

ББК 34.61

З-88

УДК 621.744 : 672.13 (075)

Рецензент канд. техн. наук В. А. Озеров

Редактор канд. техн. наук Э. Ч. Гини

**Зотов Б. Н.**

**З-88** Художественное литье: Учеб. пособие для учащихся средних профессионально-технических училищ. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1982. — 288 с., ил.

В пер.: 75 к.

В книге даны понятия о формовочных материалах, литейных сплавах, приспособлениях и инструментах, применяемых в производстве художественного и архитектурного литья. Рассмотрены способы изготовления литейных форм по-сырому, по-сухому, по металлическим, гипсовым и выплавляемым моделям. Описаны процессы плавки литейных сплавов, заливки и выбивки форм, очистки и механической обработки отливок.

Учебное пособие написано по программе «Технология формовки художественного и архитектурного литья».

З 2704020000-075 75-82  
038(01)-82

ББК 34.61

6П4.1

**Борис Никитич Зотов**

## **ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ЛИТЬЕ**

Редактор Н. С. Степанченко Художественный редактор Ю. Г. Ворончихин  
Технический редактор Л. П. Гордеева Корректоры: Л. Е. Хохлова, Н. И. Шарунииа  
Переплет художника С. Н. Орлова

Сдано в набор 13.08.81. Подписано в печать 05.02.82. Т-00432. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага типографская № 2 книжно-журнальная. Гарнитура литературная. Печать  
высокая. Усл. печ. л. 18,0. Уч.-изд. л. 20,19. Тираж 57 000 экз. Заказ 663. Цена 75-к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение», 107076, Москва,  
Б-76, Стромынский пер., 4

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского  
объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой: Союзполиграфпрома при  
Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
193144, г. Ленинград, ул. Монсеенко, 10.

## ВВЕДЕНИЕ

Способ получения изделий путем литья их из металла известен более пяти тысяч лет. Первыми отливками были несложные предметы домашнего обихода и украшения, отливаемые из меди и бронзы: котлы, рукомойки, серьги, кольца, кресты и т. п. В более позднее время стали отливать пушки, колокола и другие крупные изделия.

Изготовление несложных художественных отливок типа украшений (серьги, запястья, кольца, могильные плиты с изображением несложного орнамента на поверхности) известно практически со времени получения первых отливок. Производство более сложных изделий (статуарное, художественное литье), как самостоятельная часть литейного производства, начало развиваться в России в конце XVII столетия.

Значительный рост производства художественных и архитектурных изделий в России связан с периодом развития Петербурга как столицы. Украшение Петербурга потребовало выполнения больших заказов на статуарные и архитектурные отливки. Русские и приглашенные иноземные мастера, скульпторы и литейщики создали и отлили в этот период выдающиеся монументальные скульптуры, памятники и украшения. В 1777 г., например, по модели скульптора Э. М. Фальконе была отлита грандиозная по размерам и сложная по технике исполнения конная статуя Петра Первого (Медный всадник), в 1801 г. по проекту М. Козловского известным русским литейщиком В. П. Екимовым отлит памятник фельдмаршалу А. В. Суворову, в 1816 г. — по модели скульптора Мартоса монументальный памятник [Минину и Пожарскому и др.

Значительная часть этих работ была выполнена государственной литейной мастерской при Академии художеств, основанной в Петербурге<sup>5</sup> в 1764 г.

Производством художественных отливок в России в то время занимались и частные заводы. С 1800 г. широко известны по производству малой скульптуры и ажурных изделий Каслинский и Кусинский заводы на Урале. Каслинцы, располагая местными природными высококачественными формовочными материалами, зарекомендовали себя искусными мастерами скульптуры из чугуна, в то время еще никем не используемого в производстве художественных отливок. Их кабинетные, ажурные и архитектурные литые изделия не раз экспонировались на многих всемирных выставках: в Париже, Вене, Филадельфии, Копенгагене и Стокгольме. В 1900 г. на Парижской выставке получил высшую награду и

приобрел мировую известность чугунный павильон, отлитый каслинскими мастерами художественного литья.

В годы советской власти художественное литье получило широкое развитие. Новые скульптурные и архитектурные отливки украшают сегодня площади, набережные, мосты Москвы, Ленинграда, Свердловска и других городов нашей Родины. При производстве художественных и архитектурных отливок сейчас используют новые технологические процессы и прогрессивные способы литья, такие, как литье в кокиль, литье в керамические формы, по выплавляемым моделям, машинную формовку при изготовлении серийных изделий и т. д.

Наше государство заботится о развитии художественного промысла, об удовлетворении культурных запросов народа. На многих заводах и в мастерских развивается искусство художественного литья. Сейчас созданы все условия для научно-технического и художественно-технического творчества молодежи. Молодые мастера—воспитанники средних профессионально-технических училищ, наследники прекрасного мастерства старшего поколения успешно осваивают его опыт и продолжают лучшие традиции художественного литья. В 1949 г., например, по заказу Свердловской картинной галереи молодым мастерам Каслинского художественного литья предстояло восстановить прекрасное сооружение их предков — чугунный павильон. В процессе восстановительных работ было отлито и обработано более тысячи недостающих деталей. В 1958 г. павильон был закончен и установлен в картинной галерее Свердловска. Молодые мастера оказались достойными дел своих отцов и дедов.

Долг и задача молодых мастеров — освоение новой современной техники литейного производства, внедрение ее в технологический процесс производства художественного литья, смелое экспериментирование, освоение новых способов изготовления отливок, обеспечивающих их высокое качество, производительность труда и культуру производства.

# ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФОРМОВКЕ И ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

## § 1. Формовка

Процесс получения отливки состоит в том, что при помощи модели отливаемого изделия, различных приспособлений и инструментов из песчаной смеси, называемой *формовочной смесью*, изготавливают литейную форму. В форму заливают расплавленный металл, из которого необходимо получить отливку. Жидкий металл заполняет полость формы, остывает в ней, получается отливка желаемых очертаний. На рис. 1 показан процесс изготовления литой головки колонки садовой решетки.

В зависимости от требований, предъявляемых к отливкам, литейные формы могут быть залиты чугуном, бронзой, латунью и другими сплавами. Наиболее сложным и продолжительным в производстве литья является процесс изготовления литейной формы. Процесс изготовления такой формы называют *формовкой*, а рабочего, занятого изготовлением литейных форм, — *формовщиком*.

В зависимости от сложности и размеров отливки, применяемой для изготовления литейной формы формовочной смеси, способа формовки и степени механизации процесса формовку подразделяют на формовку по-сырому (когда форму заливают в сыром виде), по-сухому (когда форму заливают после ее сушки), по модели, по шаблону, в почве и в опоках, ручную и машинную.

## § 2. Литейный цех и технологический процесс производства отливок

На предприятии литейным цехом называют цех, в котором получают отливки — металлические изделия или их части в специально изготовленных литейных формах путем заливки их расплавом необходимого металла.

Производство отливок представляет собой сложный процесс, состоящий из ряда технологических операций, для выполнения которых литейный цех имеет несколько отделений.

**1. Модельное отделение** для изготовления моделей отливаемых изделий, литниковых систем, мехлонов. В модельном отделении располагается оборудование, механизмы, приспособления, необходимые для выполнения работ по изготовлению моделей.

**2. Отделение подготовки формовочных материалов и приготовления смесей.** В отделении два участка. На первом участке осуществляют подготовку материалов для приготовления формовочных смесей с использованием сушильных установок, бегунов, механических сит, магнитных и электрических сепараторов и другого оборудования. На втором участке, оборудованном смесите-



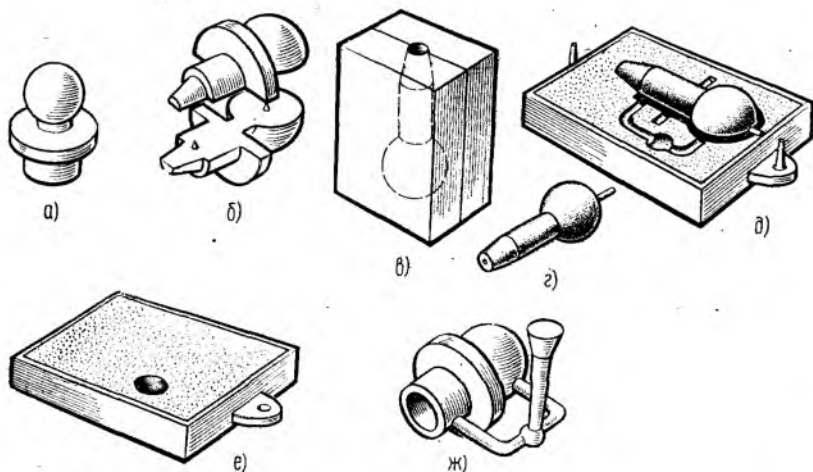


Рис. 1. Процесс изготовления литой головки колонки:

*а* — готовое изделие; *б* — разъемная модель; *в* — разъемный стержневой ящик; *г* — стержень; *д, е* — части литейной формы; *ж* — готовая отливка с литниковой системой

лями, машинами для разрыхления смесей, из готовых материалов готовят формовочные и стержневые смеси.

3. **Формовочное отделение** цеха художественного литья, предназначенное для изготовления литейных форм. Оно имеет несколько участков: а) участок для изготовления литейных форм по-сырому, оборудованный для формовки ажурных отливок; б) участок для изготовления форм, заливаемых после сушки, приспособлен для кусковой формовки кабинетных литых изделий; в) участок скульптурного литья, предназначенный для кусковой формовки скульптур в опоках, кессонах, по металлическим гипсовым и восковым моделям; г) участок архитектурного литья, оборудованный формовочными машинами и имеющий плац для шаблонной и почвенной формовки, подъемно-транспортные механизмы, применяемые при изготовлении литейных форм.

4. **Стержневое отделение** для изготовления стержней, применяемых для отливки пустотелых изделий.

5. **Плавильное отделение**, оборудованное печами для плавки металлов, механизмами и приспособлениями для заливки форм.

6. **Отделение выбивки**, оборудованное установками и механизмами, применяемыми для выбивки отливок из форм.

7. **Очистное отделение**. Здесь отливки очищают от пригара формовочных смесей, освобождают от следов литниковой системы, выпоров и прибылей.

Во многих цехах художественного литья в последние годы появилось новое отделение, технологическое оборудование которого предназначено для получения отливок по выплавляемым моделям.

Итак, чтобы получить отливку, необходимо изготовить модель, опоку, подготовить инструменты, формовочные материалы, приготовить формовочную и стержневую смеси, затем из них изготовить литейную форму и залить ее расплавленным металлом. После остывания металла по выбранному режиму форму выбить из опоки. Полученную отливку очистить от пригоревшего к ее поверхности песка смеси.

### § 3. Формовочные материалы и их свойства

В зависимости от срока службы литейные формы бывают разовые и многократные.

**Разовые** формы заливают металлом только один раз. При удалении отливки из формы последние разрушают. Разовые формы изготавливают из формовочных смесей, основной составляющей которых является кварцевый песок. В качестве связующей добавки, придающей прочность смеси, используют глину. Разовые формы для художественных отливок могут быть сухими, сырыми, разъемными и неразъемными, цельными и кусковыми.

**Многократные** формы — это такие формы, прочность и огнеупорность которых позволяет при небольшом ремонте их внутренней поверхности после каждой заливки использовать их повторно иногда до 150 раз. Такие формы изготавливают из огнеупорных материалов — молотого шамота, графита, асбеста и используют их для производства толстостенных отливок несложной конфигурации. К многократным литейным формам относятся и металлические формы — кокили. Кокили чаще всего используют при производстве отливок специальными способами литья: кокильным, литьем под давлением, центробежным.

Формовочные материалы в зависимости от их применения подразделяют на исходные материалы и смеси, а исходные — на основные и вспомогательные.

**Свойства формовочных материалов.** Различают природные и технологические — рабочие свойства формовочных материалов. Природные свойства характерны для исходных формовочных материалов — песков и глин. К природным свойствам относятся морфологический, зерновой и химический составы материалов.

**Морфологический состав.** Формовочные материалы являются продуктом разрушения горных пород под действием различных атмосферных явлений природы: тепловой энергии солнца, движения воздуха, воды. Перепады температуры в прогреваемой солнцем горной породе в различное время года создают в ней внутреннее напряжение, вызывающее растрескивание, размельчение на более мелкие частицы. Измельченные частицы породы силой ветра, движением воды рек переносятся на значительное расстояние от места образования. По пути движения они осаждаются на дне водоемов, поверхности земли, образуя эллювиальные и аллювиальные отло-

жения — залежи. В первом случае пески имеют остроугольную форму, во втором — более округлую.

Залежи песков не редкое явление и многие заводы с литейным производством работают на местных песках. Известный, например, своим художественным литьем Каслинский завод на Урале располагает местными, прекрасными для этого вида литья формовочными песками, обеспечивающими получение отливок с высоким качеством поверхности.

**Зерновой состав** характеризует размер и форму зерен формовочного материала, соотношение между зернами различных размеров. Зерновой состав влияет на свойства формовочных песков, определяющие дальнейшее качество приготавливаемых из них формовочных смесей, литейных форм и отливок. Так, пески с крупными зернами, имеющие округлую форму и гладкую поверхность, обладают большей газопроницаемостью, чем пески с мелкими зернами, имеющие остроугольную форму с шероховатой поверхностью.

Размер зерен песка влияет на качество поверхности отливки. Мелкие зерна песка обеспечивают более чистую поверхность отливки, чем крупные. Это очень важно в производстве художественного литья, где чистота поверхности и точность соответствия ее поверхности модели имеют первостепенное значение в оценке качества отливки.

**Химический состав.** В состав формовочных материалов входят различные группы минералов, которые, взаимодействуя с заливаемым в литейную форму металлом, создают в ней условия, влияющие на качество получаемой отливки. Зная химический состав формовочного материала, наличие в нем вредных и полезных примесей, можно определить возможность применения его для приготовления формовочных смесей со свойствами, обеспечивающими получение отливок хорошего качества.

В современных условиях качество формовочного материала улучшают на обогатительных фабриках. Там материал освобождают от вредных примесей путем промывки. Уменьшение вредных примесей (полевого шпата, извести и др.) в формовочном материале улучшает его химический состав, обеспечивает получение отливки без пригара, газовых раковин, с меньшей шероховатостью поверхности.

Технологические или рабочие свойства формовочных материалов (прочность, газопроницаемость, пластичность, огнеупорность и другие характерные для формовочных смесей свойства) зависят от требований, предъявляемых к литейной форме. Например, формовочная смесь литейной формы художественной отливки для обеспечения получения сложной поверхности ее должна обладать хорошей пластичностью. Определение технологических свойств формовочного материала, влияние их на качество литейных форм и отливок будет изложено в разделе «формовочные смеси».

## § 4. Основные формовочные материалы

К основным формовочным материалам относятся пески, глины и связующие.

**Формовочные пески** представляют собой осадочные горные породы, основную часть которых составляют кварц в виде кремнезема  $\text{SiO}_2$ . Зерна чистого кварца твердые, имеют большую огнеупорность, прозрачны, поэтому кварцевые пески имеют белый цвет. Различные оттенки формовочному песку придают примеси. Чем меньше содержится в песке примесей, тем он светлее и огнеупорнее. Формовочные пески кроме зерен кварца содержат глину.

В зависимости от содержания кремнезема и глинистой составляющей формовочные пески по ГОСТ (Государственному стандарту) 2138—74 делятся на классы (табл. 1).

Обогащенные кварцевые пески в зависимости от содержания глинистой составляющей, кремнезема и вредных примесей делятся на три класса: Об1К, Об2К, Об3К, кварцевые пески по содержанию кремнезема на четыре класса 1К, 2К, 3К, 4К и глинистые пески по содержанию глины на четыре класса: Т — тощий, П — полужирный, Ж — жирный, ОЖ — очень жирный.

В формовочных песках принято различать песчаную и глинистую составляющую; к песчаной относятся частицы размером бо-

Таблица 1

Классификация формовочных песков

Наименование песка	Класс	Содержание глинистой составляющей, %	Содержание кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ), %	Содержание вредных примесей, %, не более	
				Оксиды щелочноземельных и щелочных металлов	Оксиды железа $\text{Fe}_2\text{O}_3$
Обогащенный кварцевый	Об1К	Не более 0,2	Не менее 98,5	0,40	0,20
	Об2К	0,5	98,0	0,75	0,40
	Об3К	1,0	97,5	1,00	0,60
Кварцевый	1К	Не более 2	Не менее 97,0	1,20	0,75
	2К	2	96	1,50	1,00
	3К	2	94	2,0	1,50
	4К	2	90	—	—
Тощий	Т	2—10	—	—	—
Полужирный	П	10—20	—	—	—
Жирный	Ж	20—30	—	—	—
Очень жирный	ОЖ	30—50	—	—	—

Таблица 2  
Группы песков

Наименование песка	Группа	Номера смежных сит, на которых остаются зерна основной фракции	Размер зерен основной фракции, мм
Грубый	063	1; 063; 04;	1,6—0,4
Очень крупный	04	063; 04; 0315	1,0—0,315
Крупный	0315	04; 0315; 02	0,62—0,25
Средний	02	0315; 02; 016	0,4—0,16
Мелкий	016	02; 016; 01	0,315—010
Очень мелкий	01	016; 01; 0063	0,2—0,063
Тонкий	0063	01; 0063; 005	0,16—0,05
Пылевидный	005	0063; 005; Тазик	0,1 и менее

лее 0,022 мм, к глинистой — частицы размером менее 0,022 мм. Песчаные фракции являются основной частью, влияющей в дальнейшем на все техникологические свойства формовочной смеси. В зависимости от размера зерен формовочные пески делятся на восемь групп (табл. 2).

Анализ песка по размеру зерен производится путем просеивания его через стандартный набор сит с различными размерами ячеек их сетки. Номера сит соответствуют размерам стороны ячейки.

№ сита	2,5	1,6	1	063	04	0315
Размер стороны ячейки сетки, мм	2,50	1,60	1,00	0,630	0,400	0,315
№ сита	02	016	01	0063	005	
Размер стороны ячейки сетки, мм	0,200	0,160	0,100	0,063	0,050	

Основной фракцией песка, характеризующей его крупность, считается наибольшая сумма остатков (при просеивании) на трех смежных ситах. Чем больше основной фракции, тем больше в песке одинаковых по размеру зерен, тем однороднее песок и выше его качество. Однородные пески имеют хорошую газопроницаемость и прочность.

В результате ситового анализа группа песка определяется средним номером сита основной фракции. В зависимости от величины остатка основной фракции на крайних ситах формовочные пески делятся на категории А и Б. Пески, имеющие больший остаток на верхнем сите основной фракции, чем на нижнем, относятся к категории А. Пески с большим остатком на нижнем сите — к категории Б.

В природных условиях формовочные пески встречаются с различными зёрнами не только по размеру, но и по форме. Формовочные пески по форме зерен делятся на округлые, полуокруглые и остроугольные. Форма зерен песка зависит от условий движения его, от места образования до места отложения (осадка). Так, на-

Таблица 3

Формовочные пески,  
применяемые для  
художественного и  
архитектурного литья на  
заводах Урала

Марка песка	Наименование карьера	Содержание, %	
		глинистой составляю- щей	кремнезема
2К016А	Увельский	1,8	96
2К0315Б	Кичигинский	2,0	96
2К016Б	Кызылташский	0,8	96
Т016Б	Бускульский	9	90
П016А	Горновой	10	90
П0063Б	Лазаретский	15	85
Ж016	Колюткинский	22,7	76,7

Таблица 4

Классификация глин  
по минералогическому  
составу

Наименова- ние глины	Вид	Основной породообра- зующий минерал
Бентонито- вая	Б	Монтморил- лонит
Каолино- вая и као- лино-гидро- слюдистая	К	Каолинит и каолинит с гидро- слудой
Полиминер- альная	П	Любой глин- нистый минерал

пример, пески, залегающие в основном в местах их образования, при разрушении горных пород имеют остроугольную форму. Крупные зерна, уносимые потоками воды, путем перекачивания по дну, подвергаются большему изнашиванию и приобретают округлую форму. Мелкие зерна песка, переносимые водой во взвешенном состоянии, из-за малой массы менее подвергаются трению и больше сохраняют первоначальную форму.

Формовочные пески в производственных условиях различаются по маркам (табл. 3). Марка объединяет класс песка, его группу и категорию. На первом месте в марке ставится класс песка, на втором — его группа и на третьем — категория. Например, песок марки П016А — полужирный песок, зерновая основа которого сконцентрирована на ситах 02, 016 и 01, остаток его на сите 02 больше, чем на сите 01.

Формовочные глины представляют собой частицы горной породы размером менее 0,022 мм, обладающие после увлажнения высокой пластичностью и связующей способностью. Поэтому глины как формовочный материал применяют в качестве связующего частиц наполнителя (кварцевый песок и др.) при изготовлении прочных формовочных смесей.

Все глины способны присоединять к себе воду, но в различных количествах: одни — больше, другие — меньше. Например, бентонитовые глины присоединяют в 2—3 раза больше воды, чем обыкновенные формовочные глины, во столько же раз они имеют большую связующую способность. На связующую способность глин влияет также их коллоидальность и дисперсность.

Таблица 5

## Классификация глины по пределу прочности при сжатии

Наименование группы	Группа	Предел прочности во влажном состоянии, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее		Подгруппа	Предел прочности в сухом состоянии, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее	
		бentonитовой	каолиновой, каолинно-гидрослюдистой и полнминеральной		бentonитовой	каолиновой, каолинно-гидрослюдистой и полнминеральной
Прочно-связующая	П	0,13 (1,30)	0,01 (0,10)	1	0,55 (5,5)	0,45 (4,5)
Средне-связующая	С	0,11 (1,10)	0,8 (0,80)	2	0,35 (3,5)	0,3 (3,0)
Малосвязующая	М	0,09 (0,90)	0,5 (0,50)	3	0,3 (3,0)	0,2 (2,0)

Таблица 6

## Классификация глины по содержанию вредных примесей

Наименование групп	Группа	Массовая доля вредных примесей, %, не более		
		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	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>3</sub>	8,0	5,0	8,0

Формовочные глины в зависимости от минерального состава делятся на виды (табл. 4), по пределу прочности при сжатии во влажном состоянии — на группы, а в сухом состоянии — на подгруппы (табл. 5).

В производственных условиях формовочные глины различаются по маркам. Марка глины объединяет ее вид и группы. На первом месте в марке глины указывается вид глины, обозначаемой буквами Б, К, П, на втором месте буквами П, С, М — группа по пределу прочности при сжатии во влажном состоянии, далее арабскими цифрами (1, 2, 3) и буквами (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>) — группа по содержанию вредных примесей (табл. 6). Например, БПТ<sub>2</sub> — бентонитовая глина, прочно-связующая со средним содержанием примесей,

**Связующие.** Распространенным веществом, скрепляющим зерна песка в формовочной смеси, является глина; однако применение ее имеет некоторые недостатки. Глина увеличивает пригар формовочной смеси на стенках отливок, уменьшает податливость, газопроницаемость, текучесть смеси. Стержни, изготовленные из глинистой смеси, плохо выбиваются из отливок, быстро впитывают влагу из окружающей среды (гигроскопичны). Для получения необходимых свойств формовочной смеси, особенно для стержней, в качестве связующих веществ применяют особые материалы, которые носят название крепителей. Вяжущая способность крепителя характеризуется его удельной прочностью, под которой понимается прочность сухого образца, приготовленного из смеси с испытуемым крепителем, приходящаяся на 1 % содержания его в смеси. Например, если прочность образца, приготовленного из смеси с 5 % крепителя, равна 1,0 МПа, то удельная прочность применяемого крепителя будет  $1,0 : 5 = 0,2$  МПа.

