< 20	0,4—0,75
Различные детали средней сложности, отливаемые в сырых формах		

фиксировать места расположения заливочной чаши или воронки и унифицировать их размеры, а в случае наличия выпоров — и места их расположения;

фиксировать расположение литейной формы на конвейере и положение тележки конвейера (или другого транспортного устройства) относительно автоматической заливочной системы;

выбирать конфигурацию и положение грузов (при необходимости их применения) на литейной форме так, чтобы они не препятствовали заливке;

обеспечивать постоянную скорость перемещения формы в процессе заливки или транспортной системы с пульсирующим режимом движения;

обеспечивать удобство и быстроту подачи жидкого расплава к заливочному устройству.

В настоящее время определились следующие конструктивные типы заливочных автоматических установок: с наклонной

### 8.6. Выбивные решетки

Параметры	Инерционные										Эксцентрикные	
	31211	31212	31213	31214	31215	31217	31218	31219	ИР120	421	422М	
Грузоподъемность, т	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3	16,0	25,0	40,0	7,5	1,0	1,6	
Размер стола в свету, мм	1250 × 1000	1600 × 1250	2000 × 1600	2240 × 1800	2500 × 2000	3550 × 2500	4000 × 3150	4500 × 3550	1850 × 1330	1250 × 1000	1600 × 1250	
Мощность электродвигателей, кВт	2,2	4,4	4,4	15	20	60	80	150	5,5	2,8	4,5	
Масса, кг	1000	2400	2800	5200	5600	14 000	15 400	23 600	2360	880	1000	

ванной; с пневмовыдачей; со стопорным механизмом; электромагнитные; комбинированные.

После заполнения формы расплавом отливки охлаждают в ней до определенной температуры. Время охлаждения отливок зависит от их сложности, размеров и типа сплава. В табл. 8.5 приведена продолжительность охлаждения чугунных отливок. Время охлаждения стальных отливок на 15—20 % больше, чем чугунных.

## 8.2. Выбивка отливок

Выбивку отливок из литейных форм выполняют на специализированном оборудовании (табл. 8.7—8.9).

### 8.7. Техническая характеристика установок для выбивки крупных форм

Модель	Грузоподъемность, т	Рабочие размеры решеток, мм	Максимальные размеры выбиваемых опок, м	Установленная мощность электродвигателей одной секции, кВт
428С (31218)	25	3,5×2,5 (4,0×3,15)	—	75
429 (31219)	40	4,1×3,15	—	100
431И4	100	7×5	4×2,5	75
432И6	160	9,5×5	8,9×4×1,2	100
432У8	250	10×7	9×6×1,5	112

### 8.8. Техническая характеристика автоматических выбивающих провальных инерционных проходных установок

Модель	Размер опок в свету, мм	Производительность, форм/ч
31411	500×400	400
31412	600×500	300
31413	800×700	240
31414	1000×8000	200
31415	1200×1000	160
31416	1600×1200	125
31417	2000×1600	60

Крупные, тяжелые и средние отливки выбивают на выбивных решетках с различной грузоподъемностью (рис. 8.2). Решетки состоят из нескольких типовых секций грузоподъемностью 10, 20 т.

Стержни из отливок выбивают на галтовочных барабанах (рис. 8.3) гидрокамерах, электрогидроустановках, реже — на вибрационных машинах. В галтовочных барабанах операция выбивки совмещается с очисткой поверхности отливки.

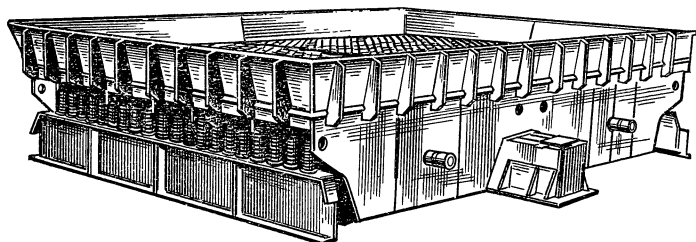


Рис. 8.2. Инерционная решетка модели 43II-4

Участки выбивки оборудованы мощной приточно-вытяжной вентиляцией. Для отсоса пыли при выбивке форм мелких и средних отливок применяют вентиляционные зонты и боковые отсосы, расположенные под установкой или по ее периметру.

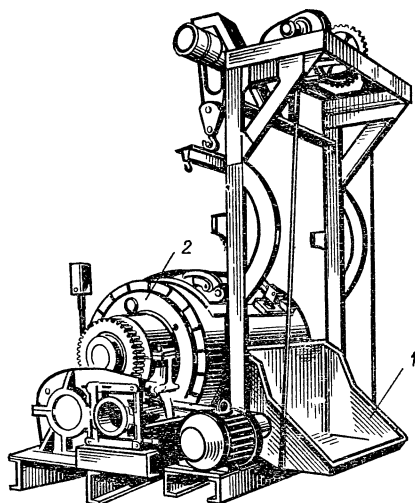


Рис. 8.3. Барабан очистной галтовочный модели СБ-800:  
1 — скиповый подъемник, 2 — очистной барабан

Выбивные устройства для форм крупных и очень крупных отливок на период работы закрывают накатными кожухами.

В механизированных цехах смесь после выбивки по тран-

## 8.9. Оборудование для выбивки стержней

Назначение и принцип действия	Техническая характеристика
-------------------------------	----------------------------

### Барaban очистной галтовочный ОБ-800 (периодического действия)

Предназначен для выбивки стержней и для очистки не сложных по форме мелких и средних отливок. Загрузка отливок осуществляется скиповым подъемником. Выбивка и очистка производятся при вращении барабана в результате трения и соударения отливок

Объем загрузки 0,5 м<sup>3</sup>; производительность 3 т/ч; диаметр барабана 0,8; длина рабочей части 1,25 м; частота вращения 30 об/мин; мощность электродвигателя 7,0 кВт

### Барaban очистной галтовочный ОБ-900 (периодического действия)

Применяют при выбивке стержней и очистке не сложных по форме мелких и средних отливок. Принцип действия тот же

Объем загрузки 0,8 м<sup>3</sup>; производительность 3,5 т/ч; диаметр барабана 0,9 м, длина рабочей части барабана 1,4 м; частота вращения 27 об/мин; мощность электродвигателя 7,5 кВт

### Барaban очистной галтовочный 314 (непрерывного действия)

Предназначен для выбивки стержней и очистки не сложных по форме мелких и средних отливок. Барабан непрерывного действия с механизмами загрузки и выгрузки отливок

Производительность 5 т/ч; диаметр барабана 1,2 м; длина рабочей части барабана 6,4 м; частота вращения 7 об/мин; мощность электродвигателя 21,7 кВт

### Вибрационная машина О-15

Предназначена для выбивки стержней мелких отливок размером до 0,3 м. Стержни удаляются в результате вибрационного действия бойка машины на отливку

Усилие зажима отливки 0,2 т; производительность до 100 отливок в час

### Вибрационная машина 411

Назначение то же, но для отливок размером до 0,8 м

Усилие зажима отливок 0,8 т; производительность до 40 отливок в час

Назначение и принцип действия	Техническая характеристика
-------------------------------	----------------------------

Очистные вибрационные машины с прямолинейной рабочей камерой

Предназначены для выбивки стержней и очистки отливок. Отливки для очистки помещаются в рабочую камеру с наполнителем, где подвергаются вибрации с одновременным движением по круговой или спиральной траектории. Наполнителями служат синтетические абразивы — электрокорунд нормальный, бой абразивных кругов на бакелитовой и керамической связке зернистостью 80, 100, 160 и твердостью СТ1-СТ3, звездочки из отбеленного чугуна, бракованные мелкие детали. Объемное соотношение между наполнителем и отливками: 1:1 для простых и 1,4:1 для сложных по конфигурации отливок. Камера ВМП400Н — непрерывного действия	Модель камеры	Объем камеры, л	Масса загрузки, кг
		ВМ-12М	12
	МВ-12	12	25
	ВМП-25	25	50
	ВМП-50	50	100
	ВМ-100	100	200
	ВМ-200	200	400
	ВМ-400	400	800
	ВМ-800	800	1600

Очистные вибрационные машины с тороидно-винтовой рабочей камерой

Назначение и действие такое же, как и у вибрационных машин с прямолинейной рабочей камерой	Модель	Объем камеры, л	Масса загрузки, кг
		ВМПВ-100	100
	ВМПВ-200	200	400
	ВМПВ-400	400	80

Гидрокамера 37123 (ЛН407)

Проходная с выкатной тележкой, предназначена для выбивки стержней, а также для удаления остатков стержневой смеси струей воды. Вода и выбитая из отливок смесь поступают через решетчатый пол на инерционный грохот. Крупные куски смеси подаются в отвал, пульпа — на лоток. Металлические включения смеси улавливаются на лотках электромагнитной плитой и поступают в специальные емкости. Отливка при выбивке установлена на поворотном столе тележки

Давление струи воды 19,6 МПа; наибольшая масса отливки 50 т; габаритные размеры камеры 9,0×4,5×4,5 м; число гидромониторов 2; угол качания гидромонитора в горизонтальной плоскости 40°; в вертикальной 50°; продольный ход сопла 1,0 м; максимальный расход воды для одного гидромонитора 5,12 л/с; мощность электродвигателей 12,8 кВт

Назначение и принцип действия	Техническая характеристика
-------------------------------	----------------------------

## Гидрокамера 37113 (ЛН408)

Принцип действия тот же. Предназначена для выбивки стержней и для удаления остатков стержневой смеси

Давление струи воды до отливки 15 т; наибольшая масса камеры 4,5×4,5×4,5 м; число гидромониторов ручных 1, механизированных 1; угол качания гидромониторов в вертикальной и горизонтальной плоскостях ручного 60°, механизированного 40°; продольного 1,5; механизированного 1,0 м. Максимальный расход воды для одного гидромонитора 5,15 л/с; мощность электродвигателей 324,2 кВт

## Гидрокамера 37116

Принцип действия тот же. Предназначена для выбивки стержней и для удаления остатков стержневой смеси

Давление струи воды до отливки 100 т; габаритные размеры камеры 5,94×5,84×4,8 м; число гидромониторов 2; угол качания гидромониторов в вертикальной и горизонтальной плоскостях 60°; продольный ход сопла 1,0 м; максимальный расход воды для одного гидромонитора 5,15 л/с; мощность электродвигателей 450,5 кВт

## Гидропескоструйная камера 417

Тупиковая с выкатной тележкой. Стержни удаляются из отливки водопесчаной струей или из закрытых полостей отливки струей воды высокого давления. Каждый гидромонитор снабжен двумя соплами

Давление водопесчаной струи (или воды) 19,6 МПа; наибольшая масса отливки 100 т; габаритные размеры камеры 22×19,3×6,2 м; число гидромониторов 3; угол качания гидромониторов 50°; продольный ход сопла 2,5 м; максимальный расход воды для одного гидромонитора 5,15 л/с; мощность электродвигателей 214,8 кВт

Назначение и принцип действия	Техническая характеристика
-------------------------------	----------------------------

### Электрогидравлическая установка 67511

Предназначена для выбивки стержней из мелких отливок. Принцип действия основан на использовании энергии электрических разрядов, протекающих в воде между электродами и поверхностью отливки; возникающие в воде ударные волны разрушают стержень. Выбивка стержня производится в рабочей камере, расположенной в баке и закрытой звукоизолирующим кожухом. Камера оснащена механизмами для перемещения электродов, загрузки и выгрузки отливок, удаления выбитой из отливки смеси

Диаметр рабочей камеры 0,25 м; длина рабочей камеры 0,5 м; максимальная производительность 60 циклов в час; мощность установки 38 кВт·А; напряжение сети 380 В

### Электрогидравлическая установка 36121А

Принцип действия тот же. Предназначена для удаления стержней из чугунных, стальных и цветных сплавов отливок

Габаритные размеры камеры 1,8×1,0×0,7 м; рекомендуемая масса отливок 0,1—1,0 т; наибольшая масса загрузки 2,5 т; максимальная производительность 3 т/ч; мощность установки 65 кВт·А; напряжение сети 380 В

### Электрогидравлическая установка 36131А

Принцип действия тот же. Установка размещается в отдельном помещении, состоящем из трех отделений. В отделениях установлены пульты управления, технический узел и высоковольтное оборудование. В помещении технологического узла имеется приямок, в котором размещают рабочий бак. Управление установкой дистанционное. На пульте управления имеется экран для наблюдения за положением электрода относительно очищаемой поверхности

Габаритные размеры рабочего бака 3,5×2,0×1,0; рекомендуемая масса отливок 0,5—5,0 т; наибольшая масса загрузки 80 т; производительность при выбивке стержней из чугунных и из цветных сплавов отливок 4 т/ч; из стальных 2,5 т/ч; мощность установки 150 кВт·А; напряжение сети 380 В

Назначение и принцип действия	Техническая характеристика
-------------------------------	----------------------------

### Электрогидравлическая установка 36141А

Принцип действия и конструктивные особенности те же

Габаритные размеры рабочего бака  $5,6 \times 3,2 \times 2,0$  м; рекомендуемая масса отливок 5,0 т; производительность при выбивке стержней из чугуновых и из цветных сплавов отливок 6,5 т/ч; из стальных 4,0 т/ч; мощность установки 150 кВт·А; напряжение сети 380 В

Примечания: 1. Галтовочные барабаны используют для очистки отливок от пригара, для удаления заливок и частично остатков элементов литниковой системы. 2. Очистку отливок также производят электрохимическим способом.

спортерам передается в смесеприготовительное отделение на регенерацию. Часть транспортеров размещена под выбивным оборудованием.

### 8.3. Очистка отливок

После выбивки отливки подвергают очистке, чтобы удалить с поверхностей пригар, остатки формовочной и стержневой смеси. Отливки на очистку подают без стержневых каркасов, литников и выпоров и при необходимости пробивают заливки в окна для очистки внутренних полостей отливки. Если отливка подвергалась обработке в гидрокammerе или электрогидравлической установке, то перед очисткой ее сушат.