Согласно классификации, предложенной А. М. Ляссом, все связующие делятся на органические (выгорающие), неорганические (не выгорающие), неводные и водные (табл. 7). К неводным

Таблица 7

Классификация связующих материалов

Группа материалов	Удельная прочность		Класс А	Класс Б	Класс В
	МПа/1 %	[кгс/см <sup>2</sup> · 1 %]			
I	0,5	Более 5	А-1 Льняное масло, крепитель П и ПТ, пульвербакелит	Б-1 МФ17, М, МСБ	В-1 Жидкое стекло
II	0,3—0,5	3—5	А-2 Крепитель ГТФ, ЗИЛ, БП, СЛК, АЗ	Б-2 Крепитель КВ, декстрин желтый, декстрин белый	В-2
III	<0,3	<3	А-3 Древесный лек, крепители КТ, СП, СБ, канифоль	Б-3 Патока, сульфитно-спиртовая барда	В-3 Цемент, формовочная глина



относятся крепители, которые проявляют свою вяжущую способность без присутствия воды, т. е. не растворяются в воде и не соединяются с ней. К таким крепителям относятся масла, олифы, канифоль и пеки. Водными крепителями называются вещества, которые приобретают вяжущую способность лишь в соединении с водой, разводятся водой или соединяются с ней. К таким крепителям относятся декстрин, патока, сульфит и др.

Лучшими крепителями для стержней считаются растительные (льняное, конопляное) масла, а также приготовленные из них олифы. Стержни из смесей, в состав которых входят эти крепители, обладают высокой прочностью (в сухом виде), не отсыревают, хорошо выбиваются из отливки, последнее очень важно для художественных отливок.

Стержни для художественных отливок часто не имеют стержневых знаков и выбиваются из отливки через небольшие отверстия, остающиеся в стенках отливки, после удаления из нее трубки каркаса стержня. Учитывая эти условия и требования, при производстве художественных отливок малой скульптуры стержневые смеси лучше готовить с масляными крепителями или их равноценными заменителями.

Песчано-масляные смеси обеспечивают получение стержней большой прочности после сушки и с хорошей выбиваемостью из отливки. Однако применение их в случае изготовления стержней не в стержневых ящиках, а в полости самой формы (что в производстве единичных отливок не редкое явление) ограничено малой прочностью стержня в сыром виде. Поэтому при изготовлении стержней в полости формы удобнее применять песчано-глинистые смеси с небольшой добавкой 2—4% сульфитной барды.

Как уже указывалось, лучшими крепителями стержневых смесей являются растительные масла и приготовляемые из них олифы. В связи с тем, что масляные крепители дефицитны и дороги, применение их ограничено. В настоящее время созданы связующие материалы, вполне заменяющие дефицитные и дорогостоящие масляные крепители. В производстве художественных и архитектурных отливок наибольшее распространение получили крепители П, сульфитно-спиртовая барда СП и СБ, декстрин, жидкое стекло.

Крепитель П — полноценный заменитель растительного масла, представляет собой раствор окисленного бакинского петролатума в уайт-спирите. Крепитель П хорошо комбинируется с водорастворимыми крепителями. Прочность сырых стержней, изготовленных из смеси с крепителем П, составляет 0,012—0,016 МПа (0,12—0,16 кгс/см<sup>2</sup>), сухих 0,5—0,9 МПа (5—9 кгс/см<sup>2</sup>), температура сушки 220—250 °С.

Сульфитно-спиртовая барда применяется в виде ЛКБЖ (литейный концентрат жидкой барды) и ЛКБТ (литейный концентрат твердой барды). Оба крепителя являются продуктом переработки сульфитного щелока. Сульфитный щелок, яв-

ляющийся отходом целлюлозно-бумажной промышленности, продолжительное время применяли в качестве крепителя. В настоящее время вследствие значительного содержания сахара сульфитный щелок перерабатывается в спирт. Остатком этой переработки и является сульфитная барда. Крепитель ЛКБЖ в виде раствора, содержащего 50 % воды и имеющего плотность 1,27 г/см<sup>3</sup>, применяют в стержневой смеси без предварительной подготовки и добавок. Крепитель ЛКБТ — темно-коричневая твердая масса плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup> перед употреблением растворяют в воде при нагревании до 80—90 °С при постоянном перемешивании. В процессе приготовления стержневой смеси сульфитную барду плотностью 1,27—1,28 г/см<sup>3</sup> добавляют в песок около 3 % по массе.

Прочность стержней, приготовленных из этой смеси в сыром виде, хорошая. Кроме того, такие стержни способны к некоторому упрочнению на воздухе. Вследствие высыхания барды на поверхности стержней образуется твердая корочка. Сушку стержней производят при температуре 160—180 °С, прочность сухих стержней 0,3—0,5 МПа (3—5 кгс/см<sup>2</sup>). Сульфитные стержни обладают хорошей податливостью благодаря наличию после сушки более мягкой сердцевины по сравнению с твердой наружной поверхностью.

При необходимости увеличения прочности стержней в сыром виде в смесь добавляют 5—10 % глины.

Крепители СП и СБ применяют в виде эмульсии, содержащей сульфитно-спиртовую барду с окисленным петролатумом (СП) или со сланцевой смолой (СБ). Оба крепителя относятся к числу быстросохнущих. Стержни из смеси с этими крепителями в процессе сушки при температуре 180—200 °С получают необходимую прочность через 15—20 мин.

Прочность стержней: сырых 0,015—0,035 МПа (0,15—0,35 кгс/см<sup>2</sup>) после сушки до 0,5 МПа (5,0 кгс/см<sup>2</sup>). В стержневую смесь крепители СП и СБ добавляют в количестве 4—5 %. Для увеличения прочности сырых стержней в смесь добавляют 4—5 % глины.

Декстрин — порошкообразный белого или желтого цвета крепитель, получаемый путем гидролиза (при нагревании) картофельного, кукурузного или маисового крахмала. Белый декстрин по сравнению с желтым хуже растворяется в воде, и прочность стержней с ним меньшая.

Декстрин рекомендуется применять для приготовления стержневых смесей в виде водного раствора, так как при использовании его в порошкообразном виде возникает трудность равномерного распределения его в массе песка. Стержни с декстрином прочны в сыром и сухом виде, после сушки при температуре 160—180 °С обладают хорошей податливостью, так как имеют более мягкую сердцевину, чем поверхностный слой. Такие стержни хорошо выбиваются из отливки. Недостаток стержней с декстрином —

Большая гигроскопичность (способность поглощать влагу из окружающей среды).

Жидкое стекло как крепитель представляет собой водный раствор силиката натрия или калия. Особенность такого крепителя — его способность к быстрому твердению (при наличии отвердителя), что дает возможность получать необходимую поверхностную твердость формы или стержня путем выдержки на воздухе, продувки их углекислым газом или кратковременной сушки. Стержни из смеси на жидком стекле при температуре 200—250 °С высыхают в 3—4 раза быстрее, чем стержни из смеси с другими крепителями.

Синтетические смолы. В последние годы в практике изготовления форм и стержней в качестве связующих большое применение находят синтетические и органические смолы, обеспечивающие значительное сокращение процесса изготовления и сушки форм и стержней, повышение их прочности и чистоты поверхности получаемых отливок. К числу таких связующих относятся: феноло-фурфуролформальдегидные (ФМ-1, ФМ-2, ФМ-3), карбамидно-фурановые (КФ-40 и КФ-90) и другие смолы, дающие возможность внедрить скоростные методы изготовления стержней в холодных и горячих ящиках с продувкой стержней горячим воздухом и т. д.

#### § 5. Вспомогательные формовочные материалы

При заливке расплавленного металла в форму стенки ее прогреваются практически до температуры металла (чугун до 1400 °С), вследствие чего происходит быстрое испарение влаги, содержащейся в формовочной смеси, и выгорание связующих материалов с образованием паров и газов. Жидкий металл может просачиваться в поры формы между зёрнами песка формовочной смеси, часто сплавляя их. Особенно сильное воздействие металл оказывает на стержень, часто омываемый металлом со всех сторон.

Все эти воздействия металла на стенки формы и стержня отрицательно сказываются на качестве отливаемого изделия. Например, продолжительный нагрев стенки формы может привести к образованию в ней трещин и отпечатка их на поверхности отливок; пары и газы, не успевшие выйти из формы, могут проникнуть и остаться в металле, образуя в стенке отливки газовые раковины. Просачивание металла в поры стенок формы приводит к образованию шероховатой поверхности отливки вследствие пригара песка смеси к ее стенкам. Пригар на сложной поверхности отливки приводит к увеличению ее механической обработки и часто к неисправимому браку. Предупредить подобные явления в отливках можно применением в формовочных и стержневых смесях особых материалов, которые принято называть *вспомогательными*. К таким материалам относятся различного рода добавки (в формовочные и стержневые смеси), припылы, краски, натирки, формовочные клеи, разделительный песок и пр.

**Добавки.** В качестве добавок, способствующих улучшению качества формовочных и стержневых смесей, применяют древесные опилки, молотый каменный и древесный уголь, конский волос, чугунную дробь и другие материалы.

Древесные опилки используют в прочных с малой газопроницаемостью формовочных и стержневых смесях, при изготовлении крупных форм и стержней, подвергающихся перед заливкой сушке. В процессе сушки опилки сгорают, оставляя после себя в массе стержня и стенках формы каналы, по которым будут выходить пары и газы, образующиеся в форме и стержне в процессе ее заливки. Кроме того, форма и стержень становятся более податливыми при усадке металла.

Для уменьшения пригара смеси к стенкам отливки в формовочные смеси добавляют в зависимости от толщины стенок отливки от 3 до 6 % каменноугольной пыли.

В производстве крупных архитектурных отливок при изготовлении стержней из жирных смесей по шаблону, во избежание образования трещин, которые появляются при сушке, в формовочную смесь добавляют конский волос. При изготовлении литейных форм для отливок с резкими переходами от массивных частей к тонким, часто встречающихся в номенклатуре архитектурного литья, в формовочные смеси добавляют чугунную дробь, которая способствует быстрому охлаждению массивных частей отливки. С применением такой добавки выравнивается скорость охлаждения различных по толщине частей отливки, уменьшается внутреннее напряжение в металле, устраняется возможность образования трещин в отливке. В производстве художественных отливок, особенно при изготовлении форм, добавки рекомендуется вводить в наполнительные смеси. Введение добавок в облицовочные смеси уменьшает их пластичность, снижает качество отпечатка сложной поверхности модели в форме.

**Припылы.** Припылами называют порошкообразные материалы, которые наносят на внутреннюю поверхность сырых форм с целью предупреждения смачивания стенок формы расплавленным металлом и образования пригара на отливке.

Принцип защитного действия припылов состоит в том, что их мельчайшие частицы, прилегающие к стенкам формы, в момент заполнения последней металлом загораются и образуют газовую оболочку, которая в период горения отделяет стенку формы от расплавленного металла, не дает возможности ему проникать в поры стенки формы и смачивать ее. Кроме того, газовая оболочка создает в форме восстановительную атмосферу, препятствующую окислению металла и образованию химического и механического пригара на отливке. Огнеупорные припылы закрывают поры в поверхности формы, мешают проникновению в них жидкого металла и уменьшают пригар на отливках.

В зависимости от размера отливки и толщины ее стенки в формах в качестве припыла применяют древесноугольный порошок,

серебристый или черный графит, маршаллит и цемент. Для форм тонкостенных художественных отливок используют порошок древесного угля тонкого помола. Удобство применения древесноугольного порошка состоит в том, что он, полностью сгорая в форме, не засоряет формовочной смеси. Древесноугольный порошок получают путем размола березового угля марки ТЛ (ГОСТ 7657—74). Перед размолем уголь прокаливают, размалывают до получения частиц размером 0,01—0,05 мм.

Формы для толстостенных статуарных и архитектурных отливок припыливают чаще всего графитом. Применение в этом случае древесноугольного порошка менее эффективно, так как он быстро сгорает, а большая масса металла толстостенной отливки остается долгое время с высокой температурой, способной взаимодействовать с зернами песка смеси.

В сырых формах в качестве припыла можно использовать цемент и маршаллит — они хорошо удерживаются на стенках формы, плотно закрывают междузерновые поры смеси, не дают возможности образованию пригара на стенках отливки. Следует учитывать, что применяя цемент в большом количестве не рекомендуется, так как он засоряет формовочную смесь, постепенно ухудшая ее качество.

**Краски и натирки.** Припыливанием полости формы можно уменьшить пригар на поверхности отливки в том случае, если отливку получают в сырой форме, когда припыл удерживается на ее сырой стенке. На стенках сухих форм припыл смывается металлом.

В сухих формах защитную пленку создают путем окрашивания стенок форм и стержней специальными формовочными красками. В состав таких красок входят растворитель (вода или спирт), наполнитель (основной огнеупорный материал) и связующее вещество, создающее на поверхности формы и стержня прочный слой краски. Формы и стержни окрашивают кистью или опрыскивают пульверизатором, после окрашивания формы и стержни подсушивают.

В тех случаях, когда необходимо получить особо чистую поверхность отливки, стержень натирают защитной пастой. Натирки готовят из 85 % графита и 15 % глины.

В производстве кабинетного художественного литья окрашивание форм и стержней применяют реже, так как наносимый слой краски закрывает поверхность полости формы, снижает в ней резкость отпечатка поверхности модели.

**Модельные пудры.** При изготовлении литейной формы и стержней припыливание применяют для предупреждения прилипания смеси к стенкам модели и стержневых ящиков. С этой целью припыливают поверхность модели в опоке перед ее набивкой. Материал припыла называют модельной пудрой.

Прилипание смеси к поверхности модели объясняется тем, что модель в процессе изготовления формы смачивается водой, нахо-

дящейся в смеси. Модельная пудра устраняет возможность смачивания модели, образует на ее поверхности прочный водонепроницаемый слой.

В качестве модельных пудр применяют ликоподий, древесноугольную пыль, графит и другие материалы. В производстве художественных отливок чаще используют ликоподий и древесноугольную пыль. Ликоподий — легкий, подвижный порошок (зрелых сухих спор специальных растений) светло-желтого цвета, не впитывающий влагу. Из-за высокой стоимости ликоподия применение его, как модельной пудры, ограничено. Для изготовления форм художественного литья наибольшее применение получила древесноугольная пыль. Она не только устраняет возможность прилипания смеси к модели, но одновременно создает на поверхности формы противопопригарный слой.

**Разделительный песок** применяют для разделения одной части формы от другой путем присыпания поверхности разъема формы в процессе ее изготовления. Разделительный песок не должен содержать глины, так как глина обладает клеящим свойством. Обычно используют чистый кварцевый песок или песок, очищенный с поверхности отливки, предварительно освобожденный от металлических примесей просеиванием через сито. При изготовлении небольших форм для художественных отливок в качестве разделителя удобно применять древесноугольный порошок, используемый для припыла. Такой разделитель вполне отвечает требованиям, не снижает качества формовочной смеси, не засоряет ее.

**Керосин** применяют для смачивания поверхности моделей и стержневых ящиков во избежание прилипания к ним смеси в процессе изготовления форм и стержней.

**Прокладочная глина.** При заливке крупных форм статуйного и архитектурного литья из-за неплотного прилегания полуформ и значительного давления металла возможен выход его из формы через разъем или проникновение его в каркасную трубу стержня. То и другое ведет к образованию дефектов в отливке. С целью предупреждения вытекания металла из полости формы при сборке на поверхности разъема по периметру полости формы прокладывают глиняный валик толщиной 5—10 мм. Также уплотняют зазоры между стержневыми знаками стержней и формы. Для приготовления прокладочной глины берут 66 % отработанной формовочной смеси, 34 % формовочной глины и 40 % воды (сверх 100 %).

**Стержневой клей.** Большие и сложные стержни для упрощения процесса изготовления делают по частям, которые в процессе сборки, после сушки, спаривают путем склеивания специальными декстриновыми или сульфитными клеями. Иногда крупные стержни склеивают раствором белой глины. Некоторые заводы используют стержневые клеи и для крепления частей литейных форм, изготавливаемых способом кусковой формовки.

**Фитиль** представляет собой шнур, покрытый воском или парафиностеариновой смесью. Восковые фитили применяют при изготовлении стержней сложной формы, в которых невозможно иным способом выполнить вентиляционные каналы. Такие фитили стоят дорого.

## § 6. Подготовка исходных формовочных материалов

Процесс подготовки исходных материалов включает подготовку свежих формовочных материалов и отработанной смеси.

**Подготовка свежих формовочных материалов.** Формовочные материалы поступают из карьера на склад литейного цеха часто в состоянии, не пригодном для приготовления смесей. Пески; например, могут поступать из карьера комками различных размеров (особенно в холодное время), спрессованными в виде плиток (полужирные пески Каслинского карьера), поэтому формовочные материалы перед применением их для приготовления смеси подвергают предварительной обработке — сушке, размолу, просеиванию.

**Сушка.** В зависимости от количества потребляемых формовочных материалов и степени механизации литейного цеха пески и глины сушат различными способами. В литейных цехах, где расход формовочных материалов невелик, сушку производят на простых печах (плитах), противнях, устройство которых не требует больших средств и времени.

В механизированных литейных цехах пески и глины сушат в специальных барабанных сушильных печах производительностью до 20 т/ч. На рис. 2 показана горизонтальная сушильная печь, представляющая собой вращающийся металлический барабан 1 длиной до 10 м и диаметром до 2,5 м. Внутри приемной части барабана к стенкам его крепятся винтовые лопатки, которые распределяют поступающий через воронку 2 материал по продольным ячейкам барабана. Механизм вращения барабана, смонтирован-

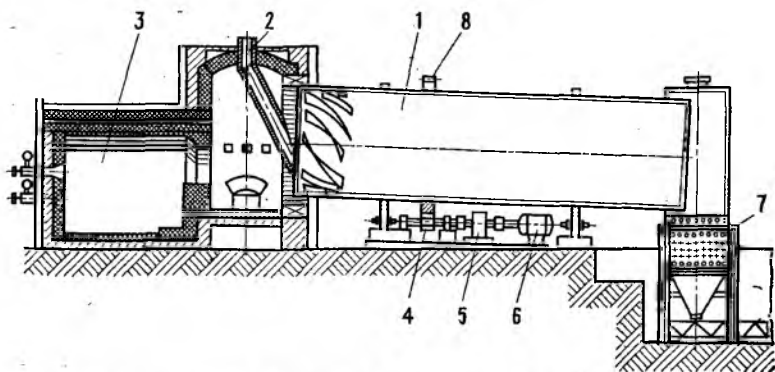


Рис. 2. Схема горизонтальной барабанной сушильной печи для песка и глины

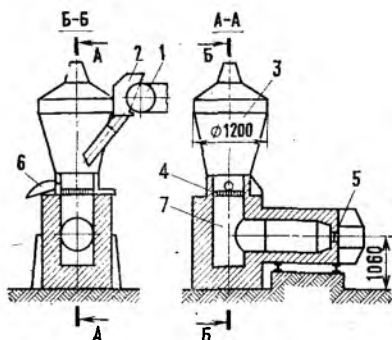


Рис. 3. Схема установки для сушки песка в кипящем слое

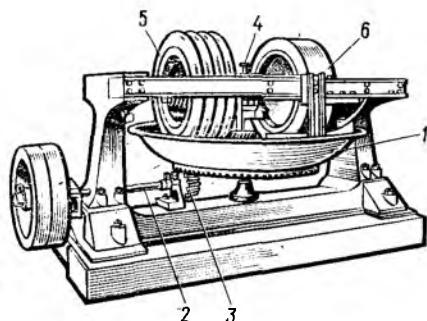


Рис. 4. Бегуны для размалывания

ный на раме опорного устройства, состоит из электродвигателя 6, редуктора 5, ведущей шестерни 4 и расположенного на поверхности барабана зубчатого колеса 8. Со стороны приемной части барабана расположена топка 3 печи, на противоположной стороне — разгрузочная камера 7.

В качестве топлива для сушки применяют природный газ. Загруженный в печь для сушки материал благодаря наклону барабана перемещается и высушенным подается в разгрузочную камеру.

Преимущество горизонтальной печи заключается в том, что свободно падающие в барабане материалы не только сохнут, но и частично раздробляются, что дает возможность использовать печь для сушки комковатых жирных формовочных песков и глин. Недостаток таких печей — их громоздкость. Используют также многоходовые сушила, в которых несколько барабанов расположены один внутри другого. Материал при сушке проходит в одном направлении и возвращается последовательно через разные барабаны.

Одной из современных сушильных установок является установка сушки в кипящем слое (рис. 3), получившая такое название из-за состояния песка, находящегося при сушке в установке. Песок для сушки поступает в аппарат по транспортеру 1 через воронку 2 в конический резервуар 3, на дне которого расположена металлическая решетка 4 с отверстиями диаметром 2,3 мм. Общая площадь отверстий составляет 6—7 % всей площади решетки. Толщина слоя песка на решетке 400—450 мм. В процессе сушки из топки 5 горячие газы с температурой 1100—1200 °С проходят в камеру 7, смешиваются с воздухом, подаваемым вентилятором, и при температуре 500—700 °С направляются под решетку резервуара. Проходя слой песка, горячие газы приводят его в движение и обеспечивают быстрое высыхание песка. Регулируемый заслонкой сухой песок по желобу 6 вытекает в камеру охлаждения. Аналогичный принцип использован и для охлаждения песка после



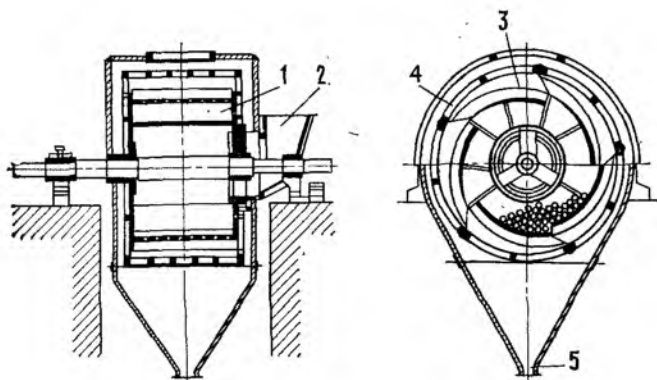


Рис. 5. Шаровая мельница

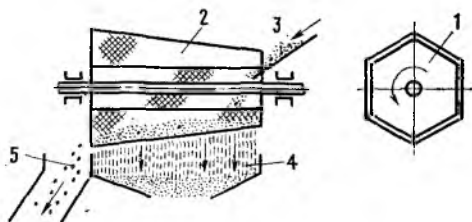
сушки в другой камере, где через горячий песок пропускают холодный воздух. Производительность такой сушильной установки до 10 т в час. Габаритные размеры ее значительно меньше размеров горизонтальной сушильной печи. Кроме того, достигается экономия расхода газа.

**Размол.** У формовочных песков, применяемых в производстве художественного и архитектурного литья, размер зерен составляет 0,15—0,05 мм, что соответствует группе мелких и тонких песков. Таких зерен в массе поступающих с карьеров песков находится, как правило, не более 50 %, остальную часть составляют более крупные зерна. Кроме того, некоторые пески поступают из карьеров в виде спрессованных пластин, а глины — в виде комков. Такие пески после сушки подвергают размолу в бегунах.

Размалывающие бегуны (рис. 4) имеют чугунную чашу 1, приводимую в движение через приводной валик 2, и зубчатую передачу 3. Внутри чаши на неподвижной оси, прикрепленной к проходящему в центре чаши стояку 4, свободно посажены два тяжелых катка: ребристый 5 и гладкий 6. Материал для размола загружают в чашу. При вращении чаши материал попадает под катки, которые своей тяжестью дробят и размалывают его.

Глину и уголь размалывают в специальных шаровых мельницах (рис. 5). Вращающийся на горизонтальном валу барабан 1 смонтирован из стальных пластин, между которыми сделан небольшой зазор. Поверхность барабана обтянута двумя металлическими сетками (редкой 3 и частой 4), представляющими собой барабанные сита для просеивания размолотого материала. Глину и уголь загружают в барабан через воронку 2. В барабане находятся металлические шары, которые при вращении барабана размалывают попадающий между ними материал. Размельченный материал проваливается через зазоры между пластинами, попадает на сита, просеивается и собирается в бункере. Из бункера (через отверстие 5) материал берут для использования.

Рис. 6. Схема устройства барабанного сита



**Просеивание.** После размола для получения более однородной по размеру зерен массы песок просеивают на вращающихся барабанных или качающихся ситах. Схема устройства и работы шестигранного сита показана на рис. 6. Песок для просеивания поступает через воронку 3 во вращающийся на оси шестигранный барабан 1, обтянутый сеткой 2 с ячейками необходимых размеров. Мелкие частицы во время вращения барабана, скатываясь по сетке, проваливаются через нее и попадают в бункер 4 готового (просеянного) песка, откуда идут для дальнейшего использования. Крупные, не прошедшие через сетку частицы песка, скатываются по наклонной стенке сита и падают по желобу 5 в бегуны для повторного размола. В связи с большим расходом формовочных материалов в механизированных литейных цехах операции сушки, размола и просеивания производятся специальным комплексом агрегатов, позволяющим автоматизировать процесс.