Основным способом очистки отливок является дробеметная обработка, которой подвергается более 80 % производимых отливок. К дробеметному оборудованию (табл. 8.10) относят барабаны

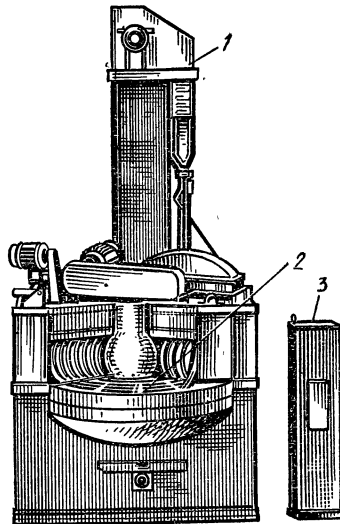


Рис. 8.4. Стол очистной дробеметной модели 345:

1 — механизм подачи и сепарации дробы, 2 — подъемный стол, 3 — пульт

## 8.10. Очистное оборудование

Назначение и принцип действия	Техническая характеристика
-------------------------------	----------------------------

### Барaban очистной 326M2, 42216

Дробеметный барабан периодического действия предназначен для очистки отливок массой 25—40 кг. Загрузка отливок производится скиповым подъемником. Отливки очищаются на конвейерном поде направленными потоками дробы. На время очистки рабочее пространство барабана закрывают шторой. Очистка дробы осуществляется воздушно-механическим сепаратором

Объем загрузки 1,2 м<sup>3</sup>; максимальный размер отливок 0,6 м; производительность очистки чугунных отливок средней сложности 5—7 т/ч; число дробеметных аппаратов 2; производительность одного дробеметного аппарата 160 кг/мин

### Барaban очистной 323M

Назначение и принцип действия те же, но масса очищаемых отливок 2—80 кг

Объем загрузки 0,3 м<sup>3</sup>; максимальный размер отливок 0,4 м; производительность очистки чугунных отливок 2—3,2 т/ч; стальных отливок 1—1,6 т/ч; число дробеметных аппаратов 1; производительность дробеметного аппарата 160 кг/мин

### Барaban очистной 42223, 42213

Дробеметный барабан периодического действия с ленточным подом из сшитой транспортерной ленты, предназначен для очистки хрупких и мелких отливок с наибольшей массой 0,04 т. Стойкость ленты около 2000 ч

Объем загрузки 0,3 м<sup>3</sup>; максимальный размер отливок 0,4 м; производительность очистки чугунных отливок 3—4,5 т/ч; стальных отливок 2—3 т/ч; число дробеметных аппаратов 1; производительность дробеметного аппарата 250 кг/мин

### Барaban очистной 42322 (317M2)

Дробеметный барабан непрерывного действия, предназначен для очистки мелких отливок

Максимальная масса очищаемых отливок 25 кг; максимальный размер отливок 400 мм; производительность очистки чугунных отливок 3,5—7 т/ч; стальных 2—4 т/ч

Назначение и принцип действия	Техническая характеристика
-------------------------------	----------------------------

### Барaban очистной 42313

Дробеметный барабан непрерывного действия, предназначен для очистки мелких отливок

Максимальная масса очищаемых отливок 40 кг; максимальный размер отливок 550 мм; производительность очистки чугунных отливок 10 т/ч, стальных 4—7 т/ч

### Стол очистной 345M

Очистка отливок производится на непрерывно вращающемся столе потоком дробы, вылетающей из двухдисковой дробеметной головки. Отработанная дробь подается шнековым транспортером в ковшовый вертикально расположенный элеватор, поднимающий ее в воздушный сепаратор. Из сепаратора очищенная дробь поступает в дробеметный аппарат

Диаметр стола 1,6 м; наибольшая масса отливок 0,15 т; максимальные размеры отливок 0,45×0,4×0,3 м; производительность 1,65 т/ч; частота вращения стола 0,37—0,55 об/мин

### Стол очистной 347M

Назначение и принцип действия те же

Диаметр стола 2,5 м; наибольшая масса отливок 0,3 т; максимальные габаритные размеры отливок 0,6×0,5×0,4 м; грузоподъемность стола ТС (104Н) 1,2; время очистки одной отливки без кантования 2—5 мин; частота вращения стола 0,42—0,62 об/мин

### Стол очистной 352

Стол периодического действия отличается от очистного стола модели 347 наличием на поворотном столе четырех вращающихся тарелок. При повороте стола одна пара тарелок с отливками устанавливается на позицию очистки, вторая пара тарелок, расположенная вне зоны действия дробеметных аппаратов, на позицию загрузки—разгрузки. Очистка деталей производится дробеметными аппаратами

Диаметр стола 2,5 мм; диаметр тарелок 0,8 м; наибольшая масса отливок 0,3 т; максимальные габаритные размеры отливок 0,55×0,55×0,4 мм; наибольшая вместимость одной тарелки 0,3 т; время одного цикла очистки 1—4 мин; число дробеметных головок 2

Назначение и принцип действия	Техническая характеристика
-------------------------------	----------------------------

### Стол очистной 353М

Стол периодического действия, отличается от очистного стола модели 352 наличием трех тарелок, одна из которых находится на позиции загрузки—разгрузки, две—в зоне действия дробебетных головок. Стол поворачивается на угол 120°

Диаметр стола 3,2 м; диаметр тарелок 1,3 м; максимальные габаритные размеры отливков 0,9×0,9×0,6 м; наибольшая вместимость одной тарелки 0,53 т; время одного цикла очистки без кантования отливков 1—5 мин; число дробебетных головок 2

### Дробебетно-дробеструйная камера ДК-10М

Камера периодического действия, предназначена для очистки крупных отливок, которые загружают на тележку, закрываемую на поворотный круг камеры. Закрывают двери камеры, включают поворотный круг и дробебетные аппараты. После очистки проверяют качество обработанных поверхностей (при необходимости производят дополнительную очистку). Дробь и отходы через отверстия в полу камеры поступают в бункер, из которого шнековым транспортером подаются в элеватор, а затем в сепаратор. Очищенная дробь попадает в дробебетные аппараты. Специальная блокировка исключает включение дробебетных аппаратов при открытых дверях камеры

Наибольшие размеры отливок (по диагонали и высоте) 2,5××1,0 м; наибольшая масса отливков 3,0 т; диаметр поворотного круга 2,0 м; частота вращения круга 0,9 об/мин; грузоподъемность тележки 3,0 т; длина и ширина грузовой площадки тележки 1,8 м; скорость передвижения тележки 9,3 м/мин; количество аппаратов 1 дробебетный+2 дробебетструйный

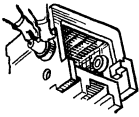
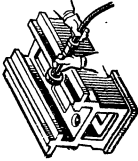
### Дробебетно-дробеструйная камера 372М

Назначение и принцип действия те же

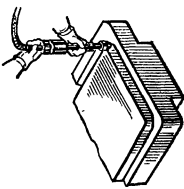
Внутренние размеры камеры 3,8×3,8×2,25 м; наибольшая масса отливок 3 т; диаметр поворотного круга 2,5 м; производительность 5 т/ч; количество аппаратов 3 дробебетных+1 дробебетструйный

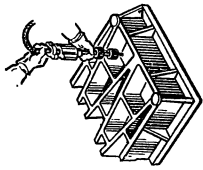
Назначение и принцип действия	Техническая характеристика
<b>Дробебетная камера 374С</b>	
То же. Камера челночного типа	Внутренние размеры камеры 9,0×4,5; наибольшая масса отливок 12 т; диаметр поворотного круга 3,5 м; производительность 4 т/ч; количество аппаратов 10 (дробебетных)
<b>Дробебетная камера 42612</b>	
То же, Камера проходная	Внутренние размеры камеры 4,5×4,5; наибольшая масса отливки 6 т; диаметр поворотного круга 3,2 м; производительность 7,4 т/ч; количество аппаратов 2 (дробебетных)
<b>Дробебетная камера 375С</b>	
Камера проходного типа непрерывного действия с подвесным цепным конвейером и вращающимися в зоне очистки подвесками. Загрузка и разгрузка конвейеров производятся вне зоны действия дробебетных аппаратов	Производительность 100 подвесок/ч; наибольшие габаритные размеры отливок 0,6×0,6×0,7 м; число дробебетных аппаратов 6; скорость движения конвейера 9,6 м/мин; частота вращения подвесок в зоне очистки 16 об/мин; время выдержки отливок под потоком дробы до 15 мин
<b>Дробебетная камера 376</b>	
Аналогична дробебетной камере модели 375С, но предназначена для очистки отливок массой до 0,32 т. Выпускают несколько модификаций, отличающихся числом дробебетных аппаратов 3, 6, 9 или 12	Максимальная производительность при соответствующем числе дробебетных аппаратов 27, 50, 70, 90 подвесок/ч
<b>Дробебетная камера 378</b>	
Аналогична предыдущим моделям, но предназначена для отливок массой до 1,25 т. Выпускают несколько модификаций, отличающихся числом дробебетных аппаратов 6, 9 или 12	Максимальная производительность при соответствующем числе дробебетных аппаратов 14, 19, 23 подвесок

### 8.11. Выбор типа пневматических шлифовальных машинок и абразивов для зачистки отливок

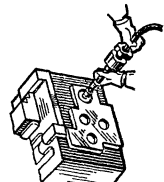
	Графическое изображение выполняемых операций	Шлифовальная машинка				Применяемый абразив			
		Тип и модель	Мощность, кВт	Давление воздуха в сети, кПа	Частота вращения при рабочем ходе, об/мин	Краткая техническая характеристика	обозначение	допускаемый износ абразива	
									по диаметру, мм
Расположение мест, подлежащих заточке		Торцовая ИП-2203	1,30	500	3400	4,3	ПВ 125×50× ×32	90	28
На наружных и внутренних необработываемых черных поверхностях, легкодоступных для подвода шлифовальных машинок с абразивами		Радиальная ИП-2014А	1,30	500	4500	6,0	ПП 150×25× ×32	80	—

Продолжение табл. 8.11

	Графическое изображение выполняемых операций	Шлифовальная машинка				Применяемый абразив			
		Тип и модель	Краткая техническая характеристика			обозначение	допускаемый износ абразива		
			мощность, кВт	давление воздуха в сети, кПа	частота вращения при рабочем ходе, об/мин		масса без шлифовального круга, кг	по диаметру, мм	по высоте, мм
Расположение мест, подлежащих заточке									
В выемках, углублениях, заходах на наружных и внутренних необрабатываемых поверхностях		Радиальная ИП-2015 Радиальная ИП-2009А	0,75 0,45	500 600	4500 9000	3,5 1,9	ПВ 60×50×20 ПВ 40×40×13	40 22	25 26

	Графическое изображение выполняемых операций	Шлифовальная машинка				Применяемый абразив							
		Тип и модель	Краткая техническая характеристика	обозначение		по диаметру, мм	по высоте, мм						
Расположение мест, подлежащих заточке		Торцовая ИП-2203 Радиальная ИП-2014А Радиальная ИП-2015	Мощность, кВт	Давление воздуха в сети, кПа	Частота вращения при рабочем ходе об/мин	Масса без шлифовального круга, кг							
По торцам ребер, петель, кронштейнов							1,30	500	3400	4,3	ПВ 125×50× ×32	90	28
							1,30	500	4500	6,0	ПП 150×25× ×32	80	—
	0,75	600	3600	3,5	ПВ 40×40× ×13	22	26						

Продолжение табл. 8.1

	Графическое изображение выполняемых операций	Шлифовальная машина				Применяемый абразив			
		Тип и модель	Краткая техническая характеристика			обозначение	допускаемый износ абразива		
			Мощность, кВт	давление воздуха в сети, кПа	частота вращения при рабочем ходе, об/мин			Масса без шлифовального круга, кг	
Расположение мест, подлежащих заточке					по диаметру, мм	по высоте, мм			
В окнах и отверстиях или со стороны прямоугольника до 200 мм, расположенных на внутренних поверхностях отливок		Радialная ИП-2009А	0,45	600	9000	1,9	ГЦ 20×32× ×6	12	20
		Радialная ИП-2014А	1,30	500	4500	6,0	ПП 150×25× ×32	40	25
То же, но со стороны прямоугольника более 200 мм		Радialная ИП-2009А	0,45	600	9000	1,9	ПВ 40×40× ×13	22	26
		Радialная ИП-2015	0,75	500	4500	3,5	ПВ 60×50× ×20	40	25

Примечание. Характеристика абразивов: зерно № 50—80, твердость СТ3, СТ2, СТ1.

периодического действия, дробеметные столы (рис. 8.4), проходные камеры и комплексно-механизированные линии, на которых кроме очистки выполняют окраску и сушку отливок.

При очистке труднодоступных полостей средних и крупных отливок используют дробеструйные аппараты, имеющие специальный шланг с соплом. В некоторых случаях применяют установки виброабразивной или электрохимической очистки отливок. Эти способы очистки отливок применяют реже. Некоторые отливки очищают в галтовочных барабанах.

#### 8.4. Обрубка и зачистка отливок

Одной из наиболее тяжелых и трудоемких технологических операций в литейном производстве является обрубка и зачистка отливок. При обрубке от отливок отделяют элементы литнико-

#### 8.12. Техническая характеристика пневматических шлифовальных ручных машин

Модель	Максимальный диаметр шлифовального круга, мм	Частота вращения шпинделя, об/мин		Максимальная мощность на шпинделе, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса без шлифовального круга, кг
		на холостом ходу	под нагрузкой			

##### Прямые

ПШ-1М	6	9000	—	0,06	∅ 47×185	0,32
ПШТ-3	12	25000	—	0,03	∅ 82×400	1,2
ИП-2009А	63	12700	9000	0,45	400×80×65	1,9
ИП-2013	63	12700	9500	0,45	490×75×62	2,5
ИП-2015	100	7600	4500	0,75	510×115×93	3,5
ИП-2014А	150	5100	4500	1,30	565×164×127	6,0

##### Торцовые

ИП-2203	125	4580	3400	1,30	320×150×200	4,3
ШРТМ	150	3500	—	1,2	320×180×205	7,5
ИП-2204А	175	8500	7000	1,5	275×250×215	4,5
ИП-22006	225	6500	6000	1,7	305×270×235	5,6

##### Угловые

ИП-2102	175	8500	7000	1,5	362×260×175	4,6
ИП-2103	225	6500	6000	1,7	365×300×200	7
УЗМ-100	100	—	4500	0,4	280×105×73	1,5
УЗМ-150	150	—	3200	0,6	370×157×82	2,7
УЗМ-200	200	—	2400	1,0	388×208×90	3,2

### 8.13. Техническая характеристика электрических шлифовальных ручных машин

Модель	Диаметр шлифовального круга, мм	Частота вращения шпинделя, об/мин	тип	Электродвигатель				Габаритные размеры, кг	Масса (без кабеля и круга), кг
				потребляемая мощность, Вт	частота вращения ротора, об/мин	напряжение, В	частота тока, Гц		
<b>Прямые</b>									
ИЭ-2002	150	3160	Асинхронный с короткозамкнутым ротором	800	11 600	36	200	585×166×158	5,2
ИЭ-2003	200	2750	То же	400	2750	220	50	480×247×214	9,5
ИЭ-2004А	150	3800	АП-33А	800	11 600	36	200	585×166×158	5,5
ИЭ-2005	100	5450	Однофазный коллекторный	400	—	220	50	533×122×112	4,75
ИЭ-2006А*	125	11 700	АП-43М	1600	11 700	36	200	590×140×125	7,5
ИЭ-2007	40	19 000	Однофазный коллекторный	600	—	220	50	590×100×82	3,0
ИЭ-2008	63	12 000	То же	600	—	220	50	576×86×86	3,8
<b>Угловые</b>									
ИЭ-2102А*	225	6800	АП-43А	1600	11 700	36	200	467×288×184	8,2
ИЭ-2103А*	175	8500	АП-43А	1600	11 700	36	200	467×262×184	8,0

Примечание. \* Окружная скорость круга 80 м/с.

### 8.14. Стационарные обдирочно-шлифовальные станки

Модель	Диаметр шлифовального круга, мм	Окружная скорость шлифовального круга, м/с
ЗМ636 (стационарный двустороннего исполнения)	600	27—32
З437П (стационарный правого и левого исполнения)	750	50
З435	500	50
З436	600	50
З374К (подвесной)	400	40
ЗА382 (с гибким валом)	200	—

вой системы, заливы по разьему формы, контуру знаков и в окнах, а также всевозможные неровности поверхностей отливок. Обрубку выполняют пневматическими молотками с использованием зубил. Для удаления заливок применяют воздушно-дуговую резку. При резке металл расплавляется электрической дугой и удаляется направленной струей сжатого воздуха. При изготовлении отливок из цветных сплавов для обрезки выпоров литников используют ленточные пилы моделей ЛС80, ЛС70-3, ЛС70-2, ЛС70-1 и дисковые пилы.

Зачистку отливок выполняют шлифовальными машинками (табл. 8.11) и другим обдирочно-шлифовальным оборудованием

### 8.15. Линии для зачистки отливок

Линия	Производительность, отливок/ч	Частота вращения шпинделей шлифовальных головок, об/мин	Время обработки отливков, с	Число стальных дисков (или шлифовальных головок)	Загрузка отливок	Выгрузка отливок
И694 (полуавтоматическая)	32	—	90	1 (8)	Вручную	Автоматически
Автоматическая (конструкция НИИ тракторосельмаш)	50	1450	—	—	Автоматически	

(табл. 8.12, 8.13). Для зачистки мелких отливок применяют стационарные обдирочно-шлифовальные станки одно- и двустороннего исполнения (табл. 8.14). В некоторых случаях для зачистки крупных отливок используют подвесные обдирочно-шлифовальные станки. Прибыли и литники мелких и средних отливок удаляют на механических отрезных станках или газовой резкой. В условиях массового производства для зачистки отливок средних размеров применяют полуавтоматические и автоматические линии (табл. 8.15).

### 8.5. Грунтование отливок

Перед отправкой потребителю отливки грунтуют, чтобы защитить их поверхности от коррозии. Продолжительность защитного действия грунтовки зависит от условий хранения отливок; при хранении отливок в помещениях склада срок действия грунтовки 25—30 дн., при хранении отливок на открытых площадках склада точечная коррозия появляется уже на 5—15-й день в зависимости от влажности атмосферы. Если срок защитного действия грунтовки истек, то перед окончательным нанесением лакокрасочных покрытий (табл. 8.16) отливку вновь очищают и грунтуют.

Лакокрасочные материалы перемешивают в краскомешалках, в которые поочередно заливают грунтовку, растворитель (уайт-спирит, ксилол или сольвент каменноугольный), сиккатив. Затем перемешанные и доведенные до рабочей вязкости грунтовки разливают в тару и развозят по рабочим местам. На рабочих местах в краскомешалках меньшей вместимости грунтовки непрерывно перемешиваются, чтобы предотвратить образование осадка. Наиболее прогрессивным способом приготовления и использования грунтовок на рабочих местах является процесс механизированного приготовления и раздачи их по рабочим местам трубопроводом. Грунтовка постоянно циркулирует по замкнутой системе, что исключает расслоение их компонентов и сокращает трудоемкость приготовления и раздачи.

Перед грунтованием поверхности очищают от грязи, песка, пыли и графитовых налетов, из карманов и камер отливок удаляют дробь. Промывают и обезжиривают отливки в уайт-спирите или в щелочном растворе (состав, г/л: едкий натр—10, тринатрийфосфат—15, жидкое стекло—4). После промывки в уайт-спирите отливки сушат 15—30 мин на воздухе при комнатной температуре.

Промывку отливок в щелочном растворе выполняют так: обезжиривают их 2—3 мин струйным методом при  $t = 70 \div 80^\circ\text{C}$ , дважды промывают горячей водой при  $t = 80^\circ\text{C}$  в течение 1—2

### 8.16. Основные лакокрасочные материалы

Материал	Назначение	Применяемый растворитель	Рабочая вязкость при 18÷23 °С	
			для кисти	для краскораспылителя
Грунтовки ГФ-020, ГФ-032	Грунтование отливок обычного назначения	Ксилол, соль- вент каменно- угольный или смесь одного из них с уайт-спиритом в соотношении 1:1	22—30	18—24
Грунтовка ФЛ-03к	Грунтование отливок, работающих в тропических условиях	То же	22—25	18—20
Грунтовка ФЛ-086	Грунтование отливок из алюминиевых сплавов и стали, работающих при температуре до 200 °С	Ксилол или смесь ксилола с уайт-спиритом в соотношении 1:1	—	14—16
Битумный лак БТ-577	Временное защитное покрытие отливок из черных сплавов, подвергающихся термообработке (при термообработке выгорает)	Уайт-спирит, ксилол, соль- вент каменноугольный	20—24	20—25

Примечания: 1. Перед грунтованием в состав грунтовок ФЛ-03к и ФЛ-086 вводят 4% (от массы грунтовки) сиккатива № 63 или № 64. 2. Сольвент каменноугольный и ксилол применяют для обезжиривания и промывки отливок.

мин (сушка искусственная при  $t=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Отливки промывают и обезжиривают в моечной машине (отливки массой до 1200 кг) или кистью.

Слой грунтовки наносят краскораспылителем (О-45, А-31), кистью или окунаем (отливки массой до 20 кг), а также в камерах проходного или тупикового типа и на подвесных конвейерах. Сушат слой грунтовки на стеллажах (естественная сушка:  $t=18\div 23\text{ }^{\circ}\text{C}$ , продолжительность 48 ч—для грунтовок ГФ-020,

ГФ-032, 24 ч—для грунтовок ФЛ-03к, ФЛ-086) и сушильных камерах проходного или тупикового типа (искусственная сушка:  $t = 18 \div 23$  °С, продолжительность 40—45 мин).

Для грунтования отливок применяют также установки безвоздушного нанесения (УБР), принцип действия которых основан на создании высокого давления над поверхностью грунтовок в специальном устройстве. К основным преимуществам этого способа грунтования отливок по сравнению с пневматическим относят сокращение расхода грунтовок до 25 %, уменьшение потребной мощности вентиляционной системы и возможность окраски отливок вне камер, повышение производительности труда,

## **9. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК**

### **9.1. Технический контроль**

Контроль за качеством выпускаемых отливок осуществляет отдел технического контроля (ОТК). Работа контролеров ОТК, как правило, специализирована и каждое подразделение отдела выполняет строго определенные функции, к которым относят:

контроль качества изготовления и эксплуатационного состояния технической оснастки;

контроль качества изготовления модельных комплектов;

входной контроль качества основных и вспомогательных материалов;

выборочный пооперационный контроль исполнения технологического процесса;

контроль качества готовых отливок.

За исключением контроля качества готовых отливок, перечисленные выше функции ОТК строго не регламентированы и определяются внутренней структурой производства, различными инструкциями и положениями.

Основанием для контроля качества готовых отливок (табл. 9.1, 9.2) служат ГОСТы, действующие технические условия, чертежи на отливку со специальными конструктивными и технологическими требованиями к ней.

## 9.1. Виды контроля отливок

Характеристика контроля	Периодичность контроля
-------------------------	------------------------

### Контроль размерной точности

Отливки проверяют на соответствие их чертежу. Контроль выполняют на плите линейкой, штангенциркулем, рейсмусом, циркулем, шаблонами и другим инструментом

Проверяют каждую первую партию отливок после смены модельного комплекта, периодичность контроля последующих партий устанавливают исходя из конкретных условий производства (материала модели, серийности заказа, массы отливки и т. д.)

### Контроль внешнего вида качества поверхности отливок. Выявление дефектов

Контроль выполняют визуально на соответствие отливок техническим условиям; в некоторых случаях (при серийном и массовом производстве) — с использованием отливки-эталона; шероховатость поверхности определяют по специальным образцам. Дефекты отливок выявляют выборочной механической обработкой, магнитной дефектоскопией, рентгеновским способом контроля и др.

Периодичность контроля устанавливают в соответствии с техническими условиями отрасли или технологическими инструкциями предприятия. Из крупных отливок проверяют каждую, мелкие и средние — выборочно (30—70% их объема)

### Контроль механических свойств

Прочность отливок определяют по специальным отлитым образцам, приливам отливок и вырезанным из отливок образцам. Твердость определяют на отливке и в некоторых случаях на образцах, вырезанных из отливки

На прочность проверяют каждую партию отливок, на твердость — каждую крупную отливку, средние и мелкие отливки контролируют выборочно в соответствии с технологическими инструкциями

### Контроль микроструктуры

Микроструктуру отливок проверяют по стандартным образцам-приливам и по вырезанным из отливок образцам. Из образцов изготавливают шлифы

Контролю подвергают все ответственные отливки, отливки общего назначения проверяют выборочно в соответствии с технологической инструкцией

Характеристика контроля	Периодичность контроля
-------------------------	------------------------

### Контроль химического состава

Отлитые образцы или стружку отливки проверяют в лаборатории методом химического или спектрального анализа	Проверяют каждую партию отливок
---	---------------------------------

### Контроль на гидропроницаемость

Испытание проводят на стендах. В испытываемую полость наливают жидкость (воду, керосин) до требуемого уровня. Места течи определяют визуально. Отливки, работающие под давлением, испытываются после механической обработки	Проверяют каждую отливку, если требуется по техническим условиям
---	--

### Контроль на соответствие отливки специальным конструкторским и технологическим требованиям

Проверяют точность некоторых геометрических размеров (например, мест сопряжения); наличие специальных транспортировочных скоб, цапф, рым-болтов, а также технологических приливов, перемычек, напусков; контролируют покрытие отливок специальными грунтами, их жаростойкость и другие параметры. Основанием для контроля является чертеж литой детали	Проверяют каждую крупную отливку, средние и мелкие отливки выборочно в соответствии с техническими условиями и технологическими инструкциями предприятия
--	--

### Контроль массы

Отливки взвешивают после проверки их на геометрическую точность	Периодичность контроля устанавливают в соответствии с техническими условиями отрасли
---	--

## 9.2. Неразрушающие методы контроля отливок из магнитных металлов и их сравнительная оценка

Основные варианты методов неразрушающего контроля	Целесообразность метода контроля по видам дефектов					
	рубцы	поверхностные трещины	внутренние трещины	пористость	внутренние пустоты	отклонения по толщине

### Методы проникающей радиации

Рентгенография	—	+*	—	—	—	+
Рентгеноскопия	+	—	+	+	+	—
Радиоактивные изотопы	—	+*	—	—	—	+

### Ультразвуковые методы

Контактный эхо-метод:						
нормальное излучение	+	—	+	+	+	+
сдвиговые волны	+	+	+	+	+	+
поверхностные волны	+	—	—	—	—	—
Иммерсионный эхо-метод:						
нормальное излучение	+	—	+	+	—	—
наклонное излучение	+	+	+	+	—	—
поверхностные волны	—	+	—	—	—	—
Метод:						
теневого	+	—	+	+	—	—
резонансный	—	—	—	+	+	—
собственной частоты	—	+	+	—	—	—

### Магнитно-порошковые методы

Метод при переменном токе:						
мокрый	+	+	—	—	—	—
сухой	+	+	—	—	—	—
Метод при постоянном токе:						
мокрый	—	—	+	—	+	—
сухой	—	—	+	+	+	—

### Электромагнитные методы

Метод:						
вихревых токов	+	+	+	—	—	+
магнитного поля	+	+	+	+	+	+
определения полей рассеяния (феррозондовый)	+	+	—	+	—	—
на постоянном токе	—	+	—	—	+	+

Основные варианты методов неразрушающего контроля	Целесообразность метода контроля по видам дефектов					
	рубцы	поверхностные трещины	внутренние трещины	пористость	внутренние пустоты	отклонения по толщине

### Методы проникающих жидкостей

Метод:						
проникающих красителей	+	+	-	+	-	-
люминесцентных проникающих жидкостей	+	+	-	-	-	-

Примечания: 1. Знаком «+» отмечена целесообразность выявления дефекта соответствующим методом, знаком «-» нецелесообразность. 2. Знаком «\*» помечена эффективность метода контроля при условии, если луч направлен параллельно трещине.

### 9.2. Дефекты отливок

Дефекты отливок подразделяют на четыре группы (табл. 9.3). Способ исправления их выбирают в зависимости от вида и характера дефекта. Например, некоторые отклонения отливок по геометрии, пригар, залив и другие дефекты исправляют дополнительной обрубкой, очисткой, зачисткой и механической обработкой. К наиболее сложным способам исправления (табл. 9.4) отливок относят сварку.

**Учет и анализ брака.** Заключительной операцией контроля отливок является приемка. При приемке качество готовых отливок оценивают по точности размеров, шероховатости, механическим свойствам (прочности, твердости), макро- и микроструктуре, специальным (магнитным, теплопроводности, электропроводности), химическим (коррозионной стойкости) и специальным технологическим (жаропрочности, жаростойкости) свойствам. Объем требований к качеству металла определяется стандартом или ТУ. Требования, не предусмотренные стандартом, вводят в ТУ по согласованию с заказчиком. Отливки принимают технические контролеры в соответствии с чертежом, литейной технологией и стандартом предприятия.

Механические свойства контролируют на выбранных деталях по пробам. По результатам контроля составляют заключение о качестве всей партии. Принятую годную продукцию отправ-

### 9.3. Группы дефектов

Вид дефекта	Отличительные признаки дефекта	Основные причины возникновения
-------------	--------------------------------	--------------------------------

#### Дефекты поверхности

Повышенная шероховатость; пригар; поверхностное окисление; ужимы; спай; заливы, нарост	Грубая (шероховатая) поверхность, сквозные или поверхностные с закругленными краями щели в теле отливки, канавки или впадины на плоскостях, образованные прослойкой формовочного материала и прикрытые слоем металла, различные по величине и расположению ребра, выступы, приливы, не предусмотренные чертежом	Несоблюдение технологии приготовления формовочных и стержневых смесей, технологии изготовления форм и стержней, низкая температура расплава, малая скорость заливки форм
--	---	--

#### Дефекты размеров, форм и массы

Недолив; сдвиг; разностенность; коробление; вылом; подутость; перекос и др.	Произвольные формообразования на отливке, полученные в результате искажения геометрии модельного комплекта, формы и стержня	Понижение жидкотекучести сплава, недостаточный напор и малая порция расплава, утечка расплава из формы, затрудненная усадка отливки. Плохое состояние технологической оснастки и др.
---	---	--

#### Дефекты тела отливок

Трещины: горячие, холодные; раковины: газовые, песчаные, усадочные, шлаковые; вскип	Сквозные или несквозные разрывы в теле отливки, имеющие окисленные и неокисленные поверхности; открытые или закрытые полости в теле отливки, заполненные неметаллическими включениями	Нетехнологичность конструкции отливки, недостаточная податливость стержней, отклонение расплава от химического состава, ранняя выбивка отливки из форм, недостаточное питание отливки при охлаждении, слабое или неравномерное уплотнение форм, стержней, плохая вентиляция
---	---	---

Вид дефекта	Отличительные признаки дефекта	Основные причины возникновения
-------------	--------------------------------	--------------------------------

## Дефекты материалов

Несоответствие по химическому составу; несоответствие по структуре; несоответствие по механическим свойствам; несоответствие по специальным свойствам	Повышенное или пониженное по сравнению с заданным содержание химических элементов, отклонение по величине, форме, строению или распределению в сплаве, структурных составляющих, пониженные по отношению к норме механические показатели; наличие твердых мест в отливке, не поддающихся механической обработке	Неправильно назначен или исполнен технологический процесс изготовления отливки (отсутствие холодильников, питающих бобышек, прибылей и т. д.). Неправильная шихтовка, не соблюдается технология плавки и др.
---	---	--

## 9.4. Способ исправления дефектов

Характеристика	Назначение
----------------	------------

## Дуговая сварка

При горячей сварке дефектное место тщательно разделяют до полного удаления пораженного слоя металла. Отливку нагревают в печи, газовом горне или переносной газовой горелкой до  $t = 350 \div 700$  °С. Объем раковины заполняют наплавляемым металлом (должен быть близким по химическому составу к материалу отливки). Наплавляемый металл поддерживают некоторое время в жидком состоянии, чтобы выравнить химический состав и удалить неметаллические включения. После сварки отливку или дефектное место вновь нагревают до первоначальной температуры и затем медленно охлаждают

Исправляют (до механической обработки) сквозные дефекты стенок отливок, испытывающих динамические нагрузки; неплотности стенок резервуаров с рабочим давлением более 600 кПа, дефекты обрабатываемых поверхностей, работающих на трение и износ. После механической обработки (шабровки, шлифования или чистовой обработки резцом) исправляют дефекты любых поверхностей