**Подготовка отработанной смеси.** В производстве отливок общий расход формовочных материалов на 1 т готового литья составляет в среднем 4—5 т. Основную их часть при приготовлении формовочной смеси составляет выбитая из опок предварительно обработанная отработанная смесь. Подготовка отработанной смеси заключается в ее дроблении, просеивании, магнитной сепарации и обеспыливании (регенерации).

**Дробление.** Выбитая из опок формовочная смесь, особенно при кусковой формовке, содержит большое количество плотно спрессованных комков. Такую смесь в процессе подготовки измельчают на специальных дробильных вальцах (рис. 7). Дробленую смесь просеивают через сито с крупной сеткой с целью очистки ее от частей каркасов, дерева (солдатиков), металлических шпилек, оставшихся от крепления частей формы.

**Магнитная сепарация.** Просеянная после дробления смесь очищается от металлических частиц магнитным сепаратором, схема действия которого показана на рис. 8. Для очистки смесь подается на движущуюся ленту транспортера 1, натянутую на двух барабанах. Один из барабанов сепаратора является электромагнитом. Металлические частицы смеси, попадая в зону действия магнита, притягиваются к ленте и движутся с ней до тех пор, пока не выйдут из зоны действия магнита. Отрываясь от ленты, металлические частицы попадают в бункер 2. Смесь же, на которую не действуют силы магнита, ссыпается с ленты в бункер 3. По тому же принципу работают подвесные магнитные железобетонные делители, устанавливаемые над лентой транспортера.

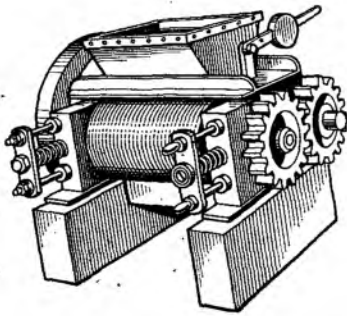


Рис. 7. Дробильные валцы

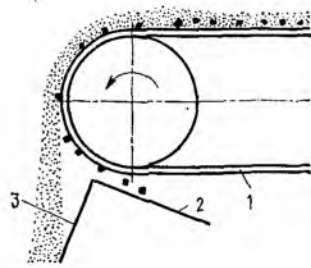


Рис. 8. Схема работы магнитного сепаратора

**Регенерация (обеспыливание).** В отработанных смесях, находящихся в очистном отделении, содержится до 60—70 % годного для использования песка и 40—30 % разрушившихся зерен песка и пыли. Кроме того, при сгорании органических веществ в смеси они могут коксоваться на поверхности песчинок, неорганические крепители могут создавать пленки на песчинках (например, жидкое стекло). Регенерация — совокупность технологических операций, связанных с удалением вредных примесей и обеспыливанием отработанных формовочных и стержневых смесей. Полученный при этом песок называется регенератором.

Известны два способа обеспыливания. Мокрый способ — отмыв пыли проточной водой в специальных бассейнах. Отмытый от пыли песок осаждается на дно бассейна-отстойника, откуда его выгребают и просушивают в горизонтальных сушильных печах. При этом могут удаляться отмывающиеся или растворяющиеся пленки (например, глина). При таком способе требуется большой расход воды, наличие довольно больших бассейнов-отстойников, сушка песков. Поэтому в литейных цехах он не получил большого применения.

Наиболее удобным способом обеспыливания и разделения отработанной смеси на группы по зерновому составу является электросепарация. Схема устройства и работы электросепаратора показана на рис. 9. В камере электросепаратора установлены две металлические сетки 1, между которыми расположен ряд горизонтальных проволок 2. К проволокам подведен ток высокого напряжения, вследствие чего вокруг них создается поле, несущее электрические заряды к заземленным металлическим сеткам 1.

Смесь, подлежащая очистке, через воронку 3 подается на лоток 4 и двумя потоками между сетками 1 и рядом заряженных проволок падает вниз. Частицы смеси получают при этом электрический заряд и, как бы отталкиваясь от ряда проволок 2, изменяют траекторию падения в сторону заземленных сеток. Величина отклонения частиц обратно пропорциональна их массе. Мелкие, легкие частицы отклоняются, крупные — попадают на сетку,

Рис. 9. Схема устройства и работы электросепаратора

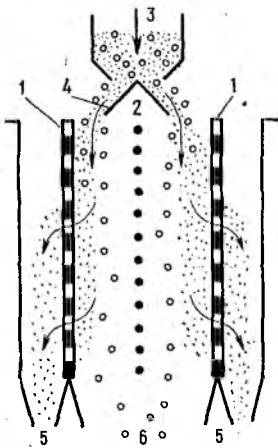
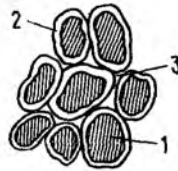


Рис. 10. Схема структуры формовочной смеси



проходят через нее и падают в бункер 5. Более крупные частицы отклоняются от вертикального направления меньше и падают в бункер 6. Так, отработавшая смесь разделяется на крупные зерна, которые используются вновь для приготовления формовочной смеси, и пыль, идущую в отвал.

## § 7. Формовочные смеси и их свойства

Пригодные для изготовления литейных форм формовочные пески с необходимым содержанием глины в карьерах встречаются редко. Исключением являются некоторые пески Каслинских карьеров на Урале (Лазаретский и Конский). В большинстве же случаев глину и песок добывают отдельно и смешивают в определенных пропорциях для получения смеси, необходимой для формовки. На рис. 10 показана схема структуры формовочной смеси. Основную часть смеси составляют зерна 1 песка, оболочка глины 2 обеспечивает склеивание зерен песка и прочность смеси. Междузерновые пространства 3 обеспечивают газопроницаемость смеси.

Для получения художественной отливки, имеющей сложный рисунок поверхности и тонкие стенки, большую роль играет качество формовочной смеси, из которой готовят литейную форму. Качество формовочной смеси определяется ее прочностью, пластичностью, газопроницаемостью, огнеупорностью, податливостью, составом зерен, теплопроводностью. Рассмотрим каждое из этих свойств.

**Прочность.** Поверхность полости литейной формы художественной отливки имеет большое число выступов, углублений, отпечатков рисунков различной величины и сложности. Эти элементы могут легко разрушиться при разборке, сборке, переноске и заливке формы металлом. Если отдельные частицы формовочной смеси не будут прочно связаны между собой, форма не будет спо-

собна сопротивляться действующим на нее разрушающим усилиям. Свойство формовочной смеси противостоять разрушающим действиям усилий, возникающих в процессе изготовления литейной формы, ее транспортировки и заливки, называется прочностью.

Прочность формовочной смеси зависит от количества в ней глины и влаги, от формы и поверхности зерен песка смеси и степени уплотнения ее в форме. Чем больше в смеси глины, при нормальном содержании влаги, тем равномернее на каждом зерне песка слой глины, тем прочнее зерна смеси склеены между собой. Чем шероховатее поверхность зерен смеси и выше степень уплотнения ее в форме, тем прочнее формовочная смесь.

**Пластичность.** Свойство формовочной смеси принимать во влажном состоянии отпечаток поверхности модели и сохранять его во время заливки формы называется пластичностью смеси. Пластичность формовочной смеси зависит от размера зерен песка, количества содержащейся в ней глины, влаги и способа приготовления смеси. Чем мельче зерна песка смеси и больше среди них глины, тем легче, полнее они заполняют мелкие складки поверхности модели.

**Газопроницаемость.** При заливке формы образуется большое количество паров и газов. Они появляются под действием высокой температуры заливаемого металла главным образом в результате испарения из смеси влаги и сгорания органических составляющих смеси. Кроме того, некоторое количество газа выделяет и заливаемый в форму металл.

Газы препятствуют нормальному заполнению металлом полости формы. Заполнение полости металлом может быть неполным, если газы не будут своевременно удалены из формы. При повышенном давлении газа в форме он может проникать в жидкий металл, образуя газовые раковины в отливках.

Полость формы заполняется металлом нормально, если в процессе заливки газ из нее выходит через вентиляционные каналы формы или непосредственно через ее стенки — уплотненную формовочную смесь. Способность формовочной смеси пропускать через стенки формы пары и газы, образующиеся при ее заливке, называют газопроницаемостью. Газопроницаемость формовочной смеси зависит от однородности размера и формы зерен песка, количества глины и влаги, находящихся в смеси, и от степени уплотнения смеси в форме. Формовочные смеси с крупными округлой формы зёрнами песка, с небольшим содержанием глины и влаги обладают хорошей газопроницаемостью. Смеси с мелкими остроугольной формы зёрнами песка, с большим содержанием глины и влаги имеют меньшую газопроницаемость. Частицы песка в такой смеси, плотно прилегая друг к другу, оставляют малые междузерновые пространства, являющиеся каналами для газов в стенках формы. Сильное уплотнение смеси в форме снижает ее газопроницаемость.

**Газотворная способность** — способность формовочной смеси выделять газы при нагревании (заливке формы). Высокая газотворная способность формовочной смеси (зависящая от количества в ней газообразующих примесей) отрицательно влияет на качество формы. Так, формовочная смесь с нормальной газопроницаемостью, но с высокой газотворной способностью может быть причиной образования газовых раковин в отливке. И, наоборот, смесь с малой газопроницаемостью и малой газотворной способностью может дать лучший результат в удалении газов из формы.

Поэтому лучшей считается такая формовочная смесь, у которой газотворная способность меньше. Формовочная смесь не должна выделять большого количества газов, особенно сразу после заливки формы, когда газы, стремясь выйти из формы, могут проникать в еще незатвердевший металл и остаться в нем в виде раковин.

**Огнеупорность.** При заливке формы металлом стенки ее подвергаются действию высокой температуры: при этом слой формовочной смеси в форме, соприкасающейся с металлом, может образовать на поверхности отливки трудноотделимую корку пригара. В этом случае отливки имеют неровную шероховатую поверхность, очистка которой иногда стоит дороже самой отливки. В отливках художественных изделий, имеющих сложную поверхность, пригар во многих случаях считается неисправимым браком. Хорошая формовочная смесь не должна оплавляться при соприкосновении с металлом; температура оплавления-спекания смеси должна быть выше температуры заливаемого в форму металла. Способность формовочной смеси сопротивляться оплавлению под действием температуры металла называют огнеупорностью.

Огнеупорность смеси зависит от размеров зерен песка и его химического состава. Чем крупнее зерна, тем труднее металлу оплавливать их при заливке формы, тем меньше смесь пригорит к стенкам отливки. Чем меньше в смеси легкоплавких составляющих, тем выше ее огнеупорность.

**Однородность.** Формовочная смесь считается однородной, если ее технологические свойства одинаковы по всему объему. Однородность смеси обеспечивается сосредоточенной структурой ее зернового состава и равномерным распределением составляющих компонентов путем тщательного перемешивания при приготовлении. Однородность смеси обеспечивает ей хорошую газопроницаемость и прочность.

**Податливость.** Залитый в форму металл при кристаллизации и охлаждении уменьшается в объеме, и готовая отливка будет иметь несколько меньшие размеры, чем полость формы. Такое явление в производстве отливок называют усадкой отливки.

**Литейная форма,** особенно та часть ее, которая образует внутреннюю полость отливки (выступ, стержень), не должна сопротивляться усадке металла отливки. В противном случае из-за напряжений, возникающих в металле, в стенках отливки могут образо-

ваться трещины. Свойство формовочной смеси, характеризующее сопротивление усадке отливки в форме, называется податливостью.

Долговечность формовочной смеси — это способность ее сохранять свои первоначальные свойства после многократного использования. Под действием высокой температуры металла, заливаемого в форму, зерна песка смеси растрескиваются, глина теряет свою связующую способность и превращается в пыль. Для дальнейшего использования такой смеси ее следует освежать, т. е. добавлять в нее свежие материалы и отсеивать мелкие частицы — пыль.

Долговечность формовочной смеси зависит от правильного обращения с нею и ее хранения. Бережное обращение со смесью и правильное ее использование увеличивает срок службы смеси, сокращает расход формовочных материалов, снижает стоимость отливок.

### § 8. Разновидности формовочных смесей

Художественные отливки по степени сложности, массе и материалу, из которого они изготовлены, весьма разнообразны. Так в производстве одного лишь Каслинского завода на Урале можно встретить отливки массой от нескольких граммов до нескольких тонн, по размерам от сантиметра до нескольких метров, по толщине стенки от миллиметра до десятков миллиметров. Естественно, что требования, предъявляемые к литейным формам таких разнообразных отливок, также не одинаковы. Например, прочность стенки формы статуи массой 5 т не может быть равна прочности стенки формы ажурной коробочки или браслета для часов. Следовательно, и формовочные смеси как материал для изготовления литейных форм не могут быть одинаковыми для всех форм.

Формовочные смеси, применяемые в производстве художественных и архитектурных отливок, подразделяют по нескольким признакам:

- 1) по виду использования — облицовочные, наполнительные, единые;
- 2) в зависимости от применяемых при приготовлении смеси песков — природные, или естественные и искусственные, или синтетические;
- 3) по роду применяемого для отливки металла — для чугуна литья и для цветного литья;
- 4) по состоянию формы перед заливкой — для форм, заливаемых в сыром виде, и для форм, заливаемых после сушки;
- 5) специальные формовочные смеси.

**Облицовочной смесью** называют такую смесь, которую используют для изготовления рабочего слоя формы, соприкасающегося с моделью (а следовательно, и с отливкой). Облицовочная смесь, воспроизводящая отпечаток поверхности модели, первая прини-

мает на себя температурные воздействия заливаемого в форму металла и должна обладать хорошей прочностью, пластичностью, огнеупорностью и газопроницаемостью. Поэтому облицовочная смесь содержит, как правило, большой процент свежих формовочных материалов и, как наиболее дорогая, используется в форме в небольших количествах, слоем 20—30 мм (на поверхности модели).

**Наполнительной** смесью называют смесь, которой заполняется форма после нанесения облицовочной смеси. Она состоит в основном из оборотной смеси.

Формовочные смеси при машинной формовке архитектурного литья вследствие особенностей технологического процесса формовки используются одновременно в качестве облицовочной и наполнительной смеси и называются **едиными смесями**.

Естественные, или природные смеси, представляют собой глинистые пески марок П0063 и Ж005 с содержанием глины от 12 до 30 %.

Природные формовочные смеси широко применяют в производстве тонкостенных ажурных и кабинетных чугунных и цветных отливок для форм, заливаемых в сыром виде и после сушки. Эти смеси обладают хорошей пластичностью и прочностью.

**Искусственные, или синтетические смеси** — наиболее распространены в производстве художественных и архитектурных отливок. Они представляют собой смесь песка и глины или нескольких песков с большим или меньшим содержанием глины и отработанной смеси. Пески и оборотную смесь смешивают в таких пропорциях, чтобы в результате образовалась формовочная смесь, обладающая необходимыми технологическими свойствами.

**Формовочные смеси для форм чугунных отливок.** Состав формовочных смесей (табл. 8) зависит от сложности конфигурации и поверхности отливок, толщины их стенок и состояния литейной формы перед заливкой. Смеси для форм ажурных отливок, имеющих сложную поверхность, тонкую стенку и большое число просветов, образующих ажур, должны обеспечивать получение в форме четкого отпечатка сложной поверхности модели и прочность мельчайших болванчиков, дающих просветы в отливке. Кроме того, чугун при заливке в форму по сравнению с цветными сплавами имеет более высокую температуру. Поэтому формовочные смеси для форм, заливаемых чугуном, должны иметь достаточную огнеупорность.

Повышение температуры заливки чугуна приводит к более интенсивному газовыделению при прогреве формы — формовочные смеси должны иметь хорошую газопроницаемость. Таким образом, формовочные смеси для форм, заливаемых чугуном, при достаточной прочности должны быть газопроницаемыми и огнеупорными.

**Формовочные смеси для форм отливок из цветных сплавов.** Латунь, бронза и алюминиевые сплавы, применяемые в производстве художественного литья, по сравнению с чугуном имеют более



Таблица 8

## Формовочные смеси для форм чугуных художественных и архитектурных отливок

Отливки	Особые требования к отливкам	Состояние формы перед заливкой	Смесь, марка песка	Состав смеси, %			Предел прочности при сжатии, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Газопроницаемость	Влажность, %
				Глина	Свежие формовочные материалы	Оборотная			
Тонкостенные ажурные (шкатулки, вазы, тарелки, кронштейны и др.)	Повышенная чистота поверхности	Сырая	Единая, П0063	12—20	10—12	Остаточное	0,03—0,035 (0,30—0,35)	80—90	3—4
Кабинетные (настольные бюсты, статуэтки и др.)	Чистота и мягкость поверхности (отливки подвергаются отжигу)	Сухая	Облицовочная, Ж0005	25—30	60—70	30—40	0,085—0,09 (0,85—0,9)	19—21	9—10
			Наполнительная, Ж0063	10	—	100	0,055—0,06 (0,55—0,60)	20—25	6—8
Статуарные (статуи и памятники)	Чистота поверхности	Сухая	Облицовочная, Ж0063	30	70	30	0,08—0,09 (0,8—0,9)	20—25	5—6
			Наполнительная, Ж0063, 2К016	2,4	12,5	87,5	0,065—0,07 (0,65—0,70)	25—30	6—7
Архитектурные (решетки, колонны, балясины, барельефы и др.)	Чистота поверхности	Сырая	Облицовочная 3К015	12—15	30	70	0,02—0,025 (0,20—0,25)	30—50	4—6
			Ж006 Мазут		18 10 2				
			Наполнительная 2К0315Б Бентонитовая эмульсия	10—12	15 2 5 8	85	0,02—0,03 (0,20—0,30)	65—70	4—5

низкую температуру заливки и большую жидкотекучесть. Поэтому при изготовлении литейных форм представляется возможным применять мелкозернистые формовочные смеси, дающие чистую и гладкую поверхность отливки.

**Формовочные смеси для форм, заливаемых по-сырому,** применяют при изготовлении литейных форм для тоикостеинных и ажурных отливок (барельефы, ажурные тарелки, вазы, детали статуэток).

Для получения в форме хорошего отпечатка, сложной поверхности модели и прочности небольших болванчиков, образующих просветы в отливке, формовочные смеси таких форм должны иметь хорошую газопроницаемость, пластичность и быть достаточно прочными. Поэтому при приготовлении смесей применяют мелкозернистые пески с повышенным содержанием глины.

Смеси для форм, заливаемых по-сырому, применяют и при изготовлении форм для архитектурных отливок. В этом случае большая масса отливки и размеры форм требуют применения в формовочных смесях более крупных песков и повышающих огнеупорность смеси добавок.

**Формовочная смесь для форм, заливаемых после сушки.** Литейные формы статуй и бюстов значительно сложнее обычных. Для их изготовления применяют, как правило, сложную кусковую формовку. При такой формовке формовщик, разбирая форму для удаления модели, имеет дело не с полуформами, скрепленными стенками опоки, а с частями формы в виде спрессованных кусков формовочной смеси. Естественно, что такие формы должны быть изготовлены из более прочных формовочных смесей.

Смеси для кусковой формовки должны выдерживать давление не менее 0,09 МПа поверхности формы. Газопроницаемость таких смесей в сыром виде вследствие содержания в них большого количества глины низкая (20—25). Поэтому литейные формы, изготовленные из этих смесей, нельзя заливать в сыром виде, так как повышенное количество пара и газа не будет иметь возможность свободно выходить из формы через ее стенки. Газопроницаемость форм, изготавливаемых из жирных формовочных смесей, улучшают путем их сушки. В процессе сушки в результате испарения влаги и выгорания добавок увеличивается пористость формы. Газопроницаемость смеси в форме после сушки повышается до 60—70.

Смеси, формы из которых заливают после сушки, называют формовочными смесями для формовки по-сухому.

В качестве наполнительной смеси используют одну отработавшую смесь. Освежают ее за счет наличия в ней значительного количества не перегоревших кусков форм, набиваемых из жирной облицовочной смеси.

**Специальные формовочные смеси.** В производстве художественного литья часты случаи, когда сложность отливки требует применения особых способов изготовления литейной формы, применения специальных формовочных смесей.

Жидкая формовочная смесь применяется при формовке скульптурных отливок для нанесения облицовочного слоя на поверхность восковой модели и изготовления в форме стержня. На поверхность модели жидкую смесь наносят путем оплескивания модели, при изготовлении стержня смесь заливают в полость гипсовой формы. В состав жидкой формовочной смеси входят кварцевые пески, маршаллит, цемент и вода.

Суспензию на этилсиликатном связующем применяют для нанесения на поверхность выплавляемой модели слоя, который после выплавления ее образует неразъемную керамическую форму — оболочку для отливки.

Связующим суспензии является гидролизированный раствор этилсиликата, наполнителем — пылевидный кварц (маршаллит) марки КП1, КП2, прокаленный при температуре 850—900 °С и просеянный через сито с шелковой сеткой.

Песчано-смоляные смеси применяют в производстве отливок, получаемых в оболочковых формах. В состав смеси в качестве наполнителя входит кварцевый песок с зёрнами размером менее 0,2 мм. В качестве связующего используют терморезистивную смолу. В целях экономии дорогостоящих смол оболочки полужформ изготавливают двухслойными. В этих случаях песчано-смоляные смеси делят на облицовочные и наполнительные. Облицовочные готовят с большим содержанием смол, наполнительные — с меньшим.

**Стержневые смеси** в процессе заливки формы находятся в более тяжелых условиях, чем формовочные, поэтому они должны быть более прочными, газопроницаемыми, податливыми, огнеупорными, менее гидроскопичными, с хорошей выбиваемостью из отливки.

Основными материалами для приготовления стержневых смесей, как для формовочных, является песок и глина. Однако большое количество глины, необходимое для повышения прочности, ухудшает газопроницаемость, податливость, выбиваемость смеси, увеличивает ее пригар к стенкам отливки. Для улучшения качества стержневой смеси в ее состав вместо глины вводят крепители. К ним относятся различного рода масла, канифоль, каменноугольный пек, сульфитно-спиртовая барда, декстрин, жидкое стекло и другие специальные материалы.

В зависимости от применяемого связующего стержневые смеси делятся на песчано-глинистые, в которых связующим является глина, и песчано-масляные, в которых связующим являются органические вещества — заменители масел. Песчано-глинистые смеси имеют достаточную прочность в сыром виде; их применяют для стержней простых форм художественных отливок, изготавливаемых по-сырому. Песчано-масляные смеси применяют для стержней кусковых форм, заливаемых после сушки.

В технологическом процессе изготовления стержней значительную часть времени занимает их сушка. Трудоемкий и продол-

Таблица 9

## Стержневые смеси для чугуных художественных и архитектурных отливок

Отливки	Состав смеси, %										Предел прочности, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )			
	Основные материалы						Связующие материалы					Влажность, %	Предел прочности при сжатии	при рас- тяжении
	Оборотная смесь	Песок					Глина	Сульфитная барда	Декстрин	Жидкое стекло				
2К016А		Ж006А	Т015	1К01А	3К02А									
Кабинетные (настольные бюсты, ста- туэтки и группы)	—	90	10	—	—	—	—	—	1	—	130	3—4	0,018—0,03 (0,18—0,30)	0,2 (2)
	—	—	—	98	—	2	—	—	—	—	70	6—7	0,02—0,03 (0,2—0,3)	
Архитектурные (колонны, тум- бы, вазы деко- ративные и др.)	40	50	10	—	—	—	—	—	—	2	90	5—6	0,03—0,035 (0,30—0,35)	0,07—0,15 (0,7—1,5) 0,3—0,5 (3—5)
	50	—	—	—	25	20	5	—	—	—	100	3—4	0,015—0,03 (0,15—0,30)	

жительный процесс сушки стержней устраняется совершенно или сокращается до минимума при использовании в стержневых смесях в качестве связующего жидкого стекла (5—7 %). Стержни из таких смесей твердеют на воздухе без обработки или после продувки углекислым газом  $\text{CO}_2$ . Такую смесь называют самотвердеющей.