Характеристика	Назначение
<p>Холодную сварку выполняют без нагрева с предварительной тщательной подготовкой и разделкой пораженного места отливки. Наплавка металла — однослойная или многослойная валиками, по необходимости с подчеканкой</p>	<p>Исправляют дефекты неотвественных мест отливки, испытывающих механические нагрузки, отливки, имеющие несквозные и сквозные трещины в жестких сечениях; дефекты стенок резервуаров с рабочим давлением до 600 кПа; несквозные дефекты средних и больших размеров на обрабатываемых нерабочих местах отливки (неподвижные сопряжения, места, определяющие внешний вид, и др.)</p>

#### Газопламенная наплавка

В качестве горючего газа используют ацетилен, природный газ, пропан-бутан. Присадочный материал должен быть близким по составу к основному металлу отливки. В необходимых случаях отливку или ее часть нагревают в печи, горне. Местный нагрев выполняют пламенем сварочной горелки

Исправляют сквозные дефекты стенок отливок, испытывающих динамические нагрузки; неплотности стенок резервуаров с рабочим давлением более 600 кПа; несквозные и сквозные дефекты крупных размеров на обрабатываемых нерабочих местах отливки; любые дефекты на поверхностях отливки; подвергающиеся шлифовке, шлифовке, чистовой обработке резцом, поверхностной закалке

#### Сварка-пайка

Сварку-пайку выполняют с предварительным местным нагревом поверхности отливки до  $t = 300 \div 400$  °С или без нагрева. Нагревают отливку пламенем сварочной горелки или индукционными токами промышленной частоты. Дефектное место отливки тщательно разделяют до полного удаления пораженного слоя металла. Заваренное место засыпают сухой землей или накрывают асбестом, чтобы снизить скорость охлаждения. При необходимости исправленную отливку вторично нагревают до  $t = 350 \div 450$  °С с последующим охлаждением

Исправляют отдельно расположенные раковины небольших размеров на механически обработанных поверхностях отливки, а также раковины средних размеров отливок сложной конфигурации

Характеристика	Назначение
----------------	------------

### Заделка раковин пробками

Раковину рассверливают до минимально допустимого размера, нарезают в отверстие резьбу и ввертывают металлическую вставку, которую заваривают или чеканят. Затем обрабатывают вставку заподлицо с телом отливки

Исправляют отдельно расположенные раковины мелких размеров

### Заделка замазками, мастиками и пастами

Дефектное место вырубают или высверливают. Обработанную поверхность обезжиривают уайт-спиритом (или растворителем) и сушат. Замазку, мастику или пасту наносят шпателем. После затвердевания замазки, мастики или пасты исправленное место зачищают слесарной пилой, наждачным кругом, шкуркой, обдувают сжатым воздухом и грунтуют. Широко применяют замазки на основе эпоксидной смолы. Состав пасты: 35—48% жидкого стекла; 35—50% маршаллита; 0—10% графита; 0—7% порошка марок ПЖМ или ПЖСМ; 5—7% шлака феррохромового

Заделывают ужимины, несквозные раковины на нерабочих поверхностях и поры глубиной не более  $\frac{1}{3}$  толщины стенки

### Пропитка

В поры отливки под давлением 2500—3000 кПа запрессовывают бакелитовый лак и сушат его 40—48 ч при комнатной температуре и 2—3 ч при  $t = 170 \div 180$  °С. Поры заделывают также погружением отливки в соляной, аммиачный раствор и жидкое стекло. Отливки пропитывают 5—10 ч

Устраняют поры в каналах отливки, подвергающихся гидравлическим испытаниям

ляют на склад с сопроводительным талоном качества. Брак классифицируют по видам.

Химический состав каждой плавки проверяют по свидетельствам ЦЗЛ и сравнивают со стандартом предприятия.

Размеры отливок проверяют в зависимости от их назначения и масштабов производства. Для этого размечают только первые или несколько отливок из партии, или все отливки. На принятую продукцию обязательно ставят клеймо ОТК.

Каждая партия отливок должна сопровождаться документом — актом, сертификатом.

К отливкам из чугуна предъявляют следующие требования. Их поверхность не должна иметь пригара, механических повреждений и дефектов, снижающих прочность и ухудшающих товарный вид. Площадь дефектов на необрабатываемых поверхностях (раковин, засоров и др.) не должна быть больше установленной по технической инструкции. Допускаются остатки металлизированного пригара в углах, карманах и других труднодоступных для очистки местах, если это не влияет на качество детали. На обрабатываемых поверхностях не допускаются дефекты, превышающие припуск на обработку резанием.

Для организации работ по устранению брака ОТК должно иметь систематизированные сведения о видах брака, причинах и виновниках. Брак оформляют соответствующими документами — извещениями о браке. При этом определяют процент брака по отдельным причинам (общий брак принимают за 100 %).

В целях систематической работы по повышению качества отливок в цехе организуют площадку брака. На площадке брака собирают все бракованные отливки, изготовленные за смену или сутки. Ежедневно в присутствии технического руководства цеха, начальников смен, участков, мастеров и представителей ОТК производят анализ брака.

Целями анализа являются своевременное и полное выявление всех случаев появления брака; эффективная борьба с браком путем выявления бракованных деталей, а также операций где процент брака значителен; выявление конкретных виновников для принятия мер по усилению ответственности, материальному возмещению убытков за счет виновников для укрепления дисциплины среди работающих; получение информации о недостатках в работе производственных участков, машин, агрегатов для принятия соответствующих мер; получение статистических материалов для составления месячных, годовых и квартальных отчетов по качеству продукции.

Брак может возникнуть по техническим или организационным причинам. Техническими причинами считают наличие ошибок и неточностей в чертежах или ТУ, неправильно выбранный

технологический процесс получения отливок, неправильную эксплуатацию оборудования и т. п. К организационным причинам относят неправильный инструктаж, низкую квалификацию рабочих, нарушение технологической дисциплины, сроков снабжения материалами и т. п.

Правильно и своевременно определить причину брака важно для устранения самой причины. Работа затрудняется при появлении одного вида брака по нескольким причинам. Замеченный на любой операции брак должен быть изолирован и рассортирован на исправимый и неисправимый. Чтобы уменьшить брак, необходимо более широко контролировать все операции технологического цикла.

Причины брака подразделяют на систематические и случайные. К систематическим относят износ и ослабление крепления оснастки и др. Они могут быть устранены профилактическими мероприятиями и периодическим контролем. К случайным относят внезапные (непредвиденные) изменения температуры, влажности, ошибки измерений (выход из строя контрольных средств) и т. п.

На отливки, впервые изготовленные в цехе, оформляют акт проверки их качества.

Статистические методы контроля включают в себя статистическое регулирование технологических процессов и статистический приемочный контроль.

Статистическое регулирование основано на исследовании точности и стабильности технологических процессов. При этом изучают основные закономерности протекания технологических процессов, устанавливают причины получения некачественной продукции, связь между значениями параметров технологического процесса и качеством отливки. Например, связь между химическим составом, температурой металла и качеством заполнения формы или связь между газопроницаемостью и влажностью формовочной смеси и образованием газовых раковин в отливках. Это позволяет определить такие значения параметров технологического процесса, при которых отливки не имеют дефектов, а также отклонения значений параметров, при которых брак неизбежен. Использование методов математической статистики позволяет предсказать вероятность появления отклонений параметров технологического процесса и появления брака. Заведомо осуществляя корректировку параметров технологического процесса, можно предотвратить появление брака.

Статистический приемочный контроль позволяет значительно сократить время на приемку продукции заданного качества. Такой контроль проводят при изготовлении отливок в массовом и крупносерийном производстве. Статистика помогает обнару-

жить источники и виды ошибок в производственном процессе.

Приемочный статистический контроль проводят различными способами:

1. Из партии выбирают  $k_1$  изделий. Если среди них не более определенного числа дефектных отливок, то принимают всю партию.

2. Из партии выбирают  $k_1$  изделий. Если все выбранные  $k_1$  изделия годны, всю партию принимают. Если оказывается, что одно изделие в выборке бракованное, отбирают еще  $k_1$  изделий. Если брак не обнаруживается, всю партию принимают, если во второй выборке обнаруживают еще одно бракованное изделие, то всю партию бракуют.

3. Предположим, что годность изделия определяется размером  $x$ , который не должен превышать значения  $a$ . Из партии выбирают  $k_1$  изделий, например 5 шт. Для них определяют среднее значение размера  $\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_5/5)$ . Партия принимается, если  $\bar{x} - a < 2,5s$ , где  $s = \sqrt{\frac{\sum_1^5 (x_i - \bar{x})^2}{5}}$  — дисперсия размера  $x$ .

Забракованные партии могут быть направлены на сплошной контроль, чтобы установить все дефекты, или на переплавку как неисправимый брак. Объем выборки в случае трудоемкого контроля, а также при использовании разрушающих методов контроля стремятся принять минимальным. Но для повышения надежности контроля объем выборки нужно увеличить. Если принятый объем выборки показывает высокое качество изделий, допускается использовать так называемые облегченные методы контроля с меньшим числом контролируемых отливок. По результатам выборочного контроля ведется анализ показателей качества, определяется комплекс мероприятий для повышения качества продукции.

Статистический анализ отдельных операций технологического процесса, состояния оборудования, качества отливок направлен на регулирование процесса в целом и на своевременное обнаружение начала нарушения процесса и ухудшения качества продукции.

Статистические методы контроля могут быть использованы в массовом производстве (реже в серийном и мелкосерийном). Для каждого типа производства размер партий отливок является определенным и зависит от типа производства, характеристики отливок и т. п.

Производственный персонал должен быть предварительно проинформирован о введении статистических методов контроля, о их сущности, задачах, формах взаимоотношений между контро-

лером и рабочим. Необходимо правильно разработать техническую документацию, т. е. выбрать объем выборки и периодичность проверки. Если технологический процесс нестабилен, контролируют большее число отливок.

При использовании диаграммного метода текущего контроля устанавливают объем выборки, контрольные границы которой более узкие, чем для всей партии. Значения контролируемых характеристик, выходящие за эти границы, сигнализируют о вероятности изготовления в ближайшем времени некачественной продукции. Контролер обязан подать сигнал об этом нарушении и проверить всю партию изделий.

При обнаружении брака контролер обязан выписать извещение о браке, в котором цифрами указывает вид, причину, виновника брака, число забракованных деталей. Его подписывают старший контролер и производственный мастер. Брак из-за некачественных материалов должен быть заверен представителем бюро приемки, брак по вине цехов-поставщиков — контрольными мастерами и контролерами этих цехов.

Каждому контролеру ОТК выдают номерное клеймо, а каждому контролеру БТК — клеймо определенной конфигурации. Детали клеймят после проверки их контролерами и сортировки на годные и бракованные. Для клеймения последних существует единое для всех цехов клеймо «брак».

Место клеймения — участок отливки, который не подвергают в дальнейшем обработке резанием и окраске. Это определенное для отливки место указывают на чертежах и в инструкциях. Бракованные отливки клеймят в нескольких местах.

Мелкие отливки в массовом производстве не клеймят. Их укладывают в тару, на которую крепят ярлык, где и ставит свое клеймо контролер БТК литейного цеха.

Все извещения о браке за сутки должны поступать к учетчику при БТК, проверяющему правильность их оформления. После этого извещение о браке передают в бухгалтерию для учета стоимости бракованных отливок. Отрывные талоны извещения о браке являются контрольными и передаются в БТК и в планово-диспетчерское бюро цеха. Одновременно учетчик должен записать число бракованных отливок и их цифры в учетную карту брака по каждому изделию. Это позволяет анализировать брак по каждому типоразмеру отливок за любой период.

Оперативный разбор причин брака и анализ проводят на ежедневных совещаниях у начальника цеха совместно с БТК и технологическим бюро цеха. При обсуждении ведется протокол, в который заносят предполагаемые технологические мероприятия по предупреждению брака. Эти же мероприятия могут быть записаны на обороте извещения о браке, который остается

в БТК. Протокол подписывает начальник цеха или его заместитель. Подробный анализ проводят за декаду, месяц, квартал, год. Данные сравнивают с предыдущими периодами.

Потери от брака ежемесячно подсчитываются бухгалтерией, составляются и годовые сводки по литейным цехам. Учет и анализ брака позволяет оценить не только уровень культуры производства, но и качество работы БТК цеха.

Для регистрации режимов технологического процесса, проверки работы исполнителей и руководителей участка ведут журналы контроля технологического процесса. В них указывают массу отливок, размеры литниковой системы, тип формовочной смеси, холодильники, размеры прибылей, жеребеек, температуру заливки форм и другие параметры. На годную продукцию оформляют карту качества.

Чтобы выявить наиболее часто встречающиеся дефекты, систематически оформляют карту дефектов. На ней изображают несколько проекций отливки и условно обозначают появляющиеся дефекты. Отливка может быть разделена на ряд пронумерованных зон, что облегчает обработку результатов контроля. Затем карты обрабатывают—рассчитывают процентное содержание каждого вида дефектов в партии за определенный период времени.

### **9.3. Термическая обработка отливок**

Процесс термической обработки отливок заключается в их нагреве и охлаждении в определенном режиме. Термическая обработка литых деталей способствует улучшению структуры, повышению механических свойств сплавов, устранению коробления отливок за счет уменьшения внутренних напряжений.

Температурный режим зависит от назначения термообработки, вида сплава, характера и особенностей эксплуатации литой детали. В табл. 9.5 приведены режимы термической обработки стальных и чугунных отливок.

### 9.5 Режимы термической обработки

Материал	Температура нагрева, °C	Скорость нагрева, °C (не более) или продолжительность нагрева, ч (цифры, взятые в скобки)	Выдержка, ч	Примечание
----------	-------------------------	---	-------------	------------

#### Низкотемпературный отжиг

СЧ 35	620	100—150	2—4	Охлаждение медленное (10—50 °C/ч) вместе с печью. Выдержка зависит от толщины стенки. Применяют для снятия внутренних напряжений в отливках
СЧ 30	570	100—150	2—4	
СЧ 24	570	100—150	2—4	
СЧ 21	550	100—150	2—4	
СЧ 15	520	100—150	2—4	
Сталь	750— 780	120—150	2—8	

#### Графический отжиг

Ковкий чугун (ферритный)	950— 1050	(15—25)	25—30	При первой выдержке происходит разложение свободного цементита на аустенит и графит Промежуточное охлаждение в печи до $t = 760 \div 950^\circ\text{C}$ , чтобы предотвратить рост зерен
	—	—	3—4	
	720— 750	—	5—10	При второй выдержке графитизируется весь углерод. Охлаждение в печи или на воздухе до $t \leq 90^\circ\text{C}$ в течение 3—5 ч
Ковкий чугун (перлитный)	950— 1050	(15—25)	15—25	Охлаждение в печи или на воздухе до $t \leq 90^\circ\text{C}$ в течение 3—5 ч. Нагрев и выдержка зависят от толщины стенки

#### Высокотемпературный отжиг

Чугун	850— 950	В зависимости от конструкции и массы отливки	Медленное охлаждение с печью. Применяют для выравнивания и смягчения структуры отливки
Сталь	900— 1000		

Материал	Температура нагрева, °С	Скорость нагрева, °С (не более) или продолжительность нагрева, ч (цифры, взятые в скобки)	Выдержка, ч	Примечание
----------	-------------------------	---	-------------	------------

## Отпуск

Чугун	250—500	70—90	1—3	Охлаждение на воздухе. Применяют для снятия закалочных напряжений, повышения вязкости, пластичности и предела выносливости
Сталь	159—600	—	1,5—4	Охлаждение на воздухе. Назначение то же. Виды отпуска: низкий (150—200 °С), средний (300—400 °С), высокий (500—600 °С)

## Нормализация

Чугун	850—950	> 100	1—4	Охлаждение на воздухе. Применяют для исправления структуры, получения перлитной металлической основы, повышения механических свойств и износостойкости. Выдержка зависит от толщины стенок отливки и составляет примерно 1 ч на 25 мм
Сталь	800—850	> 100	2—3	Охлаждение на воздухе применяют для улучшения микроструктуры, уменьшения внутренних напряжений, повышения механических свойств

## 10. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ЛИТЬЕ В ПЕСЧАНЫЕ ФОРМЫ

### 10.1. Безопасность труда в смесеприготовительных отделениях

**Основные технологические операции.** В смесеприготовительном отделении производятся подготовка свежих исходных формовочных материалов, переработка выбитой из опок горелой смеси, регенерация отработанных смесей, а также приготовление формовочных и стержневых смесей и вспомогательных составов (противопригарных красок и др.). Операции смесеприготовительного отделения сопровождаются образованием пыли, тепла и водяных паров. Кварцевая пыль образуется при сушке песка и глины в сушильных печах, при размалывании и тонком измельчении глины и каменного угля в бегунах и мельницах, во время просеивания, пересыпки и транспортирования ленточными транспортерами и элеваторами выбитой из опок горелой смеси. Пыль и пары воды также выделяются при смешивании формовочных материалов в бегунах. Образование конвекционной и лучистой теплоты и выделение газов происходит при работе сушильных печей, из которых выгружают горячие материалы и смеси.

**Мероприятия по оздоровлению воздушной среды.** Снижение запыленности, газо- и парообразования до установленных санитарных норм осуществляется применением вентиляции, а также проведением комплекса профилактических мероприятий санитарно-технического характера. Все источники образования пыли (сушила для песка и глины, дробилки, мельницы, сита, бегуны, элеваторы и другие виды оборудования) снабжаются укрытиями и местной вытяжной вентиляцией. Выбрасываемый в атмосферу воздух проходит через пылеочистные устройства. Одновременно с этими мероприятиями в местах пересыпки формовочных материалов устанавливаются специальные пылеотсасывающие установки и в кожухах укрытий встраивают пеногенераторы. Плоский пеногенератор создает поток пены объемом 3 м<sup>3</sup>/мин на всю ширину ленты транспортера, что позволяет равномерно укрыть пеной поверхность источника пылеобразования и, следовательно, снизить концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны.

Снижению концентрации пыли в воздухе рабочих зон способствуют также системы пневмотранспорта формовочных материалов. Наиболее эффективной является всасывающая система пневмотранспорта с центробежным вентилятором в качестве побудителя тяги. Эта система исключает выделение пыли в воздушную среду цеха, так как ее трубопроводы находятся

под разрежением. Другим преимуществом пневмотранспорта является возможность его использования в качестве местной вытяжной вентиляции, а также для сепарации и охлаждения материалов.

Для улучшения условий труда в современных литейных цехах устраивают туннели. Размеры туннелей (высота 2,4 м, ширина рабочих мест у конвейеров не менее 0,8 м) обеспечивают свободные проходы, позволяют использовать ленточные конвейеры с широкими (800 мм и более) лентами, устанавливать механизированные затворы и сита под бункерами горелой смеси, оборудовать туннели приточно-вытяжной вентиляцией.

**Травматизм в смесеприготовительных отделениях.** Травмы (ушибы, ожоги, ранения рук и других частей тела) могут быть нанесены рабочим смесеприготовительных отделений при обслуживании технологического и транспортного оборудования, в случае зацепления или захвата спецодежды движущимися или вращающимися частями машин, на которых отсутствуют или ненадежно выполнены защитные ограждения, при случайном или самопроизвольном включении оборудования во время его наладки, осмотра, смазки, чистки и ремонта. В этом отношении особую опасность представляют бегуны, шкивы ленточных транспортеров, барабанные сита и разрыхлители стержневых смесей (дезинтеграторы).

Травмы рабочим-смесеприготовителям могут быть нанесены также в случаях, когда они сами нарушают правила техники безопасности при выполнении ручных операций. К числу таких нарушений относятся неправильное ношение одежды, отбор проб смесей из работающих бегунов конусом или ложкой, удаление налипшей смеси с поверхности чаши бегунов и отходов из механических сит без остановки оборудования и др.

В смесеприготовительных отделениях цехов, производящих смеси для  $\text{CO}_2$ -процесса, возможны случаи поражения рук, лица и глаз рабочих каустиком (щелочью) и другими вредными веществами. Концентрированный раствор каустика вызывает сильные ожоги, попадание щелочи в глаза может привести к тяжелым заболеваниям и даже к потере зрения. Учитывая это, каустик вводят в смесь в виде 1 %-ного раствора и к работе с ним допускают только специально подготовленных лиц. Для предотвращения ожогов и кожных заболеваний рабочие, имеющие дело с каустиком и другими вредными жидкостями, снабжаются средствами индивидуальной защиты.

Загорание и связанные с ним несчастные случаи могут происходить на участках, где готовят самовысыхающие противопожарные краски на основе спиртов и эфиров для покрытия ими химически твердеющих форм и стержней,

### **Требования безопасности к технологическому оборудованию.**

Безопасность труда в смесеприготовительных отделениях обеспечивается надежной работой технологического оборудования. Ниже приводятся требования, которым должны удовлетворять машины и установки смесеприготовительных отделений:

все детали, узлы и механизмы (цепные, клиноременные и др.), совершающие возвратно-поступательные или вращательные движения и доступные для случайного прикосновения, должны ограждаться сплошными или сетчатыми кожухами;

в конструкциях установок должны предусматриваться предохранительные тормозные устройства, фиксирующие узлы и механизмы и предупреждающие их самопроизвольное перемещение в результате случайного внешнего воздействия;

управление установками должно осуществляться с помощью кнопочных станций выносного типа или кнопочных станций, установленных непосредственно на машинах, при монтаже кнопочных станций учитывают необходимость обеспечения хорошего обзора рабочей зоны, конструкция кнопочной станции должна исключать возможность случайного пуска машины, аварийные и рабочие кнопки «Стоп» должны быть сдублированы;

смешивающие бегуны должны иметь закрывающуюся чашу, вентилятор и пылезащитный кожух с патрубком для присоединения к цеховой системе вытяжной вентиляции, в защитном кожухе бегунов должен быть смотровой люк с блокировкой, исключающей включение привода бегунов при открытом люке;

смешивающие бегуны должны быть снабжены механическим приспособлением для отбора проб смеси, которое вводится в чашу через окно в защитном кожухе;

бункера для формовочных материалов должны быть закрыты сверху предохранительными решетками, оборудованы затворами и дозаторами с пневматическими приводами, обеспечивающими безопасное их открывание и закрывание, для лучшего схода материалов внутренние стенки бункеров должны делаться без выступающих частей с уклоном к горизонту не менее  $60^\circ$ , а для предотвращения зависания формовочных материалов снабжаться вибраторами, включающимися только во время выдачи материала;

элементы установок, обслуживаемых на высоте 1,5 м и более, должны быть снабжены стационарными рабочими площадками с ограждениями лестницами, площадка должна иметь проход шириной не менее 0,7 м, не считая площадей зон обслуживания машин и механизмов, ограждения площадок делают высотой 800—1000 мм с расстояниями между крепежными вертикальными элементами не менее 450 мм, настил рабочих площа-

док и ступеней лестниц должен быть сплошным и состоять из рифленых стальных листов, исключаяющих скольжение ног;

дробилки, бегуны и другое смесеприготовительное оборудование должно иметь предохранительные устройства, предупреждающие перегрузки и одновременность движения механизмов;

барабанные цилиндрические и полигональные сита должны быть закрыты сплошными защитными кожухами с одним отверстием (проемом) для загрузочного желоба, к верхней части кожуха, близ загрузочных отверстий, должен быть присоединен отсасывающий патрубок для подключения кожуха к вытяжной вентиляционной сети;

магнитные сепараторы должны иметь кожухи с проемами для пропуска ленты, снабженные уплотненными фартуками и отсосами в верхней части;

аэраторы и дезинтеграторы должны быть оборудованы защитными кожухами с патрубками для присоединения их к вытяжной вентиляционной системе, в защитных кожухах аэраторов и дезинтеграторов устраивается блокировка, исключаяющая их работу при открытом люке.

Безопасность труда в смесеприготовительных отделениях обеспечивается также надежной работой транспортных средств, которые должны отвечать следующим требованиям:

участки набегания лент на барабаны ленточных и пластинчатых конвейеров должны ограждаться кожухами;

ленточные конвейеры должны быть снабжены тросовой защитой — стальным тонким тросом, протянутым вдоль всей линии вблизи металлоконструкций конвейера, концы троса должны быть связаны с выключателями привода, что позволяет легким нажатием руки на трос быстро остановить конвейер и, следовательно, предупредить возможность несчастного случая;

наклонные пластинчатые конвейеры и элеваторы должны быть оснащены захватами ленты на случай ее обрыва;

для обслуживания приводных станций элеваторов и других транспортных устройств, расположенных на высоте более 1,5 м от уровня пола, должна предусматриваться рабочая площадка с ограждением и лестницей с перилами, ширина проходов на площадке должна быть не менее 0,8 м при высоте уровня площадки до потолка не менее 1,9 м.

**Требования безопасности к участкам приготовления каменноугольной пыли.** Участки смесеприготовительных отделений, где производится приготовление каменноугольной пыли, относятся к категории взрыво- и огнеопасных помещений. На этих участках возможны загорание (при наличии источника воспламенения) и взрыв каменноугольной пыли (при значительной ее

концентрации в воздухе). Для обеспечения безопасных условий труда на углепомольных участках категорически запрещается зажигание огня и курение, о чем при входе в помещения должны вывешиваться предупредительные надписи. Электродвигатели, пусковая электроаппаратура, арматура и выключатели освещения должны удовлетворять действующим правилам эксплуатации электроустановок. Применяемые на углепомольных участках мельницы должны иметь герметизированный стальной корпус, выложенный изнутри листовой вулканизированной резиной, и герметизированные люки для выгрузки и загрузки угля.

После окончания рабочей смены углепомольное и транспортирующее оборудование, а также места возможного оседания каменноугольной пыли должны тщательно очищаться.

**Требования безопасности к участкам приготовления противопопригарных красок.** Способность противопопригарных красок к быстрому высыханию в атмосфере цеха обуславливается применением в их составе в качестве растворителей спиртов и эфиров. Использование самовысыхающих красок (взамен водорастворимых) позволяет исключить операцию подсушки красочного слоя и, следовательно, оздоровить атмосферу формовочных и стержневых отделений, снизить длительность цикла производства форм и стержней. Существенным недостатком самовысыхающих противопопригарных красок является их склонность к самовоспламенению, а также токсичность входящих в них материалов.

Чтобы обеспечить безопасные и здоровые условия труда, на участках приготовления противопопригарных красок должны соблюдаться следующие требования безопасности:

на участках категорически запрещается зажигание огня и курение, о чем при входе в помещения должны вывешиваться предупредительные надписи;

помещения, в которых производится приготовление красок, хранение и использование самовоспламеняющихся материалов, должны оборудоваться системами пожаротушения или сигнализацией, а также самостоятельной механической приточно-вытяжной вентиляцией:

вскрытие тары с легковоспламеняющимися жидкостями должно производиться только неискрящимся, например деревянным, инструментом;

оборудование (насосы и трубопроводы), применяемое для перелива легковоспламеняющихся растворителей, должно систематически контролироваться на герметичность; выявленные течи устраняют, попавший на пол материал убирают с использованием опилок или смывом водой, не допуская при этом попадания воды с растворителями в канализационную сеть;

противопригарные краски к рабочим местам должны подаваться только в специальной металлической таре;

перелив (или перемещение) самовысыхающей краски, растворителей и антисептиков должен производиться рабочими с использованием средств защиты (очки, фартук, перчатки и резиновые сапоги).

**Правила безопасного проведения работ.** Рабочие смесеприготовительных отделений должны хорошо знать и строго выполнять следующие правила безопасности:

при работе бегунов запрещается счищать со стенок чаши налипший материал и вручную отбирать пробы смеси конусом или ложкой, отбор проб должен производиться специальным механическим устройством, запрещается также удалять отходы из механического сита во время его работы;

производить отбор глины, смесей и других сыпучих материалов из закромов и штабелей разрешается уступами сверху вниз (следует иметь в виду, что отбор снизу подкопом может завалить работающего обвалившимся материалом);

ручная очистка барабанов и лент транспортеров и элеваторов от налипшей смеси во время их работы также не допускается, эта операция должна производиться автоматически действующими приспособлениями;

спуск рабочих в бункера и закрома с сыпучими материалами допускается только с разрешения и в присутствии старшего по смене и только при условии применения предохранительного пояса с надежно закрепленным тросом. Спуск должен осуществляться только по специальным лестницам с поручнями и площадками.

## **10.2. Безопасность труда в формовочных отделениях**

**Основные технологические операции.** В формовочных отделениях литейных цехов мелкосерийного и единичного производства все еще применяется ручной труд при переносе опок, уплотнения смесей трамбовками, при изготовлении форм и доставке их на участок заливки расплавом. На участках сушки форм в воздушную среду рабочих зон могут выделяться газы, а также избыточная конвекционная и лучистая теплота от сушильных печей. В формовочных отделениях механизированных литейных цехов крупносерийного и массового производства источниками образования шума являются пневматические встряхивающие машины. Производственный шум обусловлен ударами металлических деталей машин и выхлопами сжатого воздуха. На участках окраски и сборки форм в воздух рабочих зон вы-

деляется пыль, образующаяся при использовании сжатого воздуха для пульверизации краски и выдувания сора из полостей форм.

При производстве отливок в химически твердеющих формах по  $\text{CO}_2$ -процессу воздушная среда формовочных отделений может загрязняться углекислым газом ( $\text{CO}_2$ ).

**Мероприятия по оздоровлению условий труда.** Создание здоровых условий труда в формовочных отделениях обеспечивается комплексом санитарно-технических, профилактических и организационных мероприятий, характеристика которых приводится ниже.

В формовочных отделениях применяют механическую приточную вентиляцию, которая сочетается с естественной, осуществляемой через фрамуги фонарей на крыше и оконные проемы. Общий механический приток воздуха сосредоточивают на участках формовки и сборки форм, на смежных участках заливки и выбивки форм устраивают местную механическую вытяжную вентиляцию и воздушное душирование. В отделениях формовки, изолированных от участков заливки и выбивки форм, обеспечивают механический приток воздуха на рабочие места сверху вниз под углом  $20-30^\circ$  к горизонту со скоростью до 10 м/с.

Для перемещения модельных плит и опок на машины, стержней—на участок сборки форм под заливку и выполнения других тяжелых работ используют тележечные, подвесные конвейеры и машины, действующие полуавтоматически и автоматически. Разработка манипуляторов, которая ведется в настоящее время, позволит полностью освободить рабочих от утомительного ручного труда.

Процессы сушки и подсушки форм исключают внедрением в производство химически твердеющих форм и жидких самотвердеющих смесей, что позволило не применять в формовочных отделениях сушила, являющиеся источником выделения вредных газов и теплоты.

Основными источниками производственного шума в формовочных отделениях являются пневматические встряхивающие машины. Для снижения уровня шума эти машины заменяют прессовыми, используют виброизолирующие фундаменты, заменяют пневматические приводы формовочных и других машин гидравлическими и пневмогидравлическими, выхлопные клапаны пневматических приводов выводят за пределы цеха, встраивают в формовочные машины амортизирующие и звукогасящие прокладки, глушители и амортизаторы, применяют средства индивидуальной защиты.