В последние годы применяют жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС), при которых отпадает необходимость сушки стержней, а также процесс уплотнения их в стержневом ящике. После 20—30 мин заливки жидкая стержневая смесь в ящике становится прочной и стержень можно извлекать из стержневого ящика.

Для улучшения податливости и газопроницаемости в стержневые песчано-глинистые смеси для крупных стержней статуарных отливок добавляют рубленую солому, древесные опилки, торф. Для небольших стержней статуэток иногда вместо специальной стержневой смеси используют облицовочную смесь для кусковой формовки. В табл. 9 приведены составы и свойства стержневых смесей, применяемых в производстве кабинетных художественных и архитектурных отливок.

### § 9. Приготовление формовочных смесей

Качество художественной отливки зависит во многом от качества формовочной смеси, из которой приготовлена ее литейная форма. Поэтому подбор формовочных материалов для смеси и дальнейшее ее приготовление в технологическом процессе получения отливки имеет важное значение. Формовочная смесь может быть приготовлена из свежих формовочных материалов и отработанной смеси с небольшой добавкой свежих материалов.

Процесс приготовления формовочных смесей из свежих формовочных материалов состоит из следующих операций: 1) составления смеси (подбор формовочных материалов); 2) перемешивания составляющих смеси в сухом виде; 3) увлажнения; 4) перемешивания после увлажнения; 5) вылеживания; 6) разрыхления.

**С о с т а в л е н и е.** Известно, что формовочные пески, отвечающие всем технологическим свойствам формовочной смеси, в природных условиях встречаются редко. Поэтому смеси, как правило, готовят путем подбора песков с различным содержанием глины так, чтобы полученная смесь имела нужный процент глины и обладала необходимыми технологическими свойствами. Такой подбор материалов для приготовления смеси называют составлением смеси.

**П е р е м е ш и в а н и е.** Составляющие формовочной смеси тщательно перемешивают в сухом виде с целью равномерного распределения частиц глины по всей массе песка. Затем смесь увлажняют, добавляя нужное количество воды, и снова перемешивают так, чтобы каждая из частиц песка покрылась пленкой глины или другого связующего. Увлажнять компоненты смеси до перемешивания

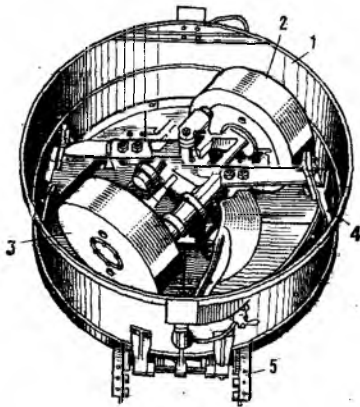


Рис. 11. Смешивающие бегуны:  
1 — кожух; 2, 3 — катки; 4 —  
плужки; 5 — механизм закрыва-  
ния отверстия в дне чаши

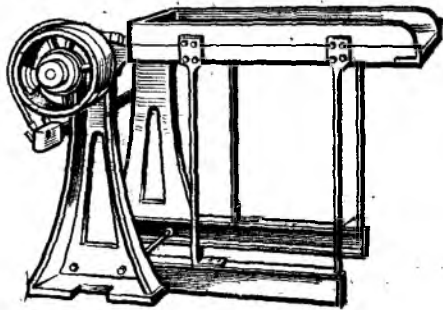


Рис. 12. Механическое качающееся сито

вания не рекомендуется, так как при этом пески с высоким содержанием глины скатываются в виде небольших шариков, трудно поддающихся разрыхлению. Перемешивание большого количества материалов вручную — большая и трудоемкая работа. В современных литейных цехах составляющие смеси в процессе ее приготовления перемешивают в шнековых смесителях или смешивающих бегунах.

Смешивающие бегуны (рис. 11) имеют неподвижную чашу и два гладких катка, посаженных на горизонтальной оси вертикального вала, соединенного конической передачей с редуктором электродвигателя. Между катками и дном чаши делается регулируемый зазор, предотвращающий дробление катками зерен смеси.

Для приготовления смеси составляющие ее материалы засыпают в чашу бегунов и перемешивают в течение 2—3 мин в сухом виде. Затем заливают в смесь необходимое количество воды и продолжают перемешивать в течение 10—15 мин до получения равномерной по влажности и прочности смеси. Готовая формовочная смесь выгружается из чаши бегунов через отверстие в дне чаши.

В современных мощных литейных цехах применяют сдвоенные смешивающие бегуны производительностью до 200 м<sup>3</sup>/ч, маятниковые бегуны с циклом обработки замеса 1,5—3 мин.

**В ы л е ж и в а н и е.** Для более равномерного распределения влаги по всей массе формовочная смесь должна вылежаться в течение 1,5—2 ч.

**Р а з р ы х л е н и е.** Слежавшуюся после вылеживания смесь разрыхляют просеиванием через сита с ячейками 5—8 мм. На рис. 12 показано устройство механического сита. В современных механизированных цехах для разрыхления смеси применяют специальные машины — разрыхлители различной конструкции.

Удобными в производстве художественного литья являются передвижные дезинтеграторы.

**Приготовление смеси для кусковой формовки.** Отличительной особенностью смеси для кусковой формовки является значительное содержание в ней глины (25—30 %). Глинистые пески, как указывалось ранее, трудно поддаются перемешиванию с другими, поэтому при приготовлении из них смеси избегают перемешивания после увлажнения, а поступают следующим образом. Хорошо смешанные в сухом виде составляющие формовочной смеси засыпают слоем толщиной 6—8 см в специальный (запарный) ящик, поверхность слоя слегка увлажняют. На первый слой засыпают второй и снова поверхность его увлажняют. Такими слоями засыпают ящик до верха, поверхность последнего слоя не увлажняют. Смесь в ящике выдерживают (пропаривают) в течение 6—8 ч. При этом влага (без перемешивания) равномерно распределяется по всей массе смеси в ящике. Появление на поверхности верхнего слоя мокрых пятен свидетельствует о готовности смеси. После вылеживания смесь разрыхляют.

Влажность формовочной смеси для кусковой формовки обычно составляет 6—7 % и увеличение ее не ухудшает качество форм, так как их заливают сухими. При длительном изготовлении форм (сложное изделие) рекомендуется увеличить количество влаги в смеси до 10 %, так как это предохраняет ее от подсыхания во время продолжительного процесса формовки.

Зерна кварца смеси при неоднократных температурных воздействиях заливаемого в форму металла растрескиваются, а при дальнейших операциях приготовления смеси размельчаются, обогащая смесь пылью.

Глинистая часть смеси при нагревании постепенно теряет клеящую способность, перегоревшие частицы глины становятся в смеси балластом. Вследствие таких изменений смесь теряет свои первоначальные технологические свойства — уменьшается ее пластичность, газопроницаемость и огнеупорность. Для восстановления утраченных свойств в смесь добавляют 5—35 % свежих формовочных материалов. Такую операцию при приготовлении формовочной смеси принято называть *освежением смеси*.

Процесс приготовления формовочной смеси с использованием отработанной смеси состоит из следующих операций: 1) подготовки отработанной смеси; 2) добавлении в отработанную смесь свежих формовочных материалов; 3) смешивании в сухом виде; 4) увлажнении; 5) смешивании составляющих после увлажнения; 6) вылеживании; 7) разрыхлении.

## § 10. Испытание формовочных смесей

Качество приготовленной литейной формы и отлитого в ней изделия во многом зависит от свойств формовочной смеси, из которой приготовлена эта форма. Следовательно, прежде чем приступить

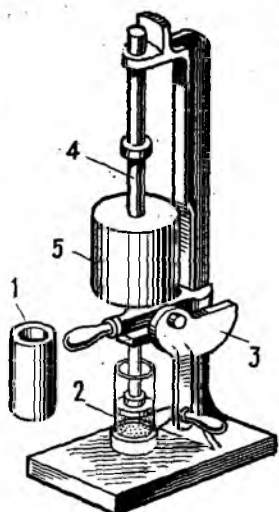


Рис. 13. Копер для изготовления образцов формовочной смеси

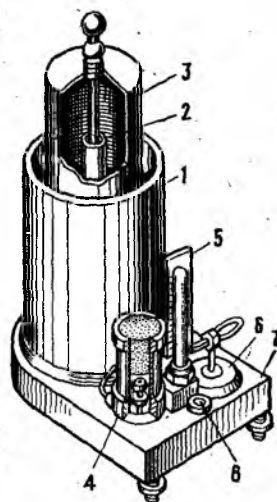


Рис. 14. Прибор для определения газопроницаемости формовочной смеси

к формовке, необходимо проверить, обладает ли формовочная смесь нужными свойствами. В современных условиях литейного производства определением свойств формовочной смеси занимаются специальные лаборатории, оборудованные соответствующими приборами. Контролю подвергают обычно не все свойства смеси, а лишь важнейшие, от которых в большей мере зависит качество изготавливаемых литейных форм и отливок: газопроницаемость, прочность, влажность, количество глины и зерновой состав песка.

**Определение газопроницаемости.** Газопроницаемость смеси в литейной форме зависит не только от количества содержащейся в ней глины, влаги и размера зерен песка, но и от степени уплотнения ее в форме. Чем плотнее набита форма, тем меньше пористость формовочной смеси. Поэтому смесь на газопроницаемость проверяют в уплотненном состоянии, т. е. примерно в тех условиях, в каких она будет находиться в литейной форме. Для этой цели из испытуемой смеси готовят стандартный образец цилиндрической формы, диаметром 50 мм и такой же высоты. Образец набивают в гильзу на специальном приспособлении — копере, изображенном на рис. 13, гильзу 1 с испытуемой смесью помещают под поршень штока копра. Троекратным поворотом ручки сектора 3 свободно сдвигая на штоке 4 груз 5 поднимают на высоту 50 мм. Падая вниз, груз ударяется о нижний прилив штока. Опускающийся при этом поршень уплотняет в цилиндре смесь. После уплотнения гильза вместе с образцом 2 поступает на испытание газопроницаемости смеси.

Если смесь предназначена для изготовления сухих форм и стержней, образец перед испытанием сушат.

Газопроницаемость образца определяют на специальном приборе (рис. 14), который состоит из цилиндрического бака 1 с впаянной в дно трубкой 2, основания 7 и плавающего колокола 3 с впаянной в дно трубкой. На боковой поверхности плавающего колокола имеются отметки 2000, 1000,0 и X. На основании прибора расположены ртутный затвор 4, водяной манометр 5, уровень 8 и трехходовой кран 6.

Перед началом испытания прибор приводят в рабочее положение. В бак наливают воду до уровня 120 мм от верхней кромки и опускают в него колокол, так чтобы верхняя кромка бака совпадала с отметкой X на колоколе, кран ставят



Таблица 10

Определение газопроницаемости по давлению продуваемого воздуха перед образцом

Давление мм вод. ст. (даПа)	Газопроницаемость при отверстии в иппеле		Давление, мм вод. ст. (даПа)	Газопроницаемость при отверстии в иппеле		Давление, мм вод. ст. (даПа)	Газопроницае- мость при от- верстии в иппеле	
	0,5 мм	1,5 мм		0,5 мм	1,5 мм		0,5 мм	1,5 мм
1	—	—	35	24,2	226	68	8,2	80
2	—	—	36	23,4	219	69	7,9	77
3	—	—	37	22,7	212	70	7,7	75
4	—	2450	38	21,8	205	71	7,5	73
5	—	2000	39	21,0	198	72	7,2	70
6	—	1620	40	20,0	193	73	7,0	67
7	—	1350	41	19,5	185	74	6,7	65
8	—	1200	42	19,0	178	75	6,5	63
9	—	1060	43	18,4	173	76	6,3	61
10	—	950	44	17,8	167	77	6,0	58
11	—	850	45	17,3	163	78	5,8	56
12	—	780	46	16,7	156	79	5,6	51
13	—	710	47	16,2	151	80	5,3	52
14	—	650	48	15,7	146	81	5,1	51
15	—	610	49	15,2	142	82	4,9	—
16	—	550	50	14,7	138	83	4,7	—
17	—	525	51	14,3	134	84	4,4	—
18	—	492	52	13,8	128	85	4,2	—
19	—	467	53	13,4	126	86	4,0	—
20	49	440	54	13,0	122	87	3,7	—
21	47	417	55	12,6	119	88	3,5	—
22	44	398	56	12,2	115	89	3,3	—
23	42	376	57	11,6	112	90	3,1	—
24	40	358	58	11,4	108	91	2,9	—
25	38	341	59	11,0	105	92	2,6	—
26	36	326	60	10,7	102	93	2,4	—
27	34	313	61	10,3	99	94	2,2	—
28	33	300	62	10,0	96	95	1,9	—
29	31	287	63	9,7	93	96	1,7	—
30	30	275	64	9,4	90	97	1,4	—
31	29	264	65	9,0	88	98	1,1	—
32	28	253	66	8,8	85	99	—	—
33	27	243	67	8,5	82	100	—	—
34	25,8	235						

в положение «Закрыто». При испытании цилиндр с образцом устанавливают в чашку ртутного затвора, ручку крана ставят в положение «Испытание». Во время опускания колокола с момента совпадения отметки 0 с верхней кромкой бака пускают в ход секундомер. На отметке 1000 замечают давление по манометру. В период испытания воздух, находящийся под колоколом, под давлением его веса проходит по трубке бака к ходовому крану, а от него — в цилиндр под образец испытуемой смеси и в трубку манометра. Если образец смеси в цилиндре будет хорошо пропускать воздух, то манометр покажет малое давление, и, наоборот, если образец смеси будет плохо пропускать воздух, то манометр покажет большее давление. Испытание заканчивается, когда отметка 2000 на колоколе сов-

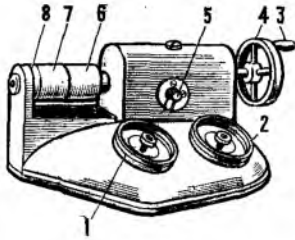


Рис. 15. Прибор для определения прочности формовочной смеси в сыром и сухом состояниях:

1, 2 — манометры; 3 — маховик; 4 — шпиндель; 5 — кран переключения манометров; 6 — плунжер; 7 — испытуемый образец; 8 — чашка

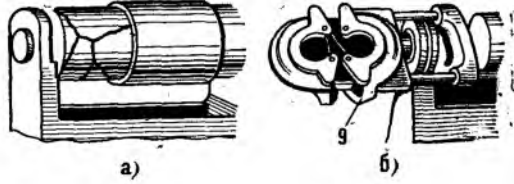


Рис. 16. Схема испытания прочности смеси: а — на сжатие; б — на растяжение

падает с кромкой бака. На основании полученных данных газопроницаемость вычисляют по формуле

$$K = \frac{509,5}{Pl},$$

где  $P$  — давление воздуха перед образцом, см. вод. ст.;  $t$  — время, в течение которого через образец смеси прошло  $2000 \text{ см}^3$  воздуха, мин.

Описанный способ определения газопроницаемости занимает много времени, поэтому в практике чаще всего пользуются ускоренным методом, при котором отмечают лишь давление воздуха в процессе испытания. В этом случае во входное отверстие воздухопровода ввинчивают калиброванный ниппель с отверстием диаметром  $0,5 \text{ мм}$  — при испытании смеси с низкой газопроницаемостью и  $1,5 \text{ мм}$  — при испытании смеси с высокой газопроницаемостью. Ниппель создает сопротивление выходу воздуха из-под колокола. При таком способе газопроницаемость в соответствии с показаниями манометра определяют по табл. 10.

**Определение предела прочности.** Испытание прочности формовочной смеси проводится в зависимости от ее назначения — на сжатие или на растяжение. На сжатие испытывают смеси, легкие формы из которых заливают в сыром виде. На растяжение испытывают стержневые и формовочные смеси, формы из которых заливают в сухом виде. Предел прочности в том и другом случае характеризуется величиной нагрузки, разрушающей образец при испытании.

Испытание на сжатие производится на стандартных цилиндрических образцах формовочной смеси, после испытания их на газопроницаемость образец выталкивают из гильзы, помещают в прибор и сжимают возрастающей силой до разрушения. Схема испытания образца формовочной смеси на сжатие показана на рис. 16, а.

Испытание на растяжение. Испытанию подвергают стандартные образцы формовочной, стержневой смеси и в упорченном состоянии (сушка, химическое твердение и т. д.), изготовлены в специальных металлических формах в виде восьмерки. Схема испытания смеси на прочность в сухом состоянии показана на рис. 16, б.

В новом приборе для испытания прочности формовочной смеси на растяжение, созданном на Московском автозаводе им. Лихачева (конструктор Я. Н. Крон), фиксируемая манометром нагрузка на образец создается давлением сжатого воздуха. Достоинством нового прибора является автоматическое снижение скорости нагрузки к концу испытания и отсутствие динамического приложения нагрузки, что повышает точность результатов испытания.

На рис. 15 показан универсальный прибор, созданный одной из фирм ГДР для испытания прочности формовочной смеси. Прибор дает возможность испытывать смеси в сыром (в пределах  $0-16 \text{ МПа}$ ) и в сухом состояниях (в пределах  $10-130 \text{ МПа}$ ). Для испытания прочности формовочной смеси в сыром состоянии (на сжатие) испытуемый образец 7 (рис. 15) устанавливают между чашкой 8 и плунжером 6. Давление на плунжер производят шпинделем 4, который приводится в действие от рукоятки маховичка 3. При испытании смеси в сухом состоянии снимают чашку 8 и ввинчивают к концу плунжера приспособление 9

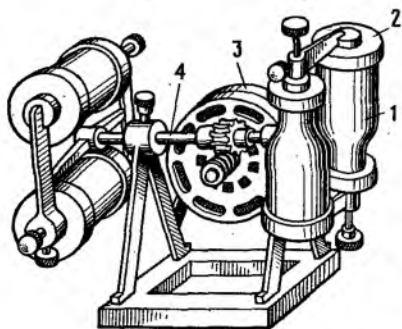


Рис. 17. Прибор для определения глинистой составляющей смеси:

1 — сосуд; 2 — основание держателя сосуда; 3 — электродвигатель; 4 — валик

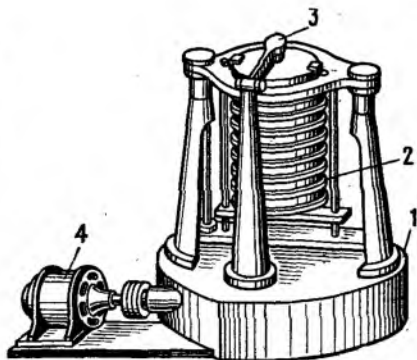


Рис. 18. Прибор для определения зернового состава смеси;

1 — основание; 2 — набор сит; 3 — колотушка; 4 — электродвигатель.

(рис. 16), необходимое для испытания образца смеси на растяжение. Отсчет результатов испытания смеси на сжатие производится по манометру 1, при испытании на растяжение — по манометру 2. Переключение манометров осуществляется краном 5.

**Определение влажности.** Количество влаги в формовочной смеси оказывает влияние на ее качество и может быть причиной брака отливок. Для определения влажности берут 50 г испытуемой смеси, помещают ее в сушильный электрический шкаф и сушат в течение 1 ч при температуре 110 °С. Высушенную смесь охлаждают до комнатной температуры и взвешивают вновь. Разница в массе сырой и сухой смеси, помноженная на два, дает количество содержащейся в ней влаги в процентах.

Недостатком такого метода испытания является длительность процесса испытания, вследствие чего влажность смеси в условиях цеха в течение 1 ч может измениться (смесь может высохнуть). Поэтому в современных условиях применяют более удобные ускоренные методы.

Принцип ускоренного определения влажности состоит в том, что навеску формовочной смеси 20 г помещают в стаканчик с сетчатым дном, устанавливая под гильзу прибора, внутри которой расположена электрическая нагревательная спираль. Продуваемый сверху через гильзу воздух нагревается до температуры 120 °С, проходит вниз через стаканчик со смесью и быстро высушивает ее. По разнице в массе сырой и сухой смеси, как и в первом случае, определяют влажность смеси.

**Определение глинистой составляющей.** Не менее важным показателем качества формовочной смеси является содержание в ней глины, влияющей на ее прочность, газопроницаемость и пластичность. Количество глины в смеси определяют способом отмучивания. Для этой цели 50 г хорошо просушенной смеси помещают в сосуд, в который наливают 475 см<sup>3</sup> воды и 25 см<sup>3</sup> раствора едкого натра. Сосуд плотно закрывают пробкой и взбалтывают в течение 1 ч на специальном приборе (рис. 17). После этого сосуд снимают с прибора и дают жидкости отстояться в течение 10 мин. При этом зерна песка, как наиболее тяжелые, быстро осаждаются на дно сосуда, а частицы глины остаются во взвешенном состоянии в воде. Этот раствор при помощи сифонной трубки сливают до уровня 25 мм от дна сосуда, а в сосуд с песком вновь доливают воды, снова взбалтывают и дают отстояться в течение 5 мин. Такую операцию повторяют до тех пор, пока вода над осевшим песком будет совершенно чистой, т. е. песок будет полностью отмыт от глины. Отмытый таким образом от глины песок удаляют из сосуда, просушивают и снова взвешивают. Разница в массе смеси до отмучивания и после него покажет содержание глины в смеси.

**Определение зернового состава** производится рассевом навески песка, после отмучивания, через стандартный набор сит при помощи специального прибора, изображенного на рис. 18.

Навеску песка массой 50 г помещают на верхнее сито с редкой сеткой. Набор сит закрепляют в приборе и встряхивают в течение 15 мин. Затем остаток песка на каждом сите взвешивают, количество граммов умножают на два и получают процентный состав каждой фракции. Хорошие однородные формовочные пески должны содержать до 70 % зерен основной фракции. В производстве кабинетных художественных отливок рекомендуются пески с наибольшим остатком на ситах 01; 0063; 005, в производстве статуарных отливок — 016; 01; 0063.

#### Вопросы для повторения

1. Что такое литейный цех и из каких основных отделений он состоит?
2. Что такое формовочные материалы и как они подразделяются?
3. На какие классы подразделяются формовочные пески?
4. На какие группы подразделяются формовочные пески?
5. Как маркируются формовочные пески, что означает марка песка П016А?
6. Каковы особенности формовочных песков для форм художественного литья?
7. Что такое крепители и какие из них применяют для приготовления формовочных и стержневых смесей для художественного и архитектурного литья?
8. Какие материалы относятся к вспомогательным?
9. В чем состоит принцип защитного действия припылов?
10. Какие припылы применяют для форм художественного литья?
11. Какова роль разделительного песка в процессе изготовления литейных форм?
12. В чем состоит подготовка формовочных материалов?
13. Что такое формовочная смесь и из чего она состоит?
14. Какими свойствами должна обладать формовочная смесь?
15. Какие существуют типы формовочных смесей?
16. Чем отличается формовочная смесь для форм, заливаемых в сыром виде, от смеси для форм, заливаемых после сушки?
17. Что такое облицовочная и наполнительная смеси и чем они отличаются друг от друга?
18. Как готовят формовочные смеси?
19. В чем состоит процесс подготовки отработанной смеси?
20. Для какой цели и как освежают формовочную смесь?
21. От чего зависит долговечность формовочной смеси?
22. Как определяют прочность формовочной смеси?
23. Как определяют газопроницаемость смеси?
24. Как определяют влажность формовочной смеси?
25. Как определяют количество глинистой составляющей формовочной смеси?
26. Как определяют зерновой состав песка?

## ГЛАВА 2. ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ

### § 11. Общие сведения

При изготовлении металлических изделий металлы в чистом виде почти не применяют, так как во многих случаях их свойства не соответствуют требованиям, предъявляемым к изделиям. Например, химически чистое железо не может служить материалом для изготовления изделий, так как оно не имеет достаточной прочности (мягкое, легко режется ножом), но в соединении с другими элементами (углеродом, кремнием, марганцем, фосфором) оно дает прочный удобный для отливки изделий материал — чугун. Соединение в определенных пропорциях двух или нескольких химических элементов называют *сплавом*. Сплавы железа с углеродом в различных соотношениях известны под названием черных сплавов. К ним относятся чугун и сталь. Сплавы меди, олова, цинка, алюминия, свинца, магния и ряда других элементов называются цветными сплавами. Наиболее распространенными в производстве монументальных художественных отливок являются медные сплавы — латуни и бронзы, в производстве малой скульптуры — серый литейный чугун.

Все металлы и сплавы обладают физическими, механическими и технологическими свойствами.