В формовочных отделениях используют увлажненные смеси, что значительно снижает запыленность воздуха рабочих зон. Для уменьшения пылеобразования на сборочных участках обдувку сжатым воздухом заменяют отсосом пыли из полостей форм пылесосами, пульверизационную окраску рабочих поверхностей литейных форм заменяют окраской кистями.

**Травматизм в формовочных отделениях.** Травмы (ушибы, ожоги, ранения рук и других частей тела) могут быть нанесены рабочим формовочных отделений в случае отсутствия зазора между рычагами машины и полом на машинах с перекидным столом, при перемещении откатной тележки на машинах с поворотной плитой, падающими полуформами во время поворота или перекидывания их на машинах, в случае неисправности зажимных приспособлений, самопроизвольного включения механизмов и др.

Травмы могут быть вызваны также невнимательностью рабочих и нарушением ими правил техники безопасности. Например, рабочий должен следить, чтобы его рука или нога не оказалась в опасной зоне работающих машин: между полуформой и прессовой колодкой, между встряхивающим и перекидным столом и другими частями машины. Рабочий должен строго соблюдать очередность выполнения действий по управлению машиной, так как, например, при включении прессового механизма до установки в рабочее положение траверсы (на машинах 226, 226М—268) рабочий может получить травму выброшенным из цилиндра поршнем. Более тяжелые травмы рабочих могут иметь место при включении механизмов переворота или перекидывания стола (на машинах 253М—255, 231—237) без закрепления на них полуформы. В практике работы формовочных отделений также встречаются тяжелые травмы рабочих, вызванные нарушением правил пользования сжатым воздухом, например случайно направленная в лицо человека струя воздуха может привести к потере зрения и слуха.

**Требования безопасности к оборудованию.** Для обеспечения безопасности труда конструкции формовочных машин и пескометов должны отвечать указанным ниже требованиям.

1. В пневматических формовочных машинах должна предусматриваться система электрической блокировки механизмов; пусковое устройство для включения движущихся частей машины должно приводиться в действие обеими руками, чтобы одна из рук не смогла оказаться в опасной зоне соединения приводных деталей; пусковое устройство может быть размещено также на некотором расстоянии от машины, с тем чтобы отдалить рабочего от ее движущихся частей во избежание случай-

ного включения механизма машины, пусковые рукоятки должны ограждаться предохранительной дугой или иметь специальные предохранительные штифты, входящие в одно из отверстий неподвижной части корпуса воздухораспределителя; в фундаменте машин 231—237 с перекидным столом во избежание попадания рабочего в зазор между опущенными рычагами механизма поворота стола и полом должно быть предусмотрено специальное ограждение; чтобы не произошло падение полуформы при повороте плиты, формовочные машины 253М—255 должны снабжаться пневматическими зажимами; с той же целью используемые на машинах 231—237 модельные плиты должны иметь накидные запоры опок или штыри с прорезями для установки клиньев; откатные тележки формовочных машин 845—847 должны ограждаться со стороны рельсовых путей и с боков; во избежание падения рабочих-формовщиков в полу у основания формовочных машин должны предусматриваться решетки, через которые сыпавшаяся из опок смесь попадает на расположенный ниже уровня пола цеха ленточный уборочный транспортер, смонтированный в туннеле.

2. В формовочных пескометах должны быть выносной пульт управления, предупредительная звуковая сигнализация, извещающая о пуске механизмов машин в работу, надежная защита электропроводки передвижных пескометов от механических повреждений, электрическая блокировка, ограничивающая передвижение пескомета в конечных точках пути, и виброизоляция кресла оператора; метательная головка пескометов должна быть надежно ограждена кожухом, предохраняющим рабочего от травм в случае возможного разрыва ротора, а также от бокового выброса смеси; колеса тележек передвижных пескометов должны ограждаться со стороны рельсовых путей и с боков; рамы консольных пескометов (на случай поломки оси) должны иметь опорные устройства, расположенные на расстоянии 10 мм от головки рельса.

3. В установках приготовления ЖСС, учитывая наличие в формовочной смеси феррохромового шлака, должны обеспечиваться удаление воздуха из бункеров в объеме, равном полутора объемам материала, подаваемого в бункер в единицу времени, и герметизация дозаторов с отсосом воздуха в зоне загрузки и выдачи материала со скоростью 0,5 м/с и смесителя с отсосом воздуха в объеме, обеспечивающем скорость его истечения в отверстиях 0,7 м/с.

**Правила безопасного проведения работ.** Для обеспечения безопасности труда рабочие формовочных отделений должны соблюдать основные требования:

каждый рабочий должен твердо знать содержание произво-

димых им операций и строго соблюдать установленную последовательность их выполнения;

нельзя использовать модельные плиты с изогнутыми направляющими штырями, без наличия исправных цапф или других элементов, обеспечивающих надежность зацепления плит чалочными средствами;

работая на встряхивающе-прессовых формовочных машинах 266М—268 с рамочным съемом полуформы, необходимо следить за исправным состоянием замка, предназначенного для хвостовика стойки траверсы, хвостовик должен входить в замок до упора и без ударов;

при работе на встряхивающе-прессовых формовочных машинах 266М—268 разрешается впускать сжатый воздух под поршень прессового механизма только после установки траверсы в рабочее положение, так как при резком подъеме прессового поршня может произойти повреждение ограничителей хода, а при отведенной в сторону траверсе поршень может оказаться выброшенным из цилиндра машины;

нельзя включать механизмы переворота плиты или перекидывания стола, не убедившись в том, что полуформы надежно закреплены на столе машин 253М—255 или 231—237, во время перекидывания стола формовщик должен находиться на безопасном расстоянии от поворотного-вытяжного механизма;

необходимо систематически проверять прочность крепления лопастей метательной головки пескомета;

нельзя производить чистку формовочных машин и пескометов во время их работы;

переходить напольные тележечные конвейеры разрешается только по специальным мостикам, для подхода к которым вдоль конвейера должны быть установлены проходные галереи шириной не менее 1 м;

запрещается работать пневматической трамбовкой, у которой отсутствует приспособление, предупреждающее вылет бойка, перед работой необходимо проверить надежность крепления шланга к трамбовке и трубопроводу цеховой магистрали;

опоки необходимо складывать в штабеля высотой не более 1,5 м, при этом площадь пола должна быть горизонтальной, ровной и утрамбованной, а ширина проходов между штабелями должна быть не менее 1,6 м;

при сборке форм необходимо применять только хорошо высушенные стержни с открытыми вентиляционными каналами, что предупреждает выброс расплава из формы во время ее заливки;

во избежание утечки расплава по разъему формы при за-

ливке необходимо надежно скреплять части формы грузом, скобами или другим способом.

Входящий в состав смеси ЖСС феррохромовый шлак является вредным веществом. Поэтому работу с феррохромовым шлаком могут выполнять только специально подготовленные и имеющие допуск к данной работе лица. При работе с ЖСС необходимо строго соблюдать особые правила техники безопасности, оговоренные в специальной инструкции:

запрещается подниматься на обслуживающую площадку во время работы смесителя и работать на смесителях при снятых защитных ограждениях;

загрузка феррохромового шлака в бункер смесителя должна производиться только специальными коробами и с обязательным их закреплением на бункере при помощи струбцин;

регулировку дозатора феррохромового шлака может производить только мастер, при этом должен быть выключен рубильник электрошкафа и вывешена табличка «Не включать, работают люди»;

очистку смесителя от затвердевшей смеси необходимо производить регулярно паром при соблюдении требований специальной инструкции.

### **10.3. Безопасность труда в стержневых отделениях**

**Основные технологические операции.** В стержневых отделениях литейных цехов мелкосерийного и единичного производства все еще используется ручной труд при переносе стержневых ящиков и уплотнении смесей трамбовкой, при изготовлении стержней и доставке их на участок заливки форм. На участках обдувки, зачистки (калибровки), а также пульверизационной окраски готовых стержней в воздушную среду рабочих зон может выделяться пыль. Значительное пылеобразование происходит также при размоле бракованных стержней.

Источниками образования газов являются камерные, вертикальные и горизонтальные конвейерные сушильные печи, выделяющие продукты сгорания топлива и разложения крепителей при термической обработке стержней. Кроме того, сушила выделяют конвекционную и лучистую теплоту, особенно значительно на участке выгрузки стержней из тупиковых сушил, где температура воздушной среды может достигать не более 50 °С.

В стержневых отделениях, применяющих технологию изготовления стержней в горячих и холодных стержневых ящиках, неблагоприятным производственным фактором является выделение в воздушную среду рабочих зон вредных веществ (метилового и фурилового спирта, формальдегида, фенола и др.).

Источниками образования производственного шума являются встряхивающие стержневые машины, а также пескодувные и пескострельные полуавтоматы и автоматы.

Отделения, в которых для окраски стержней применяют самовысыхающие противопожарные краски, характеризуются повышенной пожароопасностью.

**Мероприятия по оздоровлению условий труда.** Создание здоровых условий труда в стержневых отделениях обеспечивается следующими мероприятиями.

В стержневых отделениях так же, как и в формовочных, применяют механическую приточную вентиляцию, которая сочетается с естественной, осуществляемой через фрамуги фонарей и оконные проемы. Места зачистки и выдачи стержней из камерного сушила, пескодувные и пескострельные машины, станки для механической зачистки поверхностей спаривания стержней и другие источники образования пыли и теплоты оборудуются защитными кожухами с местной вытяжной механической вентиляцией.

Стержневые машины для изготовления стержней в горячих ящиках оборудуются вентиляционной наклонной панелью, равномерно всасывающей газы и теплый воздух по всей ширине рабочего места, ленточные конвейеры, на которых происходит охлаждение горячих стержней, снабжаются верхнебоковыми зонтами-панелями с патрубками для отсоса газов и паров, столы для отделки и хранения стержней должны иметь колосники с отсосом газов и теплого воздуха из-под стола.

В стержневых отделениях, применяющих технологию изготовления стержней в холодных ящиках, позиции засыпки смеси в ящик и отверждения стержней должны быть снабжены патрубками для подключения оборудования к цеховой вентиляции, предназначенной для удаления газов (свободного формальдегида, фенола и др.).

Физически тяжелые ручные работы комплексно механизуют и автоматизируют, например доставку на рабочие места громоздких и тяжелых стержневых ящиков и стержневых смесей к машинам. При этом используют роликовые и ленточные конвейеры, рольганги и электротельферы.

Операция извлечения стержней из ящиков осуществляется специальными механизмами (кантователями), съемными устройствами (вилочными, конвейерными и др.) или поворотными-вытяжными механизмами (28П7М, 28П8М, 28П9), которые работают совместно со стержневыми машинами.

Внедрение в производство горяче- и холоднотвердеющих смесей позволило исключить операцию сушки стержней, при которой применяют сушила, являющиеся источником выделения

газов и теплоты. Для снижения шума в стержневых отделениях применяют те же мероприятия, что и в формовочных.

**Травматизм в стержневых отделениях.** Травмы у рабочих стержневых отделений могут возникнуть в случае неисправности стержневых машин и зажимных приспособлений. Встречаются также травмы, обусловленные случайным включением механизмов машин, что может происходить при неисправности блокировки и предохранительных устройств. При работе на машинах, изготовляющих стержни из горячтвёрдеющих смесей, работающие без рукавиц рабочие могут получить ожоги горячими (с температурой нагрева 240—300 °С) металлическими стержневыми ящиками.

**Требования безопасности к стержневым машинам.** Для обеспечения безопасности труда конструкции стержневых машин должны отвечать следующим требованиям:

в пескодувных и пескострельных стержневых машинах должна предусматриваться автоматизация зажима стержневых ящиков, вдува смеси, подъема и опускания стола и подачи стержневых ящиков на вдувную плиту;

извлечение стержней массой более 6 кг из стержневых ящиков должно производиться на поворотном-протяжных устройствах;

пескодувные и пескострельные стержневые машины должны иметь системы электрической блокировки, исключающей возможность вдува смеси при неплотном поджиге стержневого ящика к вдувной плите и самопроизвольное опускание стола при наличии давления в пескодувном резервуаре, в конструкциях этих машин должны быть предусмотрены защитные ограждения на случай выбивания смеси в зазор между стержневым ящиком и вдувной плитой;

при изготовлении стержней из самотвердеющих смесей в горячих ящиках должна предусматриваться система отсоса газов и паров, обеспечивающая безопасность обслуживания ящиков с высокой температурой нагрева, механизация и автоматизация извлечения стержней из ящиков и их передачи на позицию отверждения;

в машинах для изготовления стержней узел газового подогрева ящика должен снабжаться автоматическим устройством, отключающим подачу газа при прекращении подачи воздуха;

машины для изготовления стержней в холодных ящиках необходимо снабжать укрытиями с патрубками для подключения к цеховой вентиляции.

**Правила безопасного проведения работ.** Здесь приведены отдельные, характерные для стерженщиков правила техники безопасности и требования технологических инструкций:

нельзя использовать стержневые ящики без приспособлений для закрепления их на столах стержневых машин;

стержневые ящики, сушильные и транспортные плиты необходимо укладывать устойчиво в штабеля высотой не более 1,5 м на твердой и ровной площадке в стороне от проходов и проездов;

кантовка (переворот) крупных стержневых ящиков, сушильных и транспортных плит (массой более 6 кг) должна производиться не вручную, а только с помощью специальных устройств — кантователей;

удаление из стержневого ящика пыли и остатков сухой смеси должно производиться щетками или пылесосами, очистка ящиков струей сжатого воздуха категорически запрещается;

использовать этажерки для сушки стержней разрешается только при наличии исправных крюков и решеток, а также упоров, предупреждающих выпадение стержневых плит;

изготовление стержней из быстротвердеющих смесей в горячих и холодных ящиках должно производиться только при наличии у рабочих средств индивидуальной защиты;

окраску стержней нужно производить кистью в помещении, оборудованном вытяжной вентиляцией. Окраску стержней с использованием сжатого воздуха выполняют только в специальных изолированных камерах с вытяжной вентиляцией и при нахождении стерженчика вне камеры;

при использовании самовысыхающих красок необходимо строго соблюдать правила противопожарной безопасности.

#### **10.4. Безопасность труда в плавильных отделениях**

**Основные технологические операции.** В плавильных отделениях выполняют операции, связанные с подготовкой печей к работе, плавкой в них шихты, выпуском расплавленных литейных сплавов (расплавов) из печей и их металлургической обработкой (дегазацией, рафинированием, модифицированием и др.) Операции плавки шихты в печах сопровождаются выделением конвекционной и лучистой теплоты, а также вредных газов (оксида углерода  $CO$ , сернистого ангидрида  $SO_2$ , оксида азота и др.).

**Мероприятия по оздоровлению условий труда.** Создание здоровых условий труда в плавильных отделениях обеспечивается устройством вентиляции и проведением комплекса следующих мероприятий.

На колошниковых площадках, изолированных от других участков плавильного отделения, оборудуют общеобменную вентиляцию в виде вытяжки через открывающиеся окна, у загрузки

зочных окон плавильных печей устраивают установки воздушного душирования и индивидуальные вытяжные зонты. Установки воздушного душирования устанавливают также на участках обслуживания печей, т. е. у желобов выдачи расплава и шлака, на участках металлургической обработки расплава. Участки сушки и подогрева разливочных ковшей снабжают системой общеобменной вентиляции, а также зонтами с механической вытяжкой теплого воздуха и газов.

В плавильных отделениях литейных цехов широко применяют прогрессивные методы плавки (в вакууме, в среде нейтральных газов и др.) и используют усовершенствованные конструкции плавильных печей: электрические дуговые и индукционные печи, вагранки закрытого типа с охлаждением плавильного пояса, подогревом и обогащением дутья кислородом, с пылеочисткой и дожиганием газа. В современных чугунолитейных цехах широко используют загрузку шихты в вагранки скиповыми подъемниками, которая исключает необходимость нахождения рабочих на колошниковой площадке и у загрузочного окна вагранки, улучшает санитарно-гигиенические условия труда в плавильных отделениях. Выделение конвекционной и лучистой теплоты в плавильных отделениях чугунолитейных цехов значительно снизилось после оснащения вагранок системой грануляции шлака, применяемой вместо операции его слива в шлаковании.

На современных заводах применяется также ряд специальных мер, направленных на сохранение здоровья работающих. К ним относятся особый режим труда, при котором работа в течение смены чередуется с перерывами для отдыха в специально оборудованных комнатах, внеочередное снабжение рабочих путевками в санатории и дома отдыха и др. Рабочие плавильных отделений имеют право выхода на пенсию по достижении 50-летнего возраста.

**Правила безопасного проведения работ.** Безопасность труда в плавильных отделениях обеспечивается правильной эксплуатацией плавильных печей и подъемно-транспортного оборудования, точным соблюдением технологических режимов шихтовки, подготовки печей к работе и плавки шихты. Нарушение этих условий может привести к серьезным авариям, взрыву и выводу из строя оборудования, стать причиной очень серьезных травм вагранщиков и работающих рядом людей. Учитывая это, в плавильных отделениях литейных цехов проводят следующий комплекс мероприятий:

для снижения загазованности и предупреждения возможности взрыва вагранки снабжают пылеочистным устройствами и системами дожигания отходящих колошниковых газов;

чтобы обеспечить оптимальный режим плавки, плавильные установки оборудуют центральными пультами, имеющими аппаратуру контроля и корректирования параметров плавильных процессов;

процессы шихтовки и загрузки шихты в плавильные печи выполняются специальными автоматически действующими механизмами;

при ремонте плавильных печей температура в рабочем пространстве печи не должна превышать 50 °С, для освещения используют только низковольтные (12 В) переносные лампы с бронированным проводом и защитной сеткой, после каждого ремонта тщательно контролируют качество его выполнения и полноту просушки футеровки рабочего пространства и желобов плавильных печей;

процессы металлургической обработки литейных расплавов (дегазация, рафинирование, модифицирование и др.) должны осуществляться в точном соответствии с требованиями особой производственной инструкции;

автоклавы для модифицирования чугуна магнием должны удовлетворять «Правилам устройства, безопасности и эксплуатации сосудов, работающих под давлением», утвержденным Госгортехнадзором и иметь паспорт о соответствующей проверке;

безопасность выдачи расплава из плавильных печей достигается тщательной подготовкой и просушкой футеровки желобов плавильных печей и разливочных ковшей;

особое внимание обращают на состояние полов участков разлива и подготовку инструментов, так как ожоги рабочих чаще всего происходят искрами и брызгами расплава, образующимися при соприкосновении расплава с влагой пола, с влажным или ржавым инструментом;

основным мероприятием по предупреждению травматизма в плавильных отделениях является снабжение рабочих специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты.

Для обеспечения безопасности труда рабочие плавильных отделений должны соблюдать следующие основные правила по обслуживанию плавильных печей.

Для предохранения рабочих от возможного падения кирпичей и других предметов со стороны колошникового отверстия следует применять при ремонте шахты вагранки защитные приспособления в виде перекрытий или подвесных зонтов, устанавливаемых ниже загрузочного отверстия.

В начале смены вагранщик должен убедиться в полной готовности печи к плавке; при этом необходимо проверить исправность стального кожуха и выпускного желоба, а также чистоту фурменных отверстий, проверить наличие и исправность

инструмента (длинных и коротких ломов, пробок для закрытия летки вагранки), расположить инструмент в положении, наиболее удобном для его использования.

Процессы плавки следует вести в строгом соответствии с производственной инструкцией, следить по показаниям приборов за ходом плавки, за своевременной загрузкой шихтовых и вспомогательных материалов и т. д. О всех нарушениях режима плавки (прекращение подачи дутья, зависание шихты в шахте вагранки, прорыв пода печи расплавом и т. п.) срочно сообщать мастеру.

После окончания работы вагранщик должен очистить площадку под вагранкой от посторонних предметов, удалить влажную землю, засыпать влажные участки поля сухим песком, перед открытием днища вагранки подать сигнал о прекращении дутья, открыть фурмы и закрыть шибер воздухопровода.

Выбрасывать остатки плавки из вагранки разрешается только в хорошо просушенную шлаковницу, после чего их заливать прерывистой навесной струей воды из брандспойта; при выполнении этой операции рабочий должен находиться не ближе 3 м от заливаемого шлака и стоять за теплоизолирующим щитком.

Особая осторожность и соблюдение правил техники безопасности требуются при выпуске расплавленного металла из печей; при выполнении этой операции необходимо очистить площадку перед желобом от посторонних предметов, удалить от желоба посторонних людей, убедиться в готовности ковшей к приемке расплава, установить ковш точно под желоб так, чтобы струя расплава не лилась мимо ковша или на его борт.

Заполнять ковш расплавленным металлом следует не более чем на  $\frac{7}{8}$  его высоты и так, чтобы уровень расплава в нем был ниже высоты кромки ковша не менее чем на 100 мм; летку вагранки следует заделывать глиняной пробкой, закрепленной на конце стальной штанги длиной не менее 1,8 м, пробки должны изготовляться из глины нормальной влажности и иметь правильную форму усеченного конуса, при выпуске расплава и шлака запрещается стоять против летки или сбоку от нее,

### **10.5. Безопасность труда в отделениях заливки форм**

**Основные технологические операции.** В отделении заливки форм производят футеровку и сушку разливочных ковшей, заливку из них литейных форм расплавленным металлом. Эти операции связаны с выделением газов и образованием пламени. При заливке форм возможны ожоги заливщиков искрами и брызгами расплава, образующимися вследствие выброса и выплескивания расплава во время его случайного соприкосновения

с водой, влажными материалами, с холодными и ржавыми инструментами.

**Мероприятия по оздоровлению условий труда.** Для оздоровления воздушной среды рабочих зон участки заливки литейных форм оснащают приточной вентиляцией, осуществляемой методом душирования рабочих мест, а также местной вытяжной вентиляцией для снижения до допустимых норм избыточной теплоты и концентрации оксида углерода. В механизированных цехах эта задача решается оснащением заливочной ветви литейных конвейеров перекрывающим стальным зонтом-кожухом или наклонной боковой панелью, снабженных вентиляционной системой.

**Правила безопасного проведения работ.** Безопасность труда на участках заливки обеспечивается соблюдением специальных требований к конструкции разливочных ковшей и к выполнению технологических операций.

Разливочные ковши и их элементы (траверсы, серьги, цапфы и др.) должны оставаться достаточно прочными и надежными при работе в условиях воздействия лучистой теплоты.

Качество выполнения футеровки и сушки разливочных ковшей должно удовлетворять требованиям безопасности при работе в условиях взаимодействия с литейным расплавом.

Ковши емкостью 0,5 т и более, перемещаемые грузоподъемными кранами, монорельсами и на тележках, должны иметь поворотные механизмы с червячной самотормозящей передачей и ограничители поворота, защищенные кожухами от брызг расплава и шлака.

Ковши без червячной передачи емкостью менее 0,5 т, перемещаемые подъемными кранами, должны иметь запорные устройства, не допускающие опрокидывания ковша.

Ковши емкостью более 15 т должны быть оснащены механическим приводом для их поворота.

Ковши должны заполняться расплавом так, чтобы его уровень в конце был ниже высоты его кромки не менее чем на 100 мм.

При транспортировании ковшей с расплавом необходимо строго соблюдать установленные скорости их перемещения, а также специальные нормы и правила эксплуатации подъемно-транспортного оборудования, работающего в особо трудных условиях воздействия лучистой теплоты. Захватные устройства ковшей должны иметь огнестойкие защитные экраны.

Заливку форм на литейном конвейере следует производить только с помощью подвесных ковшей, перемещаемых по монорельсу или мостовым краном, управляемым из кабины. При скорости движения конвейера более 4 м/мин заливочный участок

должен быть оборудован особой платформой для заливщика, движущейся с той же скоростью, что и конвейер.

Для обеспечения безопасности труда рабочие участков заливки форм должны соблюдать следующие основные правила:

каждый раз перед заливкой расплава необходимо проверять исправность и прочность всех металлических частей литейных ковшей и носилок, а также качество просушки их футеровки;

при наполнении ковшей расплавом заливщику рекомендуется поддерживать ковш так, чтобы струя расплава имела наименьшую высоту и по возможности падала вначале на стенку ковша;

заливщикам запрещается переносить вручную ковши емкостью более 60 кг, если нагрузка на каждого рабочего более 30 кг;

нельзя превышать допустимую скорость перемещения ковша; необходимо следить за надежностью закрепления ковша защелкой, предотвращающей его опрокидывание;

при ручной заливке форм заливщик не должен оставлять ковш с расплавом без присмотра, запрещается заливать формы с неправильно скрепленными опоками, а также беспочные формы с покоробленными жакетами, рекомендуется заливать формы при возможно более низком (50—100 мм) положении носка ковша над формой;

чтобы исключить случаи травматизма, в современных конвейерных литейных цехах применяют дистанционное управление процессами заливки, когда пульт управления с оператором находится на значительном расстоянии от заливочного участка, а также автоматизированную заливку форм.

#### **10.6. Безопасность труда на выбивных участках литейного цеха**

**Основные технологические операции.** Операции извлечения отливок из форм и стержней из отливок сопровождаются выделениями пыли, газа и значительной теплоты. Особо трудоемкой и физически тяжелой операцией является ручная выбивка форм и стержней. При механизированных процессах выбивки форм на выбивных (механических эксцентриковых, инерционных и др.) решетках возникает такой неблагоприятный производственный фактор, как шум, а при выбивке из отливок стержней на вибрационных машинах — вибрация.

**Мероприятия по оздоровлению условий труда.** Создание здоровых условий труда при выбивке форм и стержней обеспечивается выполнением операций на специально выделенных участках цеха или в изолированных помещениях, оснащенных приточно-вытяжной механической вентиляцией, а также систе-

мой устройств для отсоса газа, пыли из укрытий выбивного оборудования и охлаждающих туннелей для приема выбитых из форм отливок.

В литейных цехах осуществляется также ряд других мероприятий, к которым относятся:

автоматизация процессов выбивки форм и стержней, исключая ручной труд и необходимость присутствия людей в рабочих зонах оборудования, туннелях и других местах участка;

включение выбивных решеток с накатным кожухом блокируется его закрытием (при открытом кожухе выбивная решетка не работает). Для снижения шума внутренние поверхности кожухов облицовывают звукопоглощающими материалами;

участки выбивки оснащаются механизмами для установки и удаления опок и отливок, механизмы выбивных решеток должны быть закрыты кожухами, а дебалансы надежно закреплены на валу электродвигателя;

для освобождения внутренних полостей отливок от стержней вместо вибрационных машин применяют специальные установки, работающие на принципе электрогидравлического эффекта;

при вымывании стержней из полостей крупных отливок в гидроочистных камерах место оператора должно находиться вне камеры, двери камеры блокируются с работой гидромонитора (при открытых дверях гидромонитор не должен включаться);

для снижения вредного действия шума необходимо применять наушники.

**Правила безопасного проведения работ.** Для предотвращения травм выбивщики обязаны соблюдать следующие основные правила безопасности:

систематически перед рабочей смелой проверять на холостом ходу исправность основных механизмов выбивного оборудования и вспомогательных средств (сталкивателей форм и опок, рольгангов и др.);

не находиться самому и не допускать присутствия других людей на полотне работающей выбивной решетки;

не производить выбивку форм при переполненном уборочном бункере для отливок;

запрещается влезать в бункера и тоннели, находящиеся под выбивными решетками, без специального разрешения мастера, при необходимости ремонта или очистки от смеси спуск рабочего в бункер разрешается только в присутствии наблюдателя, снабженного страховочной веревкой;

конвейеры с остывающими отливками должны быть изолированы от рабочих помещений или располагаться в туннелях;

температура сходящих с конвейера отливок должна быть не выше  $+70^{\circ}\text{C}$ .

## **10.7. Безопасность труда в термообрубных отделениях**

**Основные технологические операции.** В термообрубных отделениях производят очистку, обрубку, зачистку, грунтовку, исправление дефектов и термическую обработку отливок. Эти технологические операции сопровождаются образованием пыли при очистке отливок, возникновением шума при работе галтовочных очистных барабанов, вибрации при использовании рубильных пневматических молотков и теплового излучения при термической обработке отливок. При грунтовке отливок возможно возникновение пожаров и взрывов.

**Мероприятия по созданию здоровых и безопасных условий труда.** Создание здоровых условий труда обеспечивается в термообрубных отделениях приточно-вытяжной механической вентиляцией и естественной аэрацией, осуществляемой через фрамуги и оконные проемы здания. Кроме того, очистные барабаны, столы и камеры, абразивно-заточные станки и другое технологическое оборудование снабжается кожухами с местной вытяжной вентиляцией. К мероприятиям по созданию здоровых и безопасных условий труда в термообрубных отделениях также относятся:

- механизация и автоматизация всех производственных процессов;

- складирование крупных и требующих длительного охлаждения перед очисткой отливок на участках, оборудованных отсасывающими устройствами;

- очистка отливок в гидравлических и пескогидравлических камерах и дробетных установках;

- оснащение дробетных очистных установок местными вентиляционными устройствами и системой блокировки, исключающей работу этих установок при выключенной вентиляции;

- снабжение дробетных установок ограждениями, шторами и уплотнениями, предотвращающими вылет дроби и пыли из их рабочего пространства;

- оснащение стенок дробетных установок резиновыми прокладками, обеспечивающими максимальное снижение уровня шума;

- установки для гидравлической и пескогидравлической очистки отливок должны быть герметичными, для того чтобы исключить выделение паров и пыли в рабочие помещения цеха, иметь блокировки, исключающие их работу при открытых дверях;

- замена галтовочных очистных барабанов периодического действия дробетными или галтовочными очистными барабанами непрерывного действия, а также электрогидравлическими уста-

новками моделей 36121 и 36141, которые обеспечивают более благоприятные условия труда при очистке отливок;

оборудование для зачистки отливок должно быть снабжено стеклянными откидными экранами, которые блокируются с электродвигателем, что исключает работу станка при отсутствии защиты рабочего от воздействия искр и частиц металла;

обдирочно-шлифовальные станки подвешенного типа должны быть снабжены кожухом и устройством для местного отсоса пыли;

столы, на которых осуществляется обрубка отливок, должны иметь колосники (или рольганги) и устройство для отсоса воздуха из-под стола, место для обрубки должно быть огорожено шторами со стальной мелкоячейковой сеткой, высота штор — не менее 2,5 м от пола;

участки обрубки должны быть ограждены специальными переносными стальными щитами, чтобы избежать поражения глаз и лица рабочих осколками металла, вылетающими из-под лезвия зубила рубильного пневматического молотка;

обрубка крупных отливок сложной конфигурации должна производиться на решетчатом полу при наличии вентиляционной вытяжки вниз (под решетку) и рассеянного притока чистого воздуха, подаваемого в верхнюю зону помещения;

обрубка средних и мелких отливок в маломеханизированных цехах должна производиться на верстаках, оборудованных тисками или другими приспособлениями для крепления отливок;

для снижения уровня вибрации следует использовать рубильные молотки с виброгасящими устройствами, на некоторых заводах при работе рубильным пневматическим молотком применяют виброгасящую муфту из поропласта, которую надевают на зубило, к числу других защитных мер, применяемых при работе пневматическими молотками, относится подогрев до 20 °С подаваемого к рубильным молоткам воздуха в холодное время года, а также снабжение рабочих специальными рукавицами, в которых защита ладонной поверхности левой рукавицы осуществляется мягкой микропористой резиной, а правой рукавицы — более плотной резиной толщиной 3—5 мм;

для удаления заливов и неровностей у крупных и средних отливок вместо рубильных молотков применяют электродуговую воздушную резку;

для защиты от воздействия шума необходимо применять наушники.