К физическим свойствам относятся температура плавления сплава, расширение его при нагревании, цвет, плотность, электро- и теплопроводность, магнитные свойства.

К механическим свойствам относятся прочность сплава, твердость, пластичность, вязкость и упругость.

К технологическим свойствам относятся литейные свойства сплавов, свариваемость, способность обрабатываться резанием.

### § 12. Литейные свойства сплавов

В производстве отливок важную роль играют литейные свойства сплавов, обеспечивающие хорошее заполнение литейной формы и получение отливок без дефектов — раковин, трещин и др. К основным литейным свойствам сплавов относятся жидкотекучесть, усадка и ликвация.

**Жидкотекучесть** — способность расплавленного металла заполнять литейную форму. Хорошая жидкотекучесть металла особенно важна при изготовлении ажурных художественных отливок, имеющих тонкую стенку, сложную поверхность с наличием большого числа просветов. Жидкотекучесть зависит от химического состава сплава и температуры заливки. Чем выше темпера-

тура заливки сплава, тем больше его жидкотекучесть. Жидкотекучесть чугуна увеличивается с увеличением содержания в нем фосфора, кремния и углерода. Сера и марганец понижают жидкотекучесть.

Жидкотекучесть определяют при помощи специальной литейной формы, имеющей спиралевидный канал, в который заливают испытуемый расплав. Форму изготовляют по модели стандартной пробы на жидкотекучесть (см. рис. 134). Чем

более длинный участок спирали заполнит заливаемый в нее металл, тем выше его жидкотекучесть. Для удобства вычисления длины залитой спирали на верхней поверхности ее через каждые 50 мм расположены точки. Таким образом, жидкотекучесть металла определяется длиной залитой спирали, выраженной в миллиметрах или точках (табл. 11).

**Усадка** — это уменьшение объема сплава, залитого в форму, при его охлаждении. Уменьшение объема сплава при охлаждении до температуры затвердевания и при затвердевании называется объемной усадкой. Уменьшение линейных размеров отливки по сравнению с размерами модели называется линейной усадкой.

Величина усадки сплава в литейной форме зависит от его химического состава, конфигурации отливаемого изделия, температуры заливки его в форму, скорости охлаждения в отливке и других факторов. Среднее значение линейной усадки серого чугуна около 1 %, стали — 2 %, медных сплавов — 1,5 %.

Усадка — отрицательное явление не только потому, что при ней изменяются объем и размеры изготавливаемых отливок, но и потому, что она является причиной образования в отливках усадочных раковин, пористости, внутренних напряжений, вызывающих коробление и трещины.

**Ликвация** — неоднородность химического состава сплава в различных частях сечения отливки, возникающая при его кристаллизации. Наиболее заметна ликвация в массивных сечениях отливки.

### § 13. Применяемые литейные сплавы

**Медные сплавы.** В настоящее время медные сплавы применяют для литья деталей, работающих в условиях трения, обладающих устойчивостью против коррозии во влажной атмосфере, в морской воде. Одновременно эти сплавы имеют хорошие литейные свойства, поэтому их широко применяют в производстве художественных

Таблица 11

Необходимая жидкотекучесть чугуна для заливки форм художественных отливок

Виды отливок	Толщина стенок, мм	Жидкотекучесть чугуна, мм
Ажурные	2—3	1000—1100
Кабинетные	5—6	750—850
Статуарные	10—15	500—750
Архитектурные	15—20	300—500

отливок, особенно для изготовления единичных скульптур, бюстов, памятников, устанавливаемых на улице. В производстве художественных отливок используют два вида медных сплавов — бронзы и латуни.

**Бронза** — сплав на основе меди, в котором главными добавками являются олово, алюминий, свинец, марганец и другие элементы. Сплавы меди с 5—13 % олова называют оловянными бронзами. Сплавы меди с алюминием, свинцом, марганцем и другими элементами составляют группу безоловянных или специальных бронз (алюминиевые, свинцовые, марганцевые).

Оловянные бронзы обладают хорошей жидкотекучестью, высоким сопротивлением износу и действию воды. К недостаткам их относятся низкая прочность при повышенных температурах, склонность к образованию усадочной пористости в толстых сечениях отливки и высокая стоимость (из-за наличия дорогостоящего компонента — олова). Безоловянные бронзы дешевле, обладают большей прочностью, коррозионной стойкостью, но имеют большую усадку. Отливки из них получаются неплотные, с усадочными раковинами.

Применяемые в литейном производстве бронзы различают по маркам. Слово бронза в марке обозначается двумя начальными ее буквами Бр, после которых ставятся начальные буквы содержащихся в сплаве (кроме меди) элементов (О — олово, А — алюминий, С — свинец, Мц — марганец, Ж — железо и т. д.). За обозначениями элементов ставятся цифры, показывающие процентное содержание этих элементов, например, марка БрОЦС 3,5—7—5, что соответствует бронзе с содержанием 3,5 % олова, 7 % цинка, 5 % свинца. Содержание меди в марке не показывается, ее определяют вычитанием из 100 % суммы процентного содержания в бронзе других элементов.

Для получения художественных отливок хорошего качества бронза должна обладать хорошей жидкотекучестью, заполнять в формах полости сложной конфигурации и поверхности. Кроме того, поверхность таких отливок подвергается сложной механической обработке и поэтому должна быть плотной, хорошо чеканиться. Таким требованиям лучше удовлетворяют оловянные бронзы. В производстве скульптурных отливок применяют бронзы марки БХ следующего химического состава: основные компоненты — 5—7 % олова, 5—7 % цинка, 1—4 % свинца, остальное — медь, примеси (не более) 0,5 % сурьмы, 0,5 % железа, 0,1 % алюминия (всего 1,5 %).

**Латунь** — сплав меди с цинком (до 50 %) часто с добавками свинца, олова, алюминия и других элементов. Латунь дешевле бронзы, так как содержит меньший процент дорогостоящего элемента — олова. Отливки из латуни имеют более плотную структуру, так как сплав менее склонен к образованию газовой пористости. В производстве художественных отливок латуни чаще всего используют для изготовления моделей со сложной поверхностью (ажурных отливок).

Латуни, как и бронзы, различают по маркам. В марке латунь обозначается начальной буквой Л, за ней следуют начальные буквы названий компонентов, входящих в состав латуни (А — алюминий, Ж — железо, Мц — марганец и т. д.). После букв в марке следуют цифры, показывающие процентное содержание меди и других входящих в сплав компонентов. Содержание цинка в марке не показывается, а определяется вычитанием из 100 % суммы процентного содержания меди и других элементов. Например, марка латуни ЛМцС58-2-2 характеризует сплав с содержанием 58 % меди, 2 % марганца, 2 % свинца, 38 % цинка [ $100 - (58 + 2 + 2) = 38$  %]. Для фасонных отливок наиболее распространенными марками латуней являются ЛА67-2, 5; ЛК80-3Л; ЛКС80-3-3; ЛМцС58-2-2.

**Алюминиевые сплавы.** Чистый алюминий, как и все чистые металлы, в производстве сложных отливок не применяют. В литейном производстве широко используют сплавы алюминия, которые обладают хорошими литейными свойствами, достаточно прочны, имеют малую плотность, хорошо обрабатываются.

Литейные алюминиевые сплавы по химическому составу делятся на группы и марки. В производстве отливок наибольшее применение получила группа сплавов алюминия с кремнием АЛ2, АЛ4, АК9, (АЛ4В), АЛ9 и АК7 (АЛ9В), называемых с и л у м и н а м и. Такие сплавы в сравнении с другими обладают лучшими литейными свойствами. В производстве художественных отливок алюминиевые сплавы используют при изготовлении деталей прессформ, применяемых для изготовления выплавляемых моделей.

**Серый чугун.** Медные сплавы благодаря хорошим литейным свойствам и коррозионной стойкости долгое время считались единственно подходящими литейными материалами в производстве художественного литья. Однако в связи с дефицитностью и высокой стоимостью медных сплавов их применение для отливки художественных изделий, особенно малой скульптуры, в настоящее время значительно сократилось. Хорошим заменителем медных сплавов в производстве художественных отливок (при дополнительной защите их поверхности от коррозии) является серый чугун. Обладая хорошими технологическими свойствами и низкой стоимостью, серый чугун в настоящее время является распространенным литейным материалом для архитектурных отливок и малой скульптуры.

Серый чугун представляет собой сплав железа с углеродом и другими элементами (кремнием, марганцем, серой, фосфором). Химический состав серого чугуна, наиболее часто применяемого в производстве художественных отливок, %: 2,5—3,7 С; 0,5—0,8 Мп; 1,0—2,9 Si; 0,2—1,0 Р; до 0,12 S.

Углерод в твердом чугуне может быть в виде химического соединения с железом (цементита) или в свободном состоянии в виде графита. Цементит — твердое, хрупкое, белого цвета в изломе соединение, образуется в чугуне при быстром его охлаждении. Чугун с такой структурой (по цвету в изломе) называют белым. При медленном охлаждении чугуна углерод выделяется в виде пластинок графита, которые придают сплаву в изломе серый цвет. Чугун с такой структурой называют серым. Он обладает хорошими литейными и механическими свойствами, отливки из него легко обрабатываются (табл. 12).



Таблица 12  
Механические свойства  
серого чугуна

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Твердость по Бринеллю, кгс/мм <sup>2</sup>
СЧ 10	98 (10)	143—220
СЧ 15	147 (15)	163—229
СЧ 18	176 (18)	170—229
СЧ 20	196 (20)	170—241
СЧ 25	245 (25)	180—250
СЧ 30	294 (30)	181—255
СЧ 35	343 (35)	197—269
СЧ 40	392 (40)	217—285
СЧ 45	441 (45)	229—289

Существенное влияние на свойства серого чугуна имеют и другие элементы, входящие в его состав.

Кремний способствует выделению в чугуне углерода в виде графита, понижает температуру его плавления, обеспечивая высокие литейные и технологические свойства.

Марганец действует на свойства чугуна противоположно кремнию, он препятствует выделению в чугуне углерода в виде графита, увеличивая устойчивость цементита. Марганец повышает твердость чугуна и прочность отливок.

Сера, как и марганец, задерживает выделение в чугуне углерода в свободном состоянии. Способствует отбеливанию чугуна, делает его более тугоплавким, снижает жидкотекучесть.

Поэтому сера и чугуне считается вредной примесью. Фосфор в сером чугуне может оказывать и вредное и полезное влияние. Повышая хрупкость, фосфор снижает механические свойства чугуна. Следовательно, в чугуне для машиностроительных отливок, требующих высокой прочности, значительное содержание фосфора может быть вредной примесью. Фосфор увеличивает жидкотекучесть металла. Следовательно, в чугуне для тонкостенных, со сложной поверхностью отливок, не требующем высокой прочности, повышенное содержание фосфора будет желательным. При изготовлении художественных отливок, особенно ажурных, содержание фосфора в чугуне до 1% считается полезной примесью, увеличивающей жидкотекучесть расплава и стойкость отливок против коррозии.

**Высокопрочный чугун.** Обыкновенный серый чугун имеет высокие литейные свойства, хорошо обрабатывается, но вязкость его низкая; отливки из этого чугуна не выдерживают ударной нагрузки. Это связано с тем, что выделившийся в чугуне свободный углерод имеет форму пластинок, которые действуют на металлическую основу чугуна как надрезы (трещины).

В настоящее время для получения высокопрочного чугуна применяют модифицирование — введение в жидкий расплав небольших количеств модификаторов — магния, кальция и др. Модифицированный серый чугун называют высокопрочным. Высокая прочность обеспечивается благодаря шаровидной форме графита, а не пластинчатой, как в сером чугуне.

Высокопрочный чугун по сравнению с обыкновенным серым чугуном обладает меньшей склонностью к отбелу. Применение такого чугуна при производстве крупных архитектурных отливок (решетки, колонны, тумбы и др.) дает возможность повысить их прочность, сохранив при этом хорошую обрабатываемость.

**Ковкий чугун.** Его получают из белого чугуна путем отжига отливок в специальных печах при температуре 950—1000 °С. После такой обработки в отливках из белого чугуна выделяется

**Таблица 13**  
**Состав литейного древесноугольного чугуна**

Марка чугуна	Si	Mn	P	S
			не более	
ЛД1	2,26—2,75	0,7—1,20	0,3	0,02
ЛД2	1,76—2,25	0,5—1,00		0,03
ЛД3	1,25—1,75	0,5—1,00		0,03

свободный графит из цементита, отливки перестают быть хрупкими, приобретают способность выдерживать ударные нагрузки (свободный углерод в них имеет форму, промежуточную между пластинчатой и шаровидной).

В зависимости от механических свойств все чугуны маркируются.

Серый чугун (ГОСТ 1412—79), например марки СЧ 25, расшифровывается следующим образом: буквы СЧ означают серый чугун, а две цифры после них — 25 указывают предел прочности при растяжении в кгс/мм<sup>2</sup>; высокопрочный чугун, например марки ВЧ 38-17, где ВЧ — высокопрочный чугун, первые две цифры — 38 — предел прочности при растяжении в кгс/мм<sup>2</sup>, вторые две цифры — 17 — относительное удлинение в %; ковкий чугун (ГОСТ 1215—79), например марки КЧ 30-6, где КЧ — ковкий чугун, первые две цифры — 30 обозначают предел прочности чугуна при растяжении в кгс/мм<sup>2</sup>, вторая — 6 — относительное удлинение в %.

Кроме того, литейные чугуны, выплавленные в доменных печах, в зависимости от рода применяемого при этом топлива подразделяются на коксовые и древесноугольные (табл. 13).

Древесноугольные чугуны по сравнению с чугунами, выплавляемыми на коксе, обладают меньшей склонностью к отбелу, содержат меньше вредных примесей фосфора и серы. Повышенное содержание серы в коксовых чугунах объясняется переходом ее в процессе плавки из кокса, содержащего до 1,4 % серы.

Применение древесноугольных чугунов в производстве художественного литья дает значительное улучшение качества отливок по чистоте поверхности и условиям механической обработки.

#### Вопросы для повторения

1. Какими свойствами обладают сплавы?
2. Что относится к физическим свойствам сплава?
3. Что относится к механическим свойствам сплава?
4. Что относится к технологическим свойствам сплава?
5. Что относится к литейным свойствам сплава?
6. Что такое жидкотекучесть сплава?
7. Что такое усадка сплава?
8. Что называют ликвацией сплава?
9. Какие вы знаете литейные сплавы, применяемые в производстве художественного и архитектурного литья?
10. Когда применяют медные сплавы в производстве художественных отливок?
11. Что такое бронза?
12. Когда в производстве художественных отливок применяют латунь?
13. Какой чугун применяют в производстве художественных отливок?

### ГЛАВА 3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

#### § 14. Модельная оснастка

Инструменты и приспособления, используемые в технологическом процессе получения отливки, называют *литейной оснасткой*. Часть литейной оснастки, необходимая для изготовления литейной формы, составляет формовочный комплект. Инструменты и приспособления, необходимые для получения в форме отпечатка модели и устройства каналов для заполнения полости формы расплавленным металлом, называют *модельным комплектом* или *модельной оснасткой*. Комплект модельной оснастки составляет: модель, модельные плиты, стержневые ящики, модели литниковой системы, формовочные и контрольные шаблоны, фасонные плиты для сушки стержней — драйеры.

#### § 15. Модели и требования, предъявляемые к ним

Моделью называют приспособление для получения в литейной форме отпечатка, соответствующего конфигурации и размерам отливаемого изделия. Модель должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Модель должна быть прочной, не должна разрушаться, изменять свои размеры и форму при уплотнении вокруг нее в опоке формовочной смеси.

2. Модель должна быть такой, чтобы формовщик мог свободно извлекать ее из формы, не повредив стенок последней. Для этого модель должна иметь боковые стенки с уклонами. Такие уклоны стенок модели называют формовочными уклонами. Величина формовочных уклонов зависит от материала модели, высоты ее стенок и способов формовки. Внутренние стенки моделей должны иметь большие уклоны, чем наружные, у деревянных моделей они больше, чем у металлических, при ручной формовке больше, чем при машинной.

3. Модели художественных отливок должны иметь хорошо обработанную, плотную поверхность. В противном случае модель при ее извлечении из формы может разрушить стенки формы. Кроме того, модели с рисунком на поверхности должны иметь четкий рельеф с соответствующими формовочными уклонами.

4. Художественные изделия обычно сложны по своей форме, поэтому модели их должны быть сделаны так, чтобы они обеспечивали простоту и легкость процесса изготовления по ним литейных форм. В местах, наиболее трудных для формовки, модели должны иметь разъемы, отъемные части, а для пустотелых отливок — соответствующие знаки для крепления стержней.

5. Модель художественной отливки должна быть легкой, поэтому модели крупных отливок, для уменьшения их массы, делают пустотелыми. Легкая, правильно изготовленная модель гарантирует хорошее качество изготовляемых по ней форм и отливок, способствует увеличению производительности труда формовщика.

6. Модель должна иметь такие размеры, чтобы отлитые по ней изделия соответствовали заданным размерам. Дело в том, что при охлаждении залитого в форму металла происходит уменьшение его объема, а следовательно, и линейных размеров отливки, т. е. происходит усадка отливки. В результате усадки размеры отливки получаются меньше, чем размеры модели. Следовательно, размеры модели для изготовления литейной формы должны быть больше размеров отливки на столько, на сколько уменьшатся размеры отливки при охлаждении. Такое увеличение размеров модели против размеров отливки называют припуском на усадку.

Если отливки художественных изделий подвергают механической обработке, то при этом размеры их уменьшаются еще и на толщину слоя снимаемого с них металла. Поэтому для получения изделия заданных размеров после механической обработки необходимо, чтобы отливка, а значит и модель, имели припуск на обработку.

Таким образом, размеры модели должны быть больше размеров готового изделия на величину припусков на усадку и обработку.

7. Деревянные модели должны быть окрашены, слой краски на модели предохраняет ее от воздействия влаги, улучшает качество поверхности.

8. Модели следует изготовлять из более дешевых в данных условиях материалов и с наименьшим расходом последних.

## § 16. Виды моделей

В зависимости от сложности и способа изготовления литейной формы модели художественных и архитектурных отливок могут быть неразъемными, разъемными, с отъемными частями и модели со знаками для пустотелых отливок.

**Неразъемные модели.** В производстве встречаются художественные отливки, на поверхности которых нет сложных выступов и больших углублений, затрудняющих извлечение их моделей из форм. Такие модели по своей форме представляют собой точные копии отливаемых изделий и называются неразъемными.

**Разъемные модели.** Модели более сложных отливок, боковые стенки которых имеют наклон в разных направлениях, нельзя извлечь из формы, не повредив ее стенки. Поэтому модели таких отливок делают разъемными, линия их разъема должна проходить в плоскости разъема формы. В этом случае части модели извлекают из формы отдельно: одну — из верхней полуформы, другую — из нижней. Части разъемной модели при формовке соединяют между собой шипами. Обычно шипы укрепляют на плоскости



Рис. 19. Крепление отъемных частей на модели и способы извлечения их из формы;

а — устройство ушка модели котелка; б — крепление ушка на модели винтом; в — удаление модели ушка из формы; г — крепление отъемной части модели шипом; д — удаление отъемной части из формы

разъема верхней половины модели, в нижней половине (соответственно размерам и расположению шипов верхней) делают гнезда. Шипы должны входить в гнезда так, чтобы части модели не могли смещаться одна по отношению к другой. Смещение частей модели влечет за собой брак отливки — перекос. Такой брак часто встречается на крупных моделях архитектурных отливок (решеток, колонн, поручней, балясин), когда шипы, как и саму модель, делают деревянными. Для предупреждения подобного недостатка в моделях крупных отливок соединительные шипы и гнезда лучше делать металлическими.

**Модели с отъемными частями.** На практике часто встречаются отливки, у которых выступающие на поверхности части расположены так, что они мешают свободному извлечению модели из форм. Для удобства изготовления литейной формы выступающие на боковой поверхности модели части делают отъемными, а модели в целом называют моделями с отъемными частями (крепление отъемных частей на поверхности модели и способы извлечения их из формы показаны на рис. 19). Отъемные части на модели делают так, чтобы при извлечении модели из формы или снятии формы с нее отъемные части могли оставаться в форме. Затем их извлекают из формы, используя освободившееся от моделей пространство в полости формы.

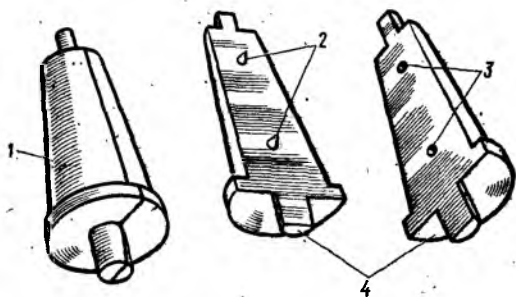
Существуют следующие способы крепления отъемных частей на модели: шпильками, винтами или шипами в виде «ласточкина хвоста».

**Модели для пустотелых отливок.** На рис. 20 изображена модель для отливки подставки. В отличие от модели массивной отливки эта модель имеет с торцов специальные выступы, необходимые для образования в форме гнезд — знаков, куда вставляется песчаный стержень, образующий внутреннюю полость отливки.

Число знаков и их расположение на модели для пустотелой отливки зависит от конфигурации ее полости. Когда полость в отливке имеет выход с двух сторон (втулки, трубы, колонны и т. д.), знаки на модели делают также с двух сторон. Если полость в отливке выходит с одной стороны, соответственно и знак

Рис. 20. Модель для отливки пустотелого изделия:

1 — разъемная модель;  
2 — штыри; 3 — гнезда для штырей; 4 — стержневые знаки



на модели делают с одной стороны. Форма и размеры знаков на модели должны соответствовать форме и размерам знаков стержня, вставляемого в форму, с небольшим зазором для удобства его установки.

В отливке художественных изделий типа бюстов и статуэток внутренние полости часто не имеют выхода на поверхность (глухие полости). Поэтому знаки на таких моделях нельзя делать большими, так как это приведет к нарушению поверхности отливки. На моделях отливок с глухими полостями диаметр знаков делают равным диаметру каркаса стержня.

## § 17. Материалы для изготовления моделей

**Деревянные модели.** Для изготовления таких моделей используют древесину следующих пород деревьев: сосну, березу, бук, грушу, орех. Сосна вследствие значительного содержания в ней смолистых веществ мало впитывает влагу и меньше подвержена короблению. Поэтому ее в основном применяют для моделей крупных архитектурных отливок, не имеющих на поверхности тонких украшений. Такие модели в процессе формовки продолжительное время находятся в сырой формовочной смеси, больше подвержены воздействию ее влаги, чем модели малых размеров. Модели, при изготовлении которых требуется их обработка на токарных станках, чаще всего делают из березы, так как она обладает большой прочностью, легко обрабатывается на станке. Деревянные модели от продолжительного соприкосновения с сырой формовочной смесью разбухают, а при высыхании коробятся и трескаются. При формовке их острые кромки быстро изнашиваются, теряют четкость формы, на поверхности появляются вмятины и модель становится непригодной для дальнейшей работы. Особенно часто изнашиваются модели с резной поверхностью, мелкими выступами и с незначительной толщиной стенок. Такие модели при многократном использовании требуют частого ремонта или замены новыми. Изготовление нескольких деревянных моделей повышает стоимость отливок, поэтому при массовом производстве применение деревянных моделей не выгодно.

**Металлические модели.** При изготовлении большого числа литейных форм удобнее и выгоднее применять металлические модели, которые изготавливают из чугуна, бронзы, латуни, алюминиевых сплавов. Металлические модели по сравнению с деревянными имеют ряд преимуществ: не коробятся, хорошо сохраняют свою форму, имеют прочную, чистую поверхность и значительно большую долговечность.

Металлические модели гарантируют длительное сохранение воплощенного в них оригинала художественного произведения. Известный по производству художественного литья Каслинский завод на Урале, например, располагает металлическими моделями, изготовленными более 80 лет назад.

**Чугунные модели.** Чугун является дешевым и в то же время достаточно прочным материалом для моделей, поэтому чугунные модели нашли широкое применение. Из чугуна изготавливают большие простые модели, не имеющие на поверхности мелких выступов (модели садовых решеток, поручней, постаментов, колонн, скульптурных групп).

Применение чугуна для изготовления мелких со сложной поверхностью моделей художественных отливок ограничивается тем, что чугун хрупкий, поверхность сложных моделей, изготовляемых из него, быстро выкрашивается. Кроме того, чугун подвержен коррозии и плохо паяется.

В настоящее время в практике литейных цехов известны способы обработки поверхностей моделей, позволяющие уменьшить влияние некоторых отрицательных факторов. Например, для уменьшения коррозии чугунные модели рекомендуется выдерживать в кислотной ванне в течение 10—15 ч с последующей промывкой в известковой воде, сушкой и тщательной протиркой. Для получения чистой и гладкой поверхности модели нагревают до 30—40 °С, натирают в три приема воском или алифой. После остывания поверхность модели зачищают мелкой шкуркой и протирают. Получить хорошую поверхность чугунной модели можно и путем трехкратного натирания ее густым щелачным лаком и тщательной зачистки мелкой шкуркой после высыхания.

**Латунные и бронзовые модели.** Медные сплавы (латунь и бронза) являются лучшими материалами для изготовления мелких и сложных моделей художественных отливок. Латунные и бронзовые модели не ржавеют, хорошо воспринимают и сохраняют чеканку их поверхности. Хорошо обработанные латунные и бронзовые модели имеют чистую, гладкую и плотную поверхность. В процессе формовки к поверхности таких моделей формовочная смесь не прилипает.

Модели хорошо вынимаются из формы, оставляя на стенках ее чистый и ясный отпечаток своей поверхности. Эта особенность бронзовых и латунных моделей позволяет применять сложный способ изготовления литейных форм — кусковую формовку. Кроме того, такие модели хорошо паяются, что дает возможность изго-

товлять из них сложные модели по частям, и после окончательной их отделки собирать на модели путем пайки. Из латуни и бронзы обычно делают модели небольших ажурных и кабинетных отливок, а также модели, которые необходимо хранить продолжительный срок.

**Алюминиевые модели.** Преимуществом моделей из алюминиевых сплавов по сравнению с другими металлическими моделями является их незначительная масса. Кроме того, алюминиевые модели, как и латунные, не ржавеют, поэтому их часто применяют в современном литейном производстве. К недостаткам алюминиевых моделей следует отнести их меньшую, чем у моделей из чугуна, латуни и бронзы, поверхностную твердость. Поэтому поверхность их быстро изнашивается, на ней остаются следы наколов формы вентиляционной иглой, а при кусковой формовке — следы подрезки кусков. Ремонтировать и восстанавливать алюминиевые модели трудно, так как алюминий плохо поддается пайке. Этот недостаток алюминиевых сплавов ограничивает возможности их широкого применения при изготовлении моделей художественных отливок.

В производстве архитектурных отливок, имеющих по сравнению с кабинетными и статуарными менее сложную форму и поверхность, недостатки алюминиевых моделей при формовке менее значительны, а применение их во многом сокращает трудоемкость процесса отливки. Твердость алюминиевых моделей повышается при изготовлении их из алюминия с примесью 6—7 % меди и 7—8 % цинка.

**Гипсовые модели.** Начальным этапом изготовления отливки художественного изделия является, как правило, выполнение скульптором путем лепки его оригинала. В качестве основного материала для изготовления оригинала скульптур используют пластилин, воск или глину, как наиболее удобные при лепке материалы.

Однако пластилин, воск и глина недостаточно прочны и не могут быть хорошим материалом для моделей. Поэтому оригиналы художественных отливок, используемые как модели, создают при формовке большие неудобства и часто разрушаются. В этом случае можно лишиться дорогостоящего оригинала, не получив отливки. Во избежание этого формовку по оригиналам выполняют в исключительных случаях и высококвалифицированные мастера.

Значительно удобнее, если оригинал выполнен из гипса. Гипсовый оригинал прочнее, чем восковой и пластилиновый, он не оплавляется при повышенной температуре окружающей среды. Кроме того, он значительно легче. Прочность гипсового оригинала позволяет не только свободно его транспортировать, но и изготавливать по нему небольшое число литейных форм. Поэтому в производстве художественных литейных изделий гипсовые оригиналы часто используют как гипсовые модели.



Преимущество гипсовых моделей в производстве художественного литья заключается в том, что их можно быстро и легко изготовить. Кроме того, они легкие, имеют чистую и гладкую поверхность и по сравнению с другими видами моделей художественных отливок дешевые. Недостатки гипсовых моделей — малая по сравнению с металлическими моделями прочность и твердость поверхности, что ограничивает их применение при кусковой формовке.

**Выплавляемые модели.** Сложность изготовления литейной формы художественной отливки заключается прежде всего в процессе удаления модели из формы. Если изготовить модель сложной художественной отливки такой, чтобы она при удалении из формы не требовала разборки формы, то процесс изготовления литейной формы не представлял бы большой трудности. Такими моделями при производстве художественных отливок с давних пор являлись модели, изготовленные из воска. Восковая модель заформовывалась и не извлекалась из формы (для получения в ней полости), как обычная модель, а выплавлялась в процессе нагрева при сушке формы. Такие модели получили название выплавляемых моделей.

Применение восковых моделей упрощало процесс изготовления литейной формы для получения скульптур, улучшало качество поверхности отливки (не было швов, образующихся на отливках при использовании кусковой формовки). Кроме того, сокращался процесс механической обработки отливки-сборки, так как скульптура отливалась в форме целой.

К недостаткам восковых моделей скульптур относится высокая стоимость отливаемых по ним отливок из-за большой продолжительности процесса изготовления литейной формы. Литейная форма, например, конной статуи Петра Первого изготовлялась по восковой модели в течение года, не считая времени изготовления самой модели. Поэтому такие восковые модели не нашли широкого применения в дальнейшем. В серийном производстве кабинетных художественных отливок применяют выплавляемые модели из парафино-стеариновых составов, изготавливаемые в пресс-формах.

**Выжигаемые модели.** В современных литейных цехах применяют модели, которые удаляются из формы путем плавления и газификации их при контакте с заливаемым металлом или выжигания при 350—400 °С. Газифицируемые модели изготавливают из пенополистирола, представляющего собой ячеистый пластик с не сообщающимися между собой ячейками, заполненными газом. Такая структура образуется при вспенивании гранул полистирола.

Для изготовления моделей применяют пенополистирол двух видов: в виде гранул и блоков (пенопласт). Модели из гранул полистирола приготавливают путем вспенивания их в пресс-формах при нагревании до температуры 100 °С. Пенопласт хорошо обрабатывается; режется ножом, обрабатывается на деревообрабатывающих станках, склеивается декстрином, столярным клеем,

сваривается при 130—150 °С. Такие свойства пенопласта позволяют изготавливать из него модели в несколько раз быстрее, чем из дерева.

Применение моделей из пенополистирола упрощает процесс изготовления литейной формы, сокращает расход металла на прибыли, увеличивает точность отливки за счет отсутствия разъема литейной формы и литейных уклонов на модели. Использование таких моделей позволяет получать из чугуна и цветных сплавов сложные и крупные отливки массой от нескольких килограммов до 30 тонн.

**Пластмассовые модели.** В современных условиях литейного производства для изготовления моделей широкое применение получили пластмассовые массы. В качестве материалов для изготовления пластмассовых моделей используют специальные составы, называемые компаундами, состоящие из эпоксидной смолы, полиэтилен-полиамин, дибутилфталата с добавкой в качестве наполнителя маршаллита и опилок. Модели из пластмасс прочные, не коробятся, находясь во влажной среде, не разбухают, имеют чистую, гладкую поверхность, легко ремонтируются. В производстве художественного литья пластмассовые модели используют для отливки небольших изделий с гладкой поверхностью (постаменты, розетки, детали чернильных приборов и т. п.).

## § 18. Модельные плиты

При массовом производстве отливок формовщику в процессе изготовления литейных форм с несколькими моделями приходится постоянно повторять одни и те же операции. Перед набивкой каждой опоки он должен раскладывать на подмодельной плите модели, в процессе отделки формы — прорезать к каждой из них питатели, вынимать из формы каждую модель в отдельности. Повторение таких операций при формовке создает неудобства в работе и отнимает у формовщика много времени. Можно значительно упростить работу формовщика, если все модели прикрепить к подмодельной плите вместе с моделями литниковой системы. В этом случае, при отделке формы, все модели можно вынимать одновременно, а не отдельно каждую. Операции выполнения литниковой системы в форме упрощаются совершенно. Такие плиты с прикрепленными на их поверхности моделями и литниковой системой называют *модельными плитами*.

В процессе изготовления литейных форм применять модельные плиты выгодно. При этом не только экономится время, сокращаются при формовке некоторые операции, но и представляется возможность улучшения качества отливок. Объясняется это тем, что при формовке по отдельным моделям формовщик перед извлечением модели из формы, избегая обрыва ее стенок, смачивает края формы водой, увеличивая влажность формы. Излишек влаги в форме приводит к образованию газовых раковин в отливке или

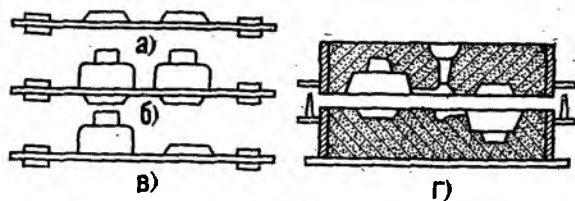


Рис. 21. Модельные плиты:

*a* — односторонняя; *б* — двусторонняя; *в* — реверсивная; *г* — литейная форма, изготовленная по реверсивной модельной плите

к отбеливанию тонких ее частей. При формовке по модельным плитам такого явления не может быть, так как форма при извлечении модели не смачивается.

При формовке обычным способом правильность устройства в форме литниковой системы зависит от опыта формовщика. Применение модельной плиты исключает операцию вырезания в форме элементов литниковой системы вручную, что повышает точность их выполнения, так как на плите вместе с моделями укреплен и модель литниковой системы, рассчитанная в соответствии с величиной и формой отливаемого изделия. Кроме того, формовка по модельным плитам исключает возможность получения отливок разных по величине и массе, что может быть при формовке по отдельным моделям, когда формовщик для удобства извлечения моделей из формы расталкивает каждую модель в отдельности и часто по-разному. Поэтому модельные плиты в современных условиях производства художественного и архитектурного литья получили широкое применение.

**Виды модельных плит.** В зависимости от сложности моделей и расположения их на плите модельные плиты бывают односторонние и двусторонние. Односторонними модельными плитами называют такие, на которых модели расположены на одной стороне (рис. 21, *a*). В производстве художественных отливок односторонние плиты применяют для формовки простых (неразъемных) моделей.

При монтаже на плите разъемной модели одну из частей ее располагают на одной стороне модельной плиты, вторую — соответственно расположению первой на обратной стороне плиты. Модельные плиты, на которых модели расположены по обеим сторонам, называются двусторонними модельными плитами (рис. 21, *б*).

Разновидностью односторонних модельных плит являются реверсивные модельные плиты (рис. 21, *в*), когда на одной стороне их помещают обе части разъемной модели. Верхние части модели располагают в одной (правой) части плиты, а нижние — в другой (левой) части. На реверсивной модельной плите формируют как верхнюю, так и нижнюю опоки. При сборке формы верхнюю

опоку накрывают на нижнюю, повернув ее на  $180^\circ$  в горизонтальной плоскости. Благодаря специальному расположению частей модели на плите отпечатки их при перекрывании опок совпадают, образуя нормальную, соответствующую профилю модели, полость в форме (рис. 21, з).

Модели литниковой системы на реверсивных плитах, как правило, не располагают, так как каждая набитая на плите опока может быть и верхней и нижней. Однако можно использовать отъемные модели литниковой системы для нижней и верхней опоки. В этом случае при набивке нижних опок в соответствующем месте между моделями ставят модель питателей, а при набивке верхней опоки — модель шлакоуловителя и стояка.

### § 19. Изготовление моделей

Модель является основным приспособлением для изготовления литейной формы и от того, как будет она сделана, будут зависеть удобства, простота и скорость изготовления литейных форм, стоимость и качество получаемых отливок. Поэтому в современном литейном производстве изготовлением моделей занимаются специальные модельные цехи, оснащенные необходимым оборудованием.

**Изготовление деревянных моделей.** Дерево содержит  $>50\%$  влаги и, теряя ее при высыхании, коробится и трескается. Чтобы избежать коробления, деревянные модели изготавливают не из целого куска дерева, а из специальных заготовок. Такие заготовки получают путем склеивания отдельных узких досок, причем так, чтобы направление волокон одной не совпадало с направлением их в другой. В этом случае коробление одной доски как бы уравнивается короблением другой. Если склеить несколько таких досок, положенных друг на друга (см. рис. 22, б), коробление изготовленной из такой заготовки модели может быть очень малым. Такую заготовку в дальнейшем подвергают ручной или станочной обработке до получения размеров и формы изготавливаемой модели. В зависимости от числа предполагаемых отливок деревянные модели изготавливают по трем классам прочности.

По первому классу прочности изготавливают модели при серийном производстве отливок. Такие модели делают из выдержанной древесины твердых пород дерева. Для увеличения прочности быстро изнашивающиеся части моделей изготавливают из металла или облицовывают металлическими пластинами. По второму классу прочности изготавливают модели для отливки небольших партий изделий. Такие модели делают из более дешевых, мягких пород дерева. По третьему классу прочности изготавливают модели для разовых отливок.

Рассмотрим порядок изготовления деревянной модели:

Модельщик получает чертеж готового изделия (рис. 22, а) с указанием в нем необходимых допусков и мест механической

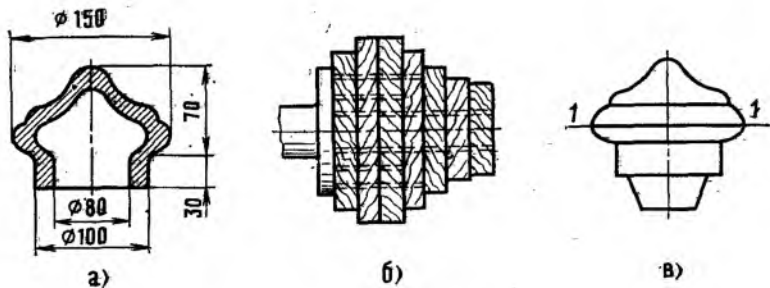


Рис. 22. Изготовление деревянной модели головки колонки:  
 а — чертеж изделия; б — заготовка для модели; в — готовая модель

обработки. Руководствуясь размерами чертежа, модельщик, на специальном деревянном щитке (модельный щиток), по возможности в натуральную величину, делает чертеж будущей модели, учитывая при этом усадку металла, из которого будет отливаться изделие. Величина припуска на усадку зависит от рода сплава, применяемого для отливок.

Серый чугун имеет линейную усадку 0,7—1,3 %, алюминиевые сплавы 0,9—1,4 %, медные сплавы 1,25—2,4 %.

Модельщик при выполнении чертежа модели каждый размер, показанный на чертеже изделия, увеличивает на чертеже модели на величину припуска на усадку, при этом он не делает никаких вычислений, а пользуется специальным усадочным метром, размеры которого заранее увеличены на величину усадки. Например, усадочный метр для изготовления модели для чугунных отливок больше нормального метра на 1 %. Для латунных и бронзовых отливок усадочный метр больше на 1,5 %. Далее модельщик, учитывая способ формовки, намечает плоскость разъема модели, отъемные части, а также расположение и величину знаков. Затем он делает на стенках модели формовочные уклоны, устанавливает припуск на механическую обработку. Когда чертеж на щитке готов, модельщик подбирает соответствующие породы дерева и размеры досок, склеивает из них, как указывалось ранее, заготовку и, руководствуясь размерами чертежа модели, обрабатывает заготовку вручную или на станке до получения модели. Пример изготовления модели головки колонки садовой решетки показан на рис. 22.

В изготовленной модели тщательно проверяют размеры, легкость разъема частей, наличие формовочных уклонов, галтелей, соответствие размеров знаков со стержневыми ящиками, если модель приготавливалась для отливки пустотелого изделия. Поверхность готовой модели окрашивают. Слой краски предохраняет поверхность модели от разбухания и делает ее более гладкой. Кроме того, по цвету окраски модели формовщик может определить, где находятся на модели знаки, какая поверхность отливки

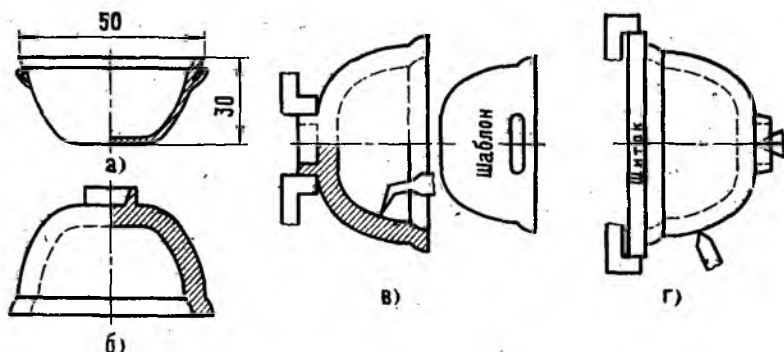


Рис. 23. Процесс изготовления металлической модели котелка:

а — чертеж изделия; б — заготовка модели; в — вытачивание внутренней части модели; г — обтачивание наружной поверхности модели

должна быть особенно чистой, из какого сплава должна отливаться отливка. С этой целью условно принято поверхность деревянных моделей красить: для получения чугунных отливок — в красный цвет, для стальных — серый, для отливок из цветных металлов — в желтый, знаки на всех моделях — в черный цвет. Готовые модели и стержневые ящики к ним маркируют и в комплекте с их частями и моделями литниковой системы сдают на склад для хранения (до поступления их на формовку в цех).

**Изготовление металлической модели.** Процесс состоит из двух этапов. Первый включает работы по изготовлению деревянной модели заготовки будущей модели. Второй этап — это изготовление из отлитой по деревянной модели заготовки самой металлической модели, путем обработки заготовки на станках или вручную. Деревянную модель заготовки модельщик делает с припусками на механическую обработку модели и изделия и усадку металла в модели и изделии. После изготовления деревянной модели по ней из нужного для будущей металлической модели металла отливают заготовку. Рассмотрим процесс изготовления металлической модели отливки детской игрушки, «котелок», изображенный на рис. 23.

Металлическую заготовку модели (рис. 23, б) токарь-модельщик укрепляет в патроне токарного станка (рис. 23, в). Для удобства установки на станок заготовку отливают с кольцевым приливом. Затем модельщик вытачивает внутреннюю часть модели, пользуясь при этом для проверки профиля специальным шаблоном, имеющим внутренние размеры модели.

Обработав внутреннюю поверхность модели, токарь переворачивает ее и снова укрепляет на станке (рис. 23, г); при этом обработанная сторона заготовки прижимается к деревянному щитку, укрепленному в патроне станка пиолюлью задней бабки станка. Установив таким образом заготовку, модельщик обтачивает на-

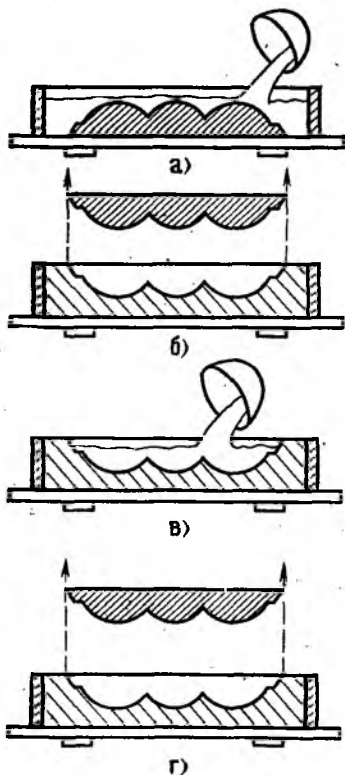


Рис. 24. Отливка гипсовой модели в черновой форме:

а — заливка оригинала; б — удаление оригинала из формы; в — заливка гипсовой формы; г — удаление гипсовой отливки модели

ружную часть ее поверхности, постепенно срезая кольцевой прилив. Для того чтобы выдержать заданную толщину стенки, токарь периодически в процессе работы контролирует толщину стенки изготавливаемой модели, пользуясь при этом специальным кронциркулем со шкалой. Таким образом, модельщик обрабатывает заготовку до получения правильного профиля и необходимой толщины стенки модели.

От токаря модель поступает в слесарное отделение, где слесарь-модельщик производит окончательную ее отделку. В процессе слесарной обработки на поверхности модели заделывают отверстие, сделанное в процессе токарной обработки для центра пьноли задней бабки. После этого изготавливают по чертежу съемные части модели — ушки, как показано на рис. 19, а, б. Готовую модель

хорошо зачищают и маркируют. Металлические модели сложных художественных отливок (фигура человека, животных, птиц и др.) изготавливают в той же последовательности, но механически обрабатывают в основном вручную. Для этого по оригиналу изделия из соответствующего материала отливают заготовку модели или ее части. Затем полученную заготовку тщательно обрабатывают по оригиналу (этalonу) изделия. В процессе обработки у моделей делают необходимые разъемы, изготавливают и крепят съемные части. Путем чеканки восстанавливают четкость рисунка на поверхности модели (волосы на голове статуи, шерсть на крупе животных, жилки на листьях цветка, трава на постаменте и т. д.). Затем модель тщательно сверяют с оригиналом и направляют в производство.

**Изготовление гипсовой модели.** В зависимости от сложности формы отливаемого изделия существует несколько способов изготовления гипсовой модели. Ее можно изготовить способом отливки в черновой гипсовой форме, кусковой в гипсовой форме с клеевой оболочкой (клеевой форме) и с помощью шаблонов вращения или протягивания. В черновых формах отливают гипсовые модели типа барельефов (рис. 24). Для этого оригинал изделия, выполненный на

щитке из пластилина, воска или глины, смазывают тонким слоем жира и наносят глину, образуя барьерчик или рамку в виде оплки (рис. 24, а). На поверхность оригинала наносят слой подкрашенного раствора гипса, затем рамку до краев заполняют раствором обыкновенного гипса. После затвердевания гипса рамку переворачивают, оригинал удаляют и получают таким образом гипсовую форму (рис. 24, б).

Полость полученной формы промывают от остатков удаленного оригинала и заливают раствором модельного гипса (рис. 24, в). После затвердевания гипса форму ломают, извлекая из нее гипсовую отливку модели (рис. 24, г). Для получения хорошей поверхности модели гипсовую отливку хорошо зачищают и лакируют.

Достоинством описанного способа получения гипсовой модели является простота его выполнения, недостатком — разрушение оригинала при изготовлении модели. Поэтому применение черновых форм для получения гипсовых моделей удобно лишь для отливки несложных, недорогих моделей. Для сохранения оригинала и возможности повторного использования гипсовой формы гипсовые модели более сложных по форме и объемных по величине изделий (бюсты) отливают в кусковых формах. Для изготовления кусковой гипсовой формы оригиналы смазывают тонким слоем состава, приготовленного из 175 г керосина, 145 г гарного масла и 250 г стеарина, и укладывают по линии разъема формы в глинянную постель. На поверхности оригинала выполняют отдельные куски из полугустого гипса, подрезая их знаковые части так, чтобы каждый из кусков мог хорошо сниматься с оригинала, не повреждая отпечатка.

На поверхности стыковки кусков с формой, для удобства сборки, делают знаки (замки) в виде выступов и углублений. Во избежание коробления и расширения кусков раствор гипса готовят на известковой воде. Для удобства снятия кусков с поверхности оригинала в куски при формовке вставляют проволочные петли. После заполнения всей необходимой поверхности оригинала гипсовыми кусками наружную поверхность кусков смазывают разделительным составом и покрывают общим слоем гипса толщиной не менее 4 см, образующим кожух — опку формы. Затем таким же порядком заделывают обратную сторону оригинала. В плоскостях соединения кожухов устраивают знаки — замки. После просушки в течение 24 ч форму разбирают, сначала снимают кожухи, затем куски, укладывая их на соответствующие места по знакам в снятых кожухах. Внутреннюю поверхность кусков смазывают, кожухи соединяют и скрепляют. Затем в полость полученной гипсовой формы заливают раствор модельного гипса.

После затвердевания гипса кусковую форму, в отличие от черновой, при извлечении отливки не ломают, а разбирают и сохраняют для следующих отливок. Гипсовую модель обрабатывают. На поверхности ее зачищают швы, получившиеся по границам



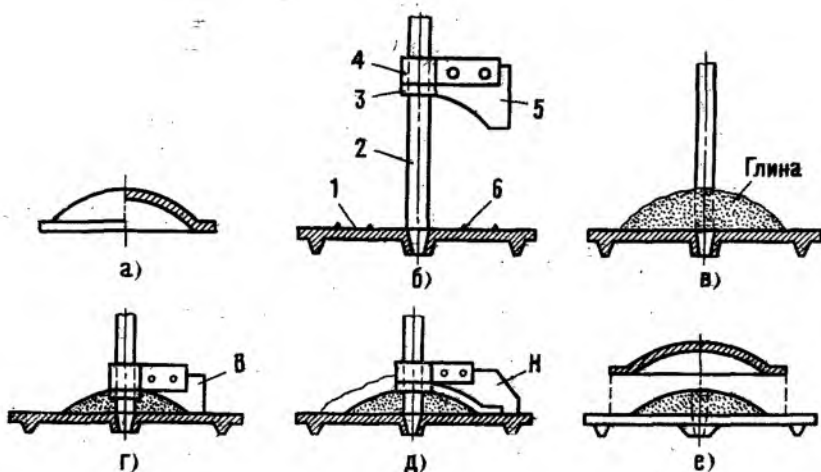


Рис. 25. Изготовление гипсовой модели по шаблону:

*a* — изделие; *b* — приспособление для вращения шаблона; *в* — глиняный болван; *г* — заточка болвана; *д* — заточка модели; *е* — съем модели

гипсовых кусков формы. Для получения гладкой поверхности модели и устранения возможности впитывания ею влаги модель лакируют.

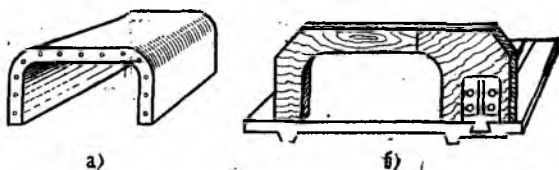
Аналогично в кусковых формах отливают гипсовые модели статуй. Для удобства отливки оригинал скульптуры делят на части, каждую из которых отливают в отдельных формах. Крупные модели для уменьшения массы отливают пустотелыми.

Гипсовые модели архитектурных отливок часто изготавливают с помощью шаблонов вращения или протягивания. На рис. 25, *a* показан пример изготовления гипсовой модели крышки мостовой тумбы. Приспособлением для вращения шаблона является металлический стол *1* (рис. 25, *b*), в центре которого расположена муфта с коническим отверстием для шпинделя *2*. На шпиндель надевается опорное кольцо *3* и рукав *4*, к которому крепится шаблон *5* модели. На поверхности стола по окружности расположены остроконечные шпильки *6* (служат для того, чтобы обрабатываемая на столе модель при вращении шаблона не сдвигалась с места).

Процесс изготовления модели состоит в следующем. Поверхность стола смазывают маслом, чтобы в дальнейшем модель легко снималась с него. Вокруг шпинделя, установленного в муфте, плотно набивают глиняный болван (рис. 25, *в*), поверхность которого обливают раствором гипса. На шпиндель надевают опорное кольцо и рукав с шаблоном *в*, сделанным по размерам внутреннего профиля модели. Выверив положение шаблона по высоте, затачивают болван (рис. 25, *г*) и сушат его. Просушенный болван хорошо зачищают шкуркой, смазывают маслом и обкладывают тесто-

Рис. 26. Приспособление для изготовления гипсовой модели протяжным шаблоном:

а — профиль модели; б — протяжной шаблон с приспособлением для протяжки



образным раствором гипса. На шпindelъ надевают рукав с шаблоном *н*, сделанным по размерам наружного профиля модели, после чего затачивают тело модели (рис. 25, *д*). Поверхность модели обливают жидким раствором гипса и окончательно обрабатывают шаблоном. После затвердевания слоя гипса шпindelъ с шаблоном удаляют, легко постукивая по столу, снимают гипсовую модель с болвана (рис. 25, *е*).

С помощью протяжных шаблонов можно изготовлять модели для отливок, форма которых не представляет собой тело вращения, используя при этом приспособление для протягивания шаблона (рис. 26).

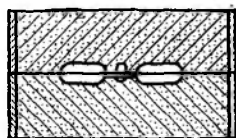
## § 20. Изготовление модельных плит

По способу изготовления модельные плиты делятся на монолитные и сборные.

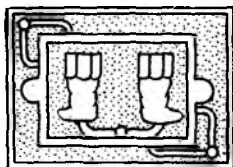
*Монолитными*, или литыми плитами называют плиты, модели на которых представляют одно целое с плитой. Плиты, на которых укреплены отдельно изготовленные модели, называют *сборными*. Монолитные модельные плиты чаще всего отливают в виде двусторонних плит из чугуна или сплава алюминия.

В зависимости от сложности располагающихся на плитах моделей существуют несколько способов их изготовления. Один из способов формовки модельных плит состоит в следующем. Для изготовления литейной формы плиты применяют три опоки. Высота средней опоки должна быть такой, чтобы она свободно вмещала отливку плиты с литниковой системой. Для отливки моделей, которые будут расположены на модельной плите, изготовляют деревянные или гипсовые промодели с двойным припуском на усадку и обработку.

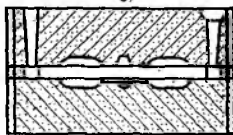
Изготовленные промодели заформовывают в двух опоках, без средней (рис. 27, *а*). На плоскость разъема нижней опоки укладывают деревянную рамку, наружные размеры и форма которой должны соответствовать размерам и форме отливаемой модельной плиты. На нижнюю опоку с уложенной рамкой устанавливают среднюю опоку. Пространство между стенок опоки и рамкой заполняют формовочной смесью и уплотняют ее (рис. 27, *б*). Излишек смеси срезают вровень с краями опоки и рамки. В набитой средней опоке прорезают литниковую систему, после чего модели и рамку удаляют, части формы припыливают и собирают для заливки (рис. 27, *в*). Отливку плиты



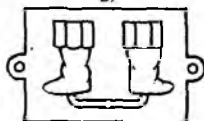
а)



б)

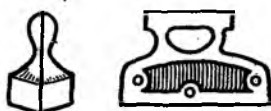


в)

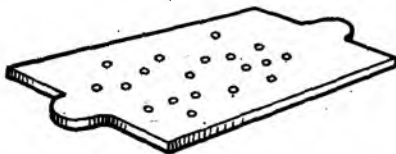


г)

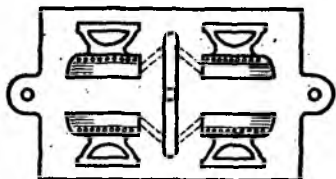
Рис. 27. Процесс отливки модельной плиты



а)



б)



в)



Рис. 28. Процесс изготовления сборной модельной плиты

очищают от песка и обрабатывают. В процессе механической обработки чеканят рисунки поверхности моделей, сверлят отверстия под штыри опоки. Отверстия для штырей опоки при продолжительном сроке службы модельной плиты изнашиваются и плита начинает качаться на штырях опоки, что приводит к браку отливок (перекос). Чтобы избежать этого, в отверстия плиты ввертывают или впрессовывают специальные сменные центрирующие втулки с отверстиями. Готовая модель плиты показана на рис. 27, г.

Механическая обработка литых модельных плит неудобна из-за их громоздкости. При наличии на поверхности моделей тонких украшений обработка их усложняется. Поэтому монолитные модельные плиты применяют для формовки моделей с простой поверхностью, не требующих большей точности отливки.

Сборные модельные плиты более удобны в изготовлении, так как их модели, изготавливаемые отдельно от плиты, могут быть легко и точно обработаны с применением станочного оборудования, что сложнее сделать с моделями, расположенными на плите. Для моделей сборных плит возможно применение более дорогих материалов — латуни, бронзы и других сплавов, так как при отливке их заготовок расход металла будет значительно меньше

по сравнению с расходом на монолитные плиты. Кроме того, сборные модельные плиты можно изготавливать с пустотелыми моделями, они будут легче и удобнее в работе.

Сборные модельные плиты могут быть односторонними и двусторонними. Рассмотрим порядок изготовления сборной двусторонней модельной плиты для отливки детской игрушки «утюжок». Для этого из дерева или гипса изготавливают разъемную пустотелую модель «утюжка» с двойным припуском — на усадку и обработку. По половинкам изготовленной модели из соответствующего металла отливают заготовки моделей (рис. 28, а), которые обрабатывают до необходимых размеров. Затем половинки моделей соединяют вместе по плоскости разреза, сверлят в них сквозные отверстия. Через отверстия половинки модели «утюжка» скрепляют винтами и подвергают окончательной обработке — доводке и чеканке поверхности. Затем берут модельную плиту необходимых размеров и формы (рис. 28, б), укладывают на нее половинки моделей, освободив их от соединительных винтов, и через отверстия в них намечают места отверстий на модельной плите. По намеченным рискам в модельной плите сверлят отверстия, равные диаметру отверстий в моделях. Половинки моделей «утюжка» крепят на обеих сторонах плиты болтами, проходящими через плиту и обе половинки модели. Концы болтов на поверхности моделей запаивают и зачищают. Вместе с моделями «утюжка» на плите монтируют и модели литниковой системы: модели питателя — на одной стороне плиты, модель шлакоуловителя с основанием для стояка — на другой (рис. 28, в).

### § 21. Стержневые ящики и их конструкции

Внутренние полости в отливке получают установкой в форме стержня. Стержни в основном изготавливают в специальных приспособлениях, называемых *стержневыми ящиками*. В отдельных случаях стержень может быть изготовлен при помощи шаблонов в пустотелой модели и даже в полости самой формы, что особенно часто применяют в производстве художественного литья.

Стержневые ящики в зависимости от сложности изготавливаемых стержней могут быть неразъемными (цельными), разъемными, с отъемными частями и с глухой, не выходящей на поверхность полостью. Материалом для изготовления стержневых ящиков служит дерево и металлы. Деревянные ящики удобны в изготовлении и дешевы, но не долговечны. Они быстро изнашиваются, коробятся, поэтому применение их выгодно лишь при изготовлении небольшого числа стержней. Металлические стержневые ящики значительно дороже деревянных и сложнее в изготовлении, но при массовом производстве стержней они выгоднее, так как затраты на их изготовление окупаются прочностью и продолжительным сроком службы.

Рассмотрим устройство стержневых ящиков. На рис. 29, а показан простой стержневой ящик для изготовления стержня

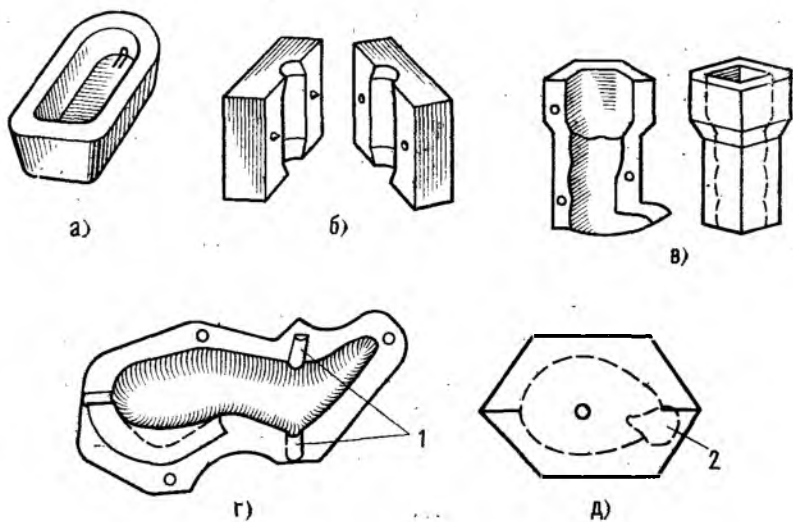


Рис. 29. Стержневые ящики:

а — неразъемный — вытряхной; б — разъемный; в — разъемный с одним знаком; г, д — разъемный с глухой полостью и отъемной частью 2

вкладыша. По конструкции он неразъемный, размеры полости его соответствуют размерам и форме изготавливаемого в нем стержня. На рис. 29, б показан деревянный ящик для изготовления цилиндрического стержня. Для удобства извлечения из него готового стержня ящик сделан разъемным. Состоит он из двух частей: в каждой из них сделана выемка, соответствующая половине профиля стержня. Части стержневого ящика соединены между собой шипами.

Внутренние полости художественных отливок почти всегда имеют сложную форму, соответствующую внешней поверхности отливки. Отсюда ясно, что полость стержневого ящика для таких стержней будет иметь неправильную форму поверхности. Поэтому изготовление стержневых ящиков для художественных отливок всегда связано с большими затратами средств и времени.

В производстве художественного литья, особенно кабинетного, стержневые ящики, как и сами модели, обычно изготавливают металлическими. Металлические стержневые ящики хорошо сохраняют сложный рельеф внутренней поверхности.

На рис. 29, в показано устройство металлического стержневого ящика для карандашницы. Ящик для удобства извлечения готового стержня изготовлен из двух частей. Так как полость в отливке, образуемая стержнем, не сквозная, то стержневой ящик имеет знак только с одной стороны.

Для изготовления стержней, образующих глухую фасонную полость в отливке, применяют стержневые ящики, устройство которых показано на рис. 29, г. Такой стержневой ящик изгото-

вляют из двух половин, в каждой из которых делается углубление, соответствующее по форме и размерам половине объема стержня.

В тех случаях, когда в полости половинки ящика имеют поднутрения, затрудняющие снятие ящика со стержня, без их повреждения, в ящике делают отъемные части 2 (рис. 29, д). В стенках ящика на разъеме, где из стержня будут выходить концы его каркаса (поперечника и каркасной трубки), делают желобки 1 (рис. 29, е), равные диаметру прутков или трубок каркаса и поперечника. Половинки ящика плотно подгоняют друг к другу во избежание большого шва на стержне. Ширину кромок на разъеме ящика не следует делать большой, в противном случае, это затруднит удаление излишка стержневой смеси при уплотнении стержня. Для уменьшения массы ящика и удобства работы наружной поверхности ящика придают форму стержня с площадками, обеспечивающими устойчивость ящика при набивке стержня. Толщина стенок стержневого ящика с глухой полостью должна гарантировать его прочность при ударах по нему во время уплотнения стержня. Для облегчения разборки ящика на половинках его делают ручки или углубления.

## § 22. Опоки

Для удобства изготовления, разборки при удалении модели, сборки, переноски форм и для преодоления усилий, возникающих в форме при заливке, литейную форму изготавливают в специальных ящиках, называемых *опоками*. Опока (рис. 30) — это ящик без дна и крышки. Наиболее часто форму собирают из двух (верхней и нижней) или нескольких опок, соединяющихся между собой штырями 1, укрепленными в ушках 2, расположенных на ее боковых стенках. Во избежание заедания штырей при сборке и разборке форм из-за деформации стенок, происходящей при нагреве опок, одно отверстие в ушках опоки делают продолговатым. В опоках для форм архитектурных отливок при машинной формовке штыри для спаривания не крепят в ушках опоки. Спаривают опоки при помощи съемных сборочных штырей, вставляемых в отверстия ушков верхней опоки. Для уменьшения износа отверстий и обеспечения точности спаривания опок в отверстия их ушков запрессовывают стальные каленые втулки.

Толщина стенок опоки может быть от 6 до 20 мм в зависимости от размеров опоки и рода материала, из которого она изготовлена. Для удобства разборки, сборки и переноски формы опока имеет ручки 3, а для того чтобы уплотненная в ней формовочная смесь не выпадала (в малых и средних опоках), делают ребра 4 и буртики 5. В опоках больших размеров пересекающиеся ребра образуют крестовины, при кусковой формовке ребра и крестовины в опоках часто мешают расположению кусков на модели в форме, поэтому в таких случаях используют небольшие и средние опоки без ребер и крестовин. Достаточная прочность формовочной смеси,

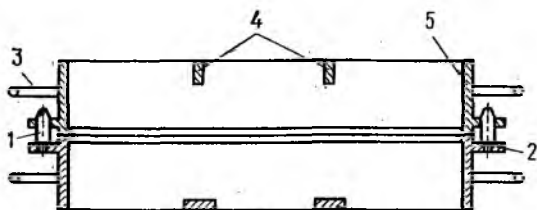


Рис. 30. Устройство опоки:  
1 — штыри; 2 — ушко;  
3 — ручка; 4 — ребра; 5 —  
буртики

применяемой для кусковой формовки, высокая степень ее уплотнения и наличие сверху нижней и внизу верхней опоки угольников вполне гарантирует удержание смеси в опоке. Качество опоки влияет на качество изготавливаемой в ней формы и отливаемого изделия. Поэтому при изготовлении или подборе опок необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Опока должна быть прочной. Нельзя допускать трещин в ее стенках, прогибов их при уплотнении формовочной смеси, при заливке металла в форму.

2. Опоки в комплекте должны быть хорошо подогнаны друг к другу и не должны смещаться на штырях.

3. Опока должна быть сделана так, чтобы набиваемая в нее смесь при изготовлении формы не выпадала.

**Виды опок.** По конфигурации опоки делятся на прямоугольные, круглые, фасонные.

Существуют специальные конструкции съемных опок, используемых при изготовлении форм для безопочной заливки.

По материалу, из которого изготавливают опоки, они делятся на деревянные, чугунные, стальные, алюминиевые. Опоки перемещают вручную или краном. Ручные опоки имеют массу (без формовочной смеси) до 30 кг; опоки массой до 60 кг — комбинированные, имеют устройства для транспортировки вручную и краном.

На рис. 31, а представлены чугунные опоки, предназначенные для формовки изделий типа детских игрушек и деталей статуэток. Такие опоки диаметром до 200 мм делают без ребер и ручек. Опоки перед заливкой скрепляют крючками, установленными на стенках нижних опок. При скреплении крючки набрасывают на ушки верхних опок.

На рис. 31, б изображены чугунные опоки овальной формы, удобные для формовки барельефов, ажурных тарелок и поставочных отдельных групп и статуэток. В верхних опоках ребра выполняют с учетом контура формируемой модели. Ручки опок делают стальными, скрепляют опоки крючками.

Опоки, представленные на рис. 31, в, применяют для формовки более сложных отливок типа ажурных коробочек и деталей чернильных приборов и ваз. Комплект таких опок состоит из трех опок, среднюю из них делают равной высоте модели. Для удержания смеси в опоке служат бортики на стенках. Ручек у подобных

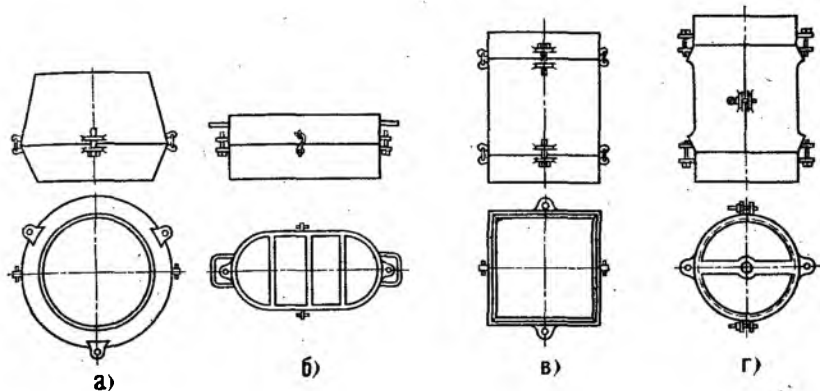


Рис. 31. Виды чугунных опок

опок не делают, так как сборку и разборку комплекта опок легко производить за ее уши.

На рис. 31, г показан комплект опок, состоящий из четырех частей, предназначенный для формовки моделей кувшинов и подобных им изделий. Средняя часть имеет вертикальную плоскость разреза, половинки ее скрепляют между собой винтами, ввернутыми в уши. Нижняя опока имеет плоское ребро, приспособленное для крепления каркаса болвана в форме. Верхняя опока скрепляется с двумя средними скобами.

На рис. 32, а показаны опоки прямоугольной формы с наклонными стенками, предназначенные для кусковой формовки моделей бюстов и статуэток. Ручки таких опок делают стальными и служат они не только для разборки и переноски формы, но и для подвески полуформ в сушильной печи. Для заливки формы в вертикальном положении в опоках с торца выполняют отверстия для стояка и выпора.

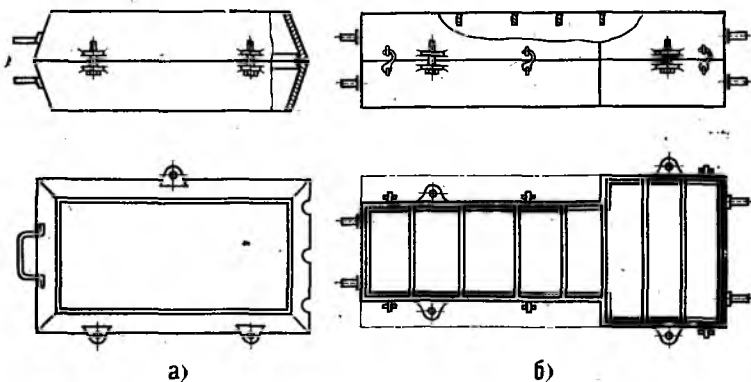


Рис. 32. Ручные опоки:

а — простая опока для кусковой формовки; б — фасонная опока



специального профиля стальную полосу с желобом посредине, с буртиком по краям. Полосу разрезают на куски определенной длины, изгибают и сваривают в виде опоки. Ушки под штыри, для спаривания опоки, изготавливают отдельно и приваривают к стенкам опок так же, как и ручки.

К недостаткам стальных опок следует отнести их высокую стоимость по сравнению с чугунными. В производстве художественных отливок стальные опоки желательно применять при кусковой формовке по-сухому, где от опок требуется большая прочность при формовке и выбивке сильно уплотненной и высушенной в них формовочной смеси.

**Алюминиевые опоки.** Эти опоки легкие и удобные в работе, но из-за высокой стоимости и небольшой прочности алюминиевых сплавов их мало применяют для изготовления обычных опок. Из алюминиевых сплавов чаще всего изготавливают съемные опоки.

### § 23. Формовочный инструмент

Формовочный инструмент можно разделить на две группы. К первой группе относятся инструменты, необходимые для набивки формы и удаления из нее модели (рис. 35): лопаты, сита, ручные и пневматические трамбовки, линейки, вентиляционные иглы, деревянные молотки-киянки, бруски, пульверизаторы, кисти, подъемы для извлечения модели, мешочки для припыла, щетки для обметания модели. Ко второй группе относятся инструменты, применяемые для отделки формы (рис. 36): гладилки, подрезные и отделочные ланцеты, крючки для извлечения кусочков смеси из глубоких частей формы, цилиндрические, плоские и угловые оправки, двойные и одинарные иголки для снятия частей — кусков формы с модели, кисти из перьев птиц для обметания лицевой стороны кусков формы, кисти-примочки и т. д.

Рассмотрим назначение и устройства основных формовочных инструментов, применяемых в производстве художественного и архитектурного литья.

**Сита.** При формовке художественных отливок формовочная смесь, непосредственно прилегающая к поверхности модели, должна быть чистой и рыхлой, в ней не должно быть комков и металлических частиц, иначе на лицевой поверхности формы и на отливке могут возникнуть дефекты. Например, если на модель попала частичка чугуна, то она может закрыть собой часть модели и перейти на поверхность формы. Формовщик должен произвести заделку этого места, т. е. воспроизвести в форме поверхность модели вручную, что связано с дополнительной затратой времени и ухудшением качества исправленной формы. Аналогичный случай может быть, если на поверхности модели появится сухой комок смеси.

Для исключения подобных явлений облицовочную смесь на поверхности модели формовщик должен насеивать через специ-

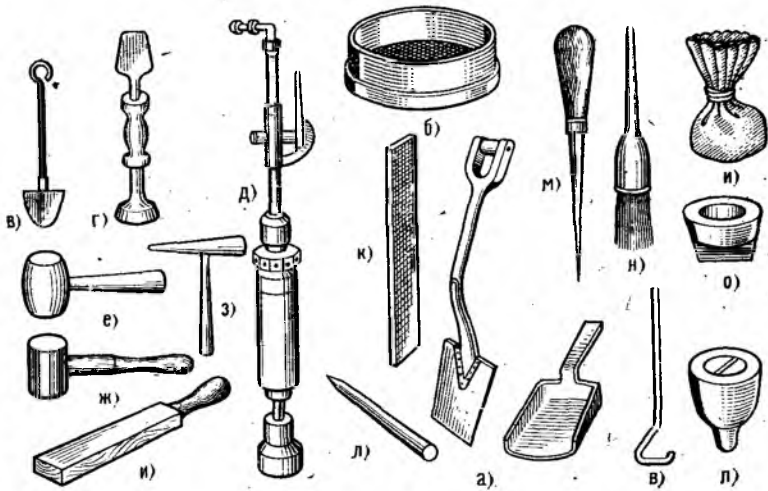


Рис. 35. Формовочный инструмент для набивки формы:

а — лопаты; б — сито; в — набойки; г — набойка-трамбовка совмещенная; д — трамбовка пневматическая; е — киянка формовочная; ж, з — деревянные молотки для набивки кусков; и — брусок; к — линейка; л — модель стояка; м — вентиляционная игла; н — кисть и мешочек с припылом; о, п — модели литников

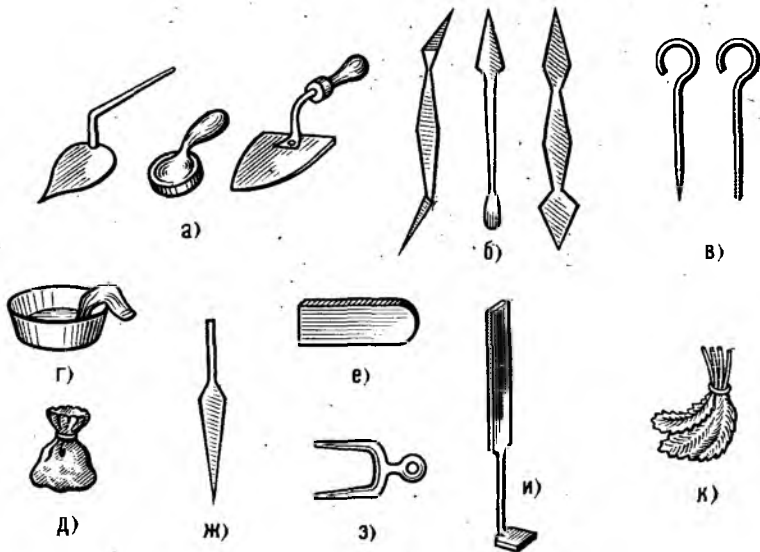


Рис. 36. Формовочные инструменты для отделки формы:

а — гладилки; б — ланцеты; в — подъемы; г — прямочка; д — мешочек с припылом; е — проводка; ж-з — игла и сьемник; и — крючок; к — кисть

альное сито. Формовочное сито (см. рис. 36) представляет собой деревянную рамку, обтянутую сеткой из стальной, а лучше из латунной проволоки с ячейками величиной от 1 до 1,5 мм. Обычно сита для формовки художественных отливок имеют диаметр 300—400 мм, высоту 100—150 мм.

**Трамбовки.** Формовочная смесь уплотняется трамбовками различных размеров и форм. Для набивки форм малых и средних размеров применяют совмещенные набойки — трамбовки с чугунным башмаком, которым уплотняют верхний слой смеси в опоке и выравнивают его. При набивке плоских невысоких форм ажурных отливок употребляют трамбовки, у которых клинообразная часть заменена цилиндрической. Удобство таких трамбовок заключается в том, что исключается возможность ударов по поверхности тонкой модели. Для набивки крупных форм используют пневматические трамбовки.

**Линейки.** Деревянные или металлические линейки используют для срезания лишней смеси с опоки. Режущие грани линейки должны быть правильными, без выпуклостей и впадин. Деревянные линейки быстро изнашиваются и коробятся, металлические более удобны в работе и долговечнее.

**Вентиляционные иглы.** Для увеличения газопроницаемости формы формовщик накалывает ее перед разборкой длинными иглами, которые образуют в форме каналы для выхода газов. Такие иглы называют вентиляционными. Иглы могут быть прямыми и изогнутыми в зависимости от направления вентиляционных каналов в форме.

**Деревянные молотки.** При кусковой формовке для уплотнения отдельных частей (кусков) формы на поверхности модели применяют деревянные молотки. В процессе формовки архитектурных отливок используют деревянные молотки — киянки, которые служат для расталкивания модели перед извлечением ее из формы. Для удобства формовки в комплекте формовочных инструментов должно быть несколько деревянных молотков различных размеров.

**Бруски.** Уплотняя верхний слой смеси в опоке при кусковой формовке обыкновенными трамбовками, можно повредить ранее изготовленные куски на поверхности и вокруг модели. Поэтому такое уплотнение формовщик выполняет специальным инструментом в виде деревянного бруска прямоугольной формы. Для уплотнения верхнего слоя смеси в опоке формовщик ударяет бруском по ее поверхности так, чтобы брусок опирался на оба края опоки, при этом он образует ровную и плотную поверхность смеси в опоке вровень с ее краями. Такой брусок, применяемый при набивке небольших и средней величины форм, имеет размеры 50 × 80 мм и длину 800 мм.

**Кисти.** Чтобы придать стенкам формы большую прочность, формовщик, перед извлечением модели, кистью смачивает водой стенки формы вокруг модели. Такие кисти делают из льна и перед употреблением хорошо проваривают в щелочной воде.

**Подъемы.** Модели из формы извлекают стальными заостренными стержнями или стержнями, имеющими на конце резьбу. При помощи первых извлекают из формы деревянные модели небольших размеров. Вторые применяют для крупных металлических моделей, которые в этом случае должны иметь на поверхности отверстия с резьбой, соответствующей резьбе конца стержня. Такие стержни называются подъемными.

**Мешочки для припыла.** Мешочки шьют из неплотной материи и наполняют припылом. Употребляют их для припыливания поверхности модели перед формовкой и готовой формы, перед сборкой. При формовке художественного литья по-сырому припыливание используют для подчеканки форм, при кусковой формовке — для отделения одного куска от другого.

**Щетки.** Сложная поверхность модели художественного литья при формовке загрязняется. В тонких складках чеканки модели остаются частицы формовочной смеси, припыла, а при хранении — пыль.

Загрязненная поверхность модели не дает резкого отпечатка в форме и является причиной плохой поверхности отливки. Для обметания поверхности модели и ее чистки применяют щетинные щетки различной величины и формы. Обметание внешней поверхности формы и окрашивание ее выполняют щетками из конского волоса. Для обметания внутренней стороны поверхности формы и ее частей (кусков) используют кисточки из мягких перьев птиц.

**Гладилки.** При извлечении модели из формы возможны небольшие повреждения последней, обрыв стенки, шероховатость поверхности и т. д. Формовщик исправляет такие повреждения в форме с помощью инструментов, называемых гладилками. Гладилки различной величины и формы изготавливают из инструментальной стали или латуни.

**Отделочные ланцеты.** Для исправления повреждения в труднодоступных местах форм и отдельных частей (кусков) ее применяют ланцеты. Кроме того, при кусковой формовке ланцеты используют для подрезки поверхности кусков формы и тела стержня при изготовлении его в полости формы.

В зависимости от назначения ланцеты, применяемые при формовке художественного литья, подразделяются на лицевые, подрезные и тельные. Изготавливают их из инструментальной стали и латуни.

**Иголки.** При кусковой формовке куски снимают с модели стальными иголками, изготовленными из листовой стали. Для снятия с модели кусков средней величины применяют съемники, имеющие форму вилки. Для удаления крупных частей форм используют каркасные рамки, которые заформовывают в куске в процессе его изготовления.

**Проводки.** Этот инструмент представляет собой стальные пластины и применяется для прорезания щелевых литников при

формовке тонкостенных ажурных изделий. Толщина проводки зависит от необходимых размеров питателя.

Кроме перечисленных инструментов формовщик пользуется пульверизатором для опрыскивания поверхности модели, формы и стержня; переносными электролампами для просмотра глубоких частей формы; слесарным инструментом, необходимым для резки и гибки прутков, применяемых для приготовления каркасов стержней и крепления частей формы.

#### Вопросы для повторения

1. Что такое модель?
2. Какие требования предъявляются к моделям?
3. Почему модель делают больше отливки?
4. Какие существуют виды моделей?
5. Какие материалы применяют для изготовления моделей?
6. Когда применяют деревянные модели?
7. Какие преимущества имеют металлические модели?
8. Почему сложные модели художественных отливок делают из латуни?
9. Какой основной недостаток алюминиевых моделей?
10. Как изготовить деревянные модели?
11. Как изготавливают металлические модели?
12. Как делают модель из гипса?
13. Как изготавливают выплавляемые модели?
14. Какие существуют виды модельных плит?
15. Как изготавливают модельные плиты?
16. Какие требования предъявляются к опокам?
17. Какие преимущества имеют металлические опоки?
18. Как устроены съемные опоки?
19. Что такое крановая опока?
20. Какие опоки называют фасонными?
21. Как подразделяются формовочные инструменты?
22. Почему при кусковой формовке верхний слой смеси в опоке уплотняют брусом?
23. Для чего применяют иголки и съемники?

### § 24. Литниковая система, ее назначение и устройство

*Литниковая система* — система каналов и элементов литейной формы, обеспечивающих подвод расплавленного металла в полость формы, ее качественное заполнение и питание отливки при затвердевании. Основными элементами литниковой системы являются (рис. 37): литниковая чаша 1, стояк 2, шлакоуловитель 3, питатели 4, выпор 5.

**Литниковая чаша** — элемент литниковой системы для приема расплавленного металла из ковша и подачи его в форму. Кроме того, заполненная литниковая чаша при заливке препятствует проникновению в форму шлака, который, будучи легче металла, всплывает и остается на поверхности литниковой чаши. При заливке из больших ковшей широкая струя металла может разрушить дно чаши и смытые куски смеси могут попасть в форму. Чтобы избежать размывания литниковой чаши, стенки ее делают из более прочной облицовочной смеси, а в дно заформовывают керамическую плитку.

Тип литниковой чаши зависит от необходимого объема металла в ней. Маленькие литниковые чаши удобно делать утопленными на поверхности формы (рис. 37, а), если между дном чаши и полостью формы 8 остается достаточный слой смеси. Если дно чаши расположено близко к полости формы, то металл, заливаемый в чашу, может продавить небольшой слой смеси и разрушить верх формы. В таких случаях литниковую чашу делают не в форме, а в отдельной небольшой рамке 7, поставленной на поверхность формы над стояком (рис. 37, б).

**Стояк** — элемент литниковой системы в виде вертикального или наклонного канала, служащий для подачи расплавленного металла из литниковой чаши к другим элементам системы или непосредственно в рабочую полость формы. Для удобства удаления из формы стояки делают коническими, расширяющимися кверху. В небольших формах верхняя часть стояка заканчивается небольшой воронкой, выполняющей роль чаши (рис. 37, в). При заливке крупных форм во избежание размыва металлом дна стояка под ним на поверхности разъема формы в нижней опоке делают углубление, называемое **зумпфом** (рис. 37, а, б).

**Шлакоуловитель** — элемент литниковой системы для задерживания шлака, кусочков формовочной смеси и для подвода расплавленного металла из стояка к питателям. Существуют несколько конструкций шлакоуловителей: трапециевидальные, зигзагообразные, шаровые, ступенчатые. В сырых формах для художественных отливок чаще всего используют шлакоуловители

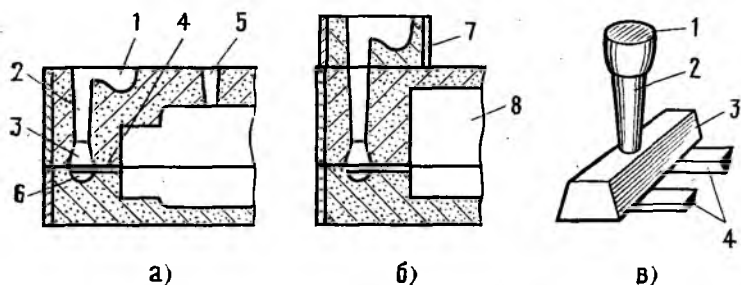


Рис. 37. Элементы литниковой системы:

1 — литниковая чаша; 2 — стояк; 3 — шлакоуловитель; 4 — питатели; 5 — выпор; 6 — зумпф; 7 — рамка; 8 — полость формы

с трапецидальным сечением. Частицы шлака, попадая с металлом в шлакоуловитель, расположенный выше питателей, всплывают и остаются в нем, не проникая в полость формы. В кусковых формах устройство шлакоуловителя, подающего расплавленный металл из стояка к питателям, не всегда представляется возможным. В этих случаях для подачи металла из стояка к питателям на поверхности разъема формы вырезают канал, называемый литниковым ходом.

**Питатель** — элемент литниковой системы для подвода расплавленного металла в полость литейной формы. Питатели чаще всего располагают в нижней полуформе под шлакоуловителем. Питатели не следует делать в том месте под шлакоуловителем, где в него входит стояк, так как возможно попадание шлака в форму. В формах толстостенных отливок питатели прорезают в виде каналов с треугольным сечением, в тонкостенных отливках — в виде широких трапецидальных каналов (рис. 37, в). Толщина таких питателей не должна превышать толщину стенки отливки, в противном случае при обрубке литника будет выламываться стенка отливки.

**Выпор** — элемент литниковой системы для вывода газов из формы при заливке, контроля заполнения формы расплавленным металлом, питания отливки в момент ее затвердевания, смягчения удара струи металла в верхнюю стенку полости формы в конце ее заливки, для слива холодного металла из верхней части полости формы.

Заливка, при которой часть холодного металла сливается из полости формы через выпор, носит название *заливки с перепуском*. При заливке формы с перепуском уровень металла в чаше должен быть несколько выше уровня металла в выпоре. В литейных формах, полость которых расположена в нижней опоке, выпор делают в виде стояка на противоположном от литниковой системы конце формы (рис. 38, а). Такой выпор называют *отводным*. Кроме того, выпор может быть *питающим* и *сигнальным*.

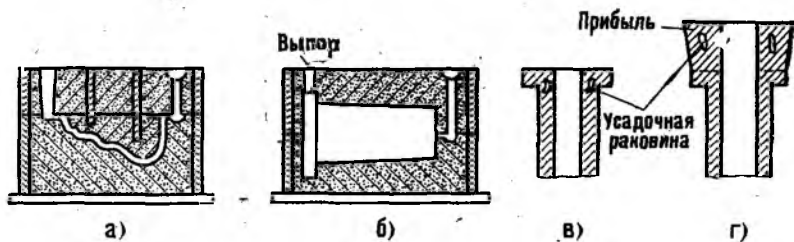


Рис. 38. Устройство выпора и прибыли:

*a* — отводной выпор; *b* — выпор в верхней части формы; *в* — отливка без прибыли; *г* — отливка с прибылью

В формах, полости которых расположены в верхней опоке, выпор ставят в той части полости формы, которая расположена выше всех остальных (рис. 38, б). Если выпор поставлен в части формы, которая расположена ниже других, газы и шлак, всегда скопляющиеся в верхней части формы, могут не попасть в него и останутся в форме, образуя в том месте газовые или шлаковые раковины.

**Прибыль.** Во время усадки металла в форме в стенках отливки могут образовываться усадочные раковины. Наиболее часто раковины возникают там, где металл долгое время остается в жидком состоянии, т. е. в толстых сечениях отливки (рис. 38, в). В тонких сечениях отливки раковины образоваться не могут, потому что возникающая в процессе затвердевания усадка компенсируется металлом из соседних, более толстых сечений отливки, находящихся еще в жидком состоянии.

Таким образом, усадочные раковины располагаются в наиболее толстых частях отливки, затвердевающих последними. Если во время затвердевания отливки в то место, где происходит образование усадочной раковины, своевременно добавлять жидкий металл — питать отливку, то усадочной раковины в отливке не будет. Такой прием в производстве отливок используется как средство борьбы с усадочными раковинами.

Питание отливки в момент ее усадки осуществляется за счет жидкого металла элемента литниковой системы, устраиваемого в форме над той частью отливки, где возможно образование раковины. Такую полость в форме называют *прибылью* (рис. 38, г). Но такая прибыль может питать отливку лишь в том случае, если металл в ней в момент образования раковины в отливке еще жидкий и затвердевает после питаемого узла. Следовательно, чтобы в прибыли сохранить металл в жидком состоянии, сечение и размеры ее должны быть больше размеров той части отливки, которую она питает. При таком условии усадочные раковины будут образовываться не в отливке, а в прибыли, которая впоследствии будет срезана с отливки. Прибыли могут быть закрытыми и открытыми. На рис. 38, г показана часть отливки трубы с фланцем и открытой прибылью.



Описанный выше способ устройства прибылей, как средство борьбы с усадочными раковинами в отливках, не экономичен вследствие большого расхода металла и трудоемкости операции отрезки прибылей. Существуют более выгодные способы питания отливок с помощью прибылей с атмосферным и газовым давлением, позволяющие значительно уменьшить размеры прибылей. Принцип работы прибыли, действующей под атмосферным давлением, состоит в том, что в полость ее до заливки вставляют песчаный стерженек, через который во внутрь прибыли передается атмосферное давление, способствующее подаче жидкого металла в питаемый узел.

В прибыль, действующую под газовым давлением, вставляется патрон с мелом. Мел, разлагаясь при заливке, выделяет газ и создает в прибыли повышенное давление. Толщина стенки патрона делается такой, чтобы она расплавилась после того, как на поверхности прибыли образовалась корка застывшего металла.

Применяемые при отливке крупных изделий открытые прибыли, для уменьшения их размеров, подогревают путем доливки металла, засыпки материалами, выделяющими теплоту (молотым шлаком, древесным углем, лункеритом). Обогрев форм открытых прибылей производится путем облицовки их экзотермическими смесями, в состав которых входит алюминиевый порошок, ферросилиций, железная окалина, шамотный порошок и огнеупорная глина. При химической реакции между составляющими смеси выделяется теплота, которая обогревает прибыль. Экзотермический обогрев прибыли позволяет уменьшить ее размеры на 8—9 %.

Прибыли делают прямыми и отводными. Отводные прибыли применяют для питания местных термических узлов и нескольких небольших отливок. Отводные прибыли в отличие от прямых располагают сбоку от питаемого узла и соединяют с ним массивной шейкой.

Каждый из элементов литниковой системы имеет свое назначение и неправильное изготовление его может быть причиной брака в отливке. Поэтому при серийном производстве отливок выгоднее применять заранее изготовленные модели литниковой системы, имеющие расчетную площадь и правильный профиль.

## § 25. Типы литниковых систем

В зависимости от величины, конфигурации и материала отливаемого изделия литниковая система в форме может быть горизонтальной, верхней, дождевой, сифонной и ярусной. Рассмотрим несколько типов литниковых систем, применяемых при литье художественных и архитектурных изделий.

**Горизонтальная литниковая система** (рис. 39, а) с питателями, расположенными в горизонтальной плоскости, обеспечивает подвод металла в полость формы по ее разъему. Такая литниковая

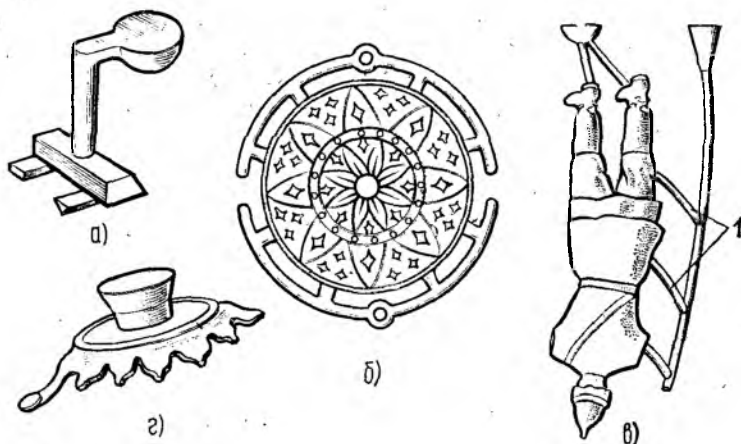


Рис. 39. Типы литниковой системы, применяемые в формах художественных отливок: а — горизонтальная; б — верхняя с кольцевым расположением питателей; в — сифонная с ярусными питателями; г — верхняя со щелевыми стояками

система имеет все основные элементы и применяется в формах с глубиной полости в нижней олоке до 200 мм, заливаемых в сыром виде. Тонкостенные ажурные отливки (вазы, блюда, тарелки, кронштейны) при незначительной толщине стенок имеют сложную поверхность. Качественно заполнить литейные формы таких изделий через литниковую систему с горизонтально расположенным питателем с одной стороны полости формы не удастся, так как расплав в тонком сечении полости формы быстро охлаждается и не заполняет ее полностью. В таких случаях для заливки формы применяют горизонтальную литниковую систему с большим числом питателей, расположенных по разрезу полости формы (рис. 39, б). Для этого вокруг полости формы в верхней полуформе вырезают шлакоуловитель в виде кольца треугольного сечения. Под шлакоуловителем в нижней полуформе вокруг полости формы вырезают необходимое число питателей. Металл, заливаемый в форму с такой литниковой системой, поступает в полость формы одновременно в нескольких местах. При этом он не успевает охладиться и хорошо заполняет мельчайшие углубления и выступы сложной поверхности полости формы. Горизонтальная литниковая система с кольцевым расположением питателей наиболее удобна для форм ажурных отливок.

Сифонная литниковая система (рис. 39, в) — горизонтальная или вертикальная литниковая система, обеспечивающая подачу расплавленного металла в полость формы снизу. Такая литниковая система исключает возможность разрушения нижних поверхностей полости формы, разбрызгивания металла при падении его струи на дно формы, отдельные капли металла плохо сплавляются с общей массой его и образуют в отливке включения (корольки).

Литейные формы статуэток, имеющих значительную высоту при малых поперечных размерах, заливают обычно в вертикальном положении. В полость таких форм металл заливают снизу.

Если металл подводят снизу, то он поступает по стояку до дна формы, а затем по горизонтальному питателю проходит в полость формы и под давлением в стояке постепенно заполняет ее до верха.

**Верхняя литниковая система** (рис. 39, з) обеспечивает подачу металла в полость формы сверху. В небольших формах ажурного литья стояк верхней литниковой системы делают в виде щели в полость формы сверху, поэтому ее часто называют щелевой литниковой системой. Такая литниковая система удобна тем, что ее можно ставить в центре полости формы, откуда металл равномерно растекается во все ее части. Кроме того, применение вертикальной литниковой системы в формах тонкостенного литья удобно тем, что сечение щелевого стояка не превышает толщины стенки отливки, поэтому стояк легко отламывается, не разрушая стенки отливки и не оставляя большого следа на ее поверхности.

**Ярусная литниковая система** — вертикальная литниковая система, обеспечивающая подачу металла в полость формы на нескольких уровнях ее высоты. Сифонная литниковая система, обеспечивающая спокойное последовательное заполнение формы, в то же время имеет существенный недостаток для тонкостенных художественных отливок. Металл в такой форме, поднимаясь снизу вверх, встречается с холодными стенками формы, быстро охлаждается, плохо заполняет верхнюю часть полости формы и не дает резкого рельефа поверхности отливки. Такой недостаток можно устранить, если несколько изменить устройства сифонной литниковой системы, снабдив ее дополнительными питателями по высоте формы. При ярусной литниковой системе первая порция металла, попавшая в форму в начале заливки, успев несколько остыть, разогревается порцией горячего металла, поступившего на уровне первого дополнительного питателя. То же самое произойдет, когда форма заполнится до второго питателя. Таким образом, верхний холодный слой металла в форме подогревается порциями горячего, поступающего из ярусных питателей. При этом получается некоторое выравнивание температуры металла в полости формы, обеспечивающее получение одинаковой резкости рельефа поверхности отливки во всех ее частях.

В литейных формах статуэток и бюстов при сифонной и ярусной литниковой системе устройство шлакоуловителя не представляется возможным. В таких формах шлак при заливке удерживается в литниковой чаше, представляющей воронку стояка. Чтобы шлак надежно удерживался в литниковой чаше, она должна иметь достаточные размеры и соответствующую конструкцию, обеспечивающие всплывание шлаковых частиц при заливке.

При использовании небольших литниковых чаш (воронок) этому способствует