Для предупреждения загорания и взрыва на участках грунтовки отливок должны соблюдаться следующие требования безопасности:

запрещается производить на участках грунтовки отливок какие-либо, кроме мойки, грунтовки и сушки отливок, работы;

грунтовочные камеры, ванны окунаия отливок, посты ручного окрашивания и сушильные камеры должны быть оборудованы достаточно мощной местной вытяжной вентиляцией;

краски, растворители и другие грунтовочные материалы в количестве не более чем на суточную потребность должны храниться в специальных кладовых, размещенных на участках приготовления противопожарных красок;

на участках грунтовки отливок должны быть предусмотрены автоматические системы сигнализации и пожаротушения.

**Правила безопасного проведения работ.** Рабочие, занятые на очистке, зачистке, обрубке и других работах отделения, обязаны соблюдать следующие основные правила безопасности:

перед началом работы следует убедиться в исправности инструментов, приспособлений, оборудования и защитных ограждений;

при загрузке отливок в барабаны, камеры и другие устройства необходимо соблюдать правила, регламентирующие использование подъемно-транспортного оборудования;

при зачистке отливок на обдирочно-шлифовальном оборудовании запрещается работать без защитного экрана и превышать установленную окружную скорость вращения шлифовальных кругов;

нельзя обрубать отливки, имеющие температуру свыше 60 °С;

при термической обработке отливок нельзя оставлять работающие печи без надзора даже на самое короткое время, работать в промасленной одежде, смотреть незащищенными глазами в раскаленную печь;

при загрузке и выгрузке из печи отливок необходимо пользоваться рукавицами, загружать в печь разрешается только сухие отливки, в зимнее время отливки необходимо предварительно очистить от снега и просушить (несоблюдение этого правила может привести к выбросу пламени из окна печи и к взрыву).

## **10.8. Электробезопасность в литейных цехах**

**Факторы, определяющие исход воздействия электрического тока.** Раздражающее действие электрического тока промышленной частоты (50 Гц) ощущается уже при силе тока 1 мА (0,001 А). Для постоянного тока эта величина повышается до 5 мА. Приведенные величины переменного и постоянного тока называют пороговыми ощутимыми токами. Они практически не представляют особой опасности для человека, потому что при слабом начальном раздражении он сохраняет за собой способность немедленно и без посторонней помощи освободиться от токоведущих частей оборудования или электрической сети.

При воздействии на человека переменного тока силой 5—10 мА его раздражающее действие становится более сильным. У человека появляются судороги и весьма неприятная боль. При токе 10—15 мА боль становится трудно переносимой, судороги мышц рук и ног человека усиливаются настолько, что он не в состоянии самостоятельно освободиться от токоведущих частей оборудования или электрической сети. Токи силой в 10—15 мА называют неотпускающими.

Переменный ток промышленной частоты 25 мА и выше воздействует на человека еще более значительно, он парализует мышцы не только рук и ног, но и грудной клетки, существенно затрудняя дыхание человека. Ток в 50 мА может быстро остановить дыхание, а переменный ток в 100 мА (0,1 А) за очень короткое время (от сотых долей секунды до 1—2 с) поражает сердечную мышцу, вызывая фибрилляцию сердца (т. е. беспорядочное его трепетание), при котором кровообращение прекращается и наступает смерть.

Приведенные числовые значения токов весьма приближены, так как исход поражения человека электрическим током существенно зависит от состояния его здоровья, факторов времени, окружающей среды и других причин. Наблюдались случаи, когда очень тяжелые и даже смертельные поражения человека наступали при воздействии на него токов очень малой величины, например всего в 4 мА.

Степень поражения человека электрическим током существенно зависит также от пути, по которому проходит ток в теле человека, т. е. от расположения на его теле точек, которые оказались в соприкосновении с токоведущими элементами электрической сети. Наиболее опасными являются токи, проходящие через сердце, мышцы грудной клетки, головной и спинной мозг. Однако и это утверждение является весьма условным, так как проходящие через тело человека токи часто идут не по кратчайшему пути, а разветвляются по самым различным направлениям и поэтому становятся опасными при любой системе соприкосновения человека с токоведущими элементами сетей. Наблюдались случаи, когда тяжелые и даже смертельные поражения человека наступали при прохождении тока с одной стороны пальца на другую.

Согласно закону Ома величина тока в электрической цепи прямо пропорциональна приложенному к ней напряжению и обратно пропорциональна величине включенного в цепь сопротивления (в нашем случае обратно пропорциональна сопротивлению тела человека). Тщательные исследования показали, что величина электрического сопротивления человеческого тела не является постоянной величиной, она существенно зависит от мно-

гих обстоятельств. Так, если ток проходит по системе рука — рука, то при сухой ладони рук, имеющей более толстый и твердый ороговевший слой кожи, сопротивление тела человека составляет 20—50 кОм. При увлажнении рук сопротивление тела току, идущему по тому же пути, составит уже всего 800—1000 Ом, т. е. сопротивление уменьшится в несколько десятков раз. Еще более уменьшается сопротивление тела человека при наличии на коже повреждений (ран или царапин). В последнем случае электрическое сопротивление тела человека падает примерно до 100 Ом. Это очень важное обстоятельство, так как даже при самом незначительном повреждении кожи величина тока, проходящего через тело человека, достигает величин, при которых возможен смертельный исход. Так, при определенных неблагоприятных условиях величина тока от промышленной (и бытовой) сети 220 В может достигнуть 2,2 А ( $220 : 100 = 2,2$ ). Эта величина уже более чем в 2 тыс. раз превышает минимальное пороговое значение тока (0,001 А), которое только и можно с достаточной уверенностью считать безопасным для человека.

**Мероприятия по обеспечению электробезопасности.** Смысл приведенных здесь сведений о факторах, влияющих на исход воздействия электрического тока, — дать отчетливое и ясное представление о необходимости самого серьезного отношения рабочих к соблюдению правил электробезопасности труда на промышленных предприятиях и в литейном производстве. Следует иметь в виду также то, что подавляющее большинство электрических травм, которые происходят время от времени на предприятиях, объясняется безответственным отношением к строгому соблюдению правил эксплуатации электрических сетей, устройств, инструментов и освещения, а иногда и прямой халатностью, основанной, как правило, на незнании существа опасности для человека электрического тока.

Для создания производственных условий, при которых воздействие электрического тока полностью исключается, необходимо стремиться к тому, чтобы конструкция элементов электрооборудования, его устройство и монтаж в производственных помещениях, а также техническое состояние электрооборудования, устройств защитного заземления и зануления находились в полном соответствии со специальными требованиями правил, соблюдение которых строго обязательно для всех работающих.

Действующим в нашей стране законодательством об охране труда предусмотрено, что все промышленные (и бытовые) электрические сети и установки проектируются, изготавливаются и монтируются в строгом соответствии с утвержденными соответствующими государственными органами правилами. К ним, в частности, относятся «Правила устройства электроустановок», «Правила

технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Ниже рассмотрены некоторые вопросы электробезопасности, регламентирующие в основном поведение рабочих. При вводном инструктаже все поступающие на промышленное предприятие рабочие должны быть ознакомлены с правилами электробезопасности, методами освобождения человека, попавшего под действие электрического тока, и способами оказания ему первой медицинской помощи. При этом должно быть обращено особое внимание на то, что при всех несчастных случаях необходимо немедленно обращаться в медпункт, даже при самых легких поражениях током.

Рабочему не разрешается приступать к работе, если замечены какие-либо неисправности в оборудовании, инструменте, электропроводке.

Применяемые для местного освещения переносные лампы должны питаться напряжением не выше 12 В, в некоторых случаях допускается применение для электроинструментов более высокого напряжения, но при этом такие инструменты должны иметь двойную изоляцию всех токоведущих частей.

Администрация литейного цеха обязана ознакомить рабочего с основными требованиями техники безопасности и электробезопасности в данном цехе и на данном конкретном участке, со световой и звуковой сигнализацией, используемой в цехе, указать правила проездов и проходов по территории цеха и всего предприятия, а также правила противопожарной безопасности.

Рабочий не должен прикасаться к токоведущим элементам электрооборудования и освещения и к электропроводке, не должен открывать дверей электрошкафов. Рабочему запрещается прикасаться к незаизолированным или поврежденным проводам и электрическим устройствам, наступать на переносные электрические провода, лежащие на полу, самостоятельно производить ремонт неисправного электрооборудования и инструмента. Обо всех замеченных неисправностях рабочий должен немедленно извещать администрацию цеха и в первую очередь мастера.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Б а л а б и н В. В. Изготовление деревянных модельных комплектов в литейном производстве. М., 1971.

Б р е ч к о А. А. и др. Литейные системы и их моделирование. Л., 1975.

Б о р с у к П. А., Л я с с А. М. Жидкие самотвердеющие смеси. М., 1979.

В д о в и ч Б. Н., С о с н е н к о М. Н. Заливка литейных форм. М., 1977.

Г и р ш о в и ч Н. Г. Справочник по чугунному литью. Л., 1978.

З а р а п и н Ю. А. и др. Стали и сплавы в металлургическом машиностроении. М., 1980.

К а д н и к о в В. Г. Машинная формовка. Л., 1980.

К л е ц к и н Г. И. и др. Чугунное литье в станкостроении. М., 1975.

К о л о б н е в И. Ф., К р ы л о в В. В., М е л ь н и к о в А. В. Справочник литейщика. Цветное литье из легких сплавов. М., 1974.

М и х а и л о в А. М. и др. Литейное производство. М., 1987.

П р о с я н и к Г. В. и др. Изготовление стержней по нагреваемой оснастке. М., 1970.

Р ы б к и н В. А. Ручное изготовление литейных форм. М., 1977.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<b>1. Технологическая подготовка производства . . . . .</b>	<b>5</b>
1.1. Организация технологической подготовки производ- ства . . . . .	5
1.2. Основные условия оформления заказа и техно- логическая разработка . . . . .	5
1.3. Этапы проектирования литейной технологии . . . . .	9
1.4. Требования к технической документации . . . . .	9
1.5. Основные правила проектирования отливок . . . . .	20
1.6. Классы точности . . . . .	23
1.7. Литниковая система . . . . .	29
1.8. Расчет литниковых систем . . . . .	34
1.9. Прибыли . . . . .	36
1.10. Холодильники . . . . .	39
1.11. Определение оптовой цены отливок . . . . .	40
<b>2. Модельные комплекты . . . . .</b>	<b>51</b>
2.1. Классификация модельных комплектов . . . . .	51
2.2. Формовочные уклоны и припуски на усадку спла- вов . . . . .	54
2.3. Деревянные модельные комплекты . . . . .	56
2.4. Металлические модельные комплекты . . . . .	73
2.5. Пластмассовые модельные комплекты . . . . .	84
2.6. Маркирование модельных комплектов . . . . .	92
<b>3. Формовочные материалы . . . . .</b>	<b>94</b>
3.1. Виды и свойства формовочных материалов . . . . .	94
3.2. Определение основных свойств формовочных ма- териалов . . . . .	97
3.3. Формовочные пески . . . . .	98
3.4. Формовочные глины . . . . .	104
3.5. Связующие материалы . . . . .	109
3.6. Формовочные и стержневые смеси . . . . .	116
3.7. Приготовление формовочных и стержневых смесей . . . . .	116
3.8. Вспомогательные формовочные материалы . . . . .	130

<b>4. Литейные формы . . . . .</b>	<b>134</b>
4.1. Формовочный инструмент и приспособления . . . . .	134
4.2. Ручная формовка . . . . .	137
4.3. Машинная формовка . . . . .	144
4.4. Особенности изготовления химически твердеющих форм . . . . .	150
4.5. Особенности изготовления форм на автоматах . . . . .	152
4.6. Сушка форм . . . . .	155
<b>5. Литейные стержни . . . . .</b>	<b>156</b>
5.1. Классификация стержней . . . . .	156
5.2. Изготовление стержней . . . . .	158
5.3. Конструкции стержневых каркасов . . . . .	163
5.4. Стержневые машины . . . . .	163
<b>6. Сборка литейных форм . . . . .</b>	<b>171</b>
6.1. Технологические операции сборки . . . . .	171
6.2. Контроль сборки . . . . .	171
<b>7. Литейные сплавы . . . . .</b>	<b>176</b>
7.1. Основные свойства литейных сплавов . . . . .	176
7.2. Шихтовые материалы . . . . .	178
7.3. Чугуны . . . . .	185
7.4. Сталь . . . . .	193
7.5. Литейные сплавы цветных металлов . . . . .	205
7.6. Плавильные печи . . . . .	240
<b>8. Заливка литейных форм и финишная обработка отливок . . . . .</b>	<b>245</b>
8.1. Заливка литейных форм . . . . .	245
8.2. Выбивка отливок . . . . .	255
8.3. Очистка отливок . . . . .	261
8.4. Обрубка и зачистка отливок . . . . .	270
8.5. Грунтование отливок . . . . .	273
<b>9. Технический контроль и дефекты отливок . . . . .</b>	<b>275</b>
9.1. Технический контроль . . . . .	275
9.2. Дефекты отливок . . . . .	279
9.3. Термическая обработка отливок . . . . .	288
<b>10. Безопасность труда при литье в песчаные формы . . . . .</b>	<b>291</b>
10.1. Безопасность труда в смесеприготовительных отделениях . . . . .	291
10.2. Безопасность труда в формовочных отделениях . . . . .	296
10.3. Безопасность труда в стержневых отделениях . . . . .	301
10.4. Безопасность труда в плавильных отделениях . . . . .	304
10.5. Безопасность труда в отделениях заливки форм . . . . .	307
10.6. Безопасность труда на выбивных участках литейного цеха . . . . .	309
10.7. Безопасность труда в термообрубных отделениях . . . . .	311
10.8. Электробезопасность в литейных цехах . . . . .	313
<b>Список рекомендуемой литературы . . . . .</b>	<b>317</b>

*Справочное издание*

**Абрамов Геннадий Герасимович  
Панченко Борис Семенович**

**СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ЛИТЕЙЩИКА**

Заведующий редакцией *В. А. Козлов*. Редактор *Г. В. Садыков*. Младший редактор *О. В. Каткова*. Художественный редактор *В. А. Щербаков*. Технический редактор *Г. А. Виногорабова*. Корректор *Г. А. Четкина*

ИБ № 7637

Изд. № М-401. Сдано в набор 03.07.90. Подп. в печать 08.01.91. Формат 84×108<sup>1/32</sup>. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 16,80 усл. печ. л. 17,01 усл. кр.-отт. 16,84 уч.-изд. л. Тираж 40000 экз. Заказ № 752. Цена 1 р. 40 к.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14

Набрано в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО «Первая Образцовая типография» Госкомпечати СССР. 113054, Москва, Валовая, 28. Отпечатано во Владимирской типографии Госкомпечати СССР, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7.



1 р. 40 к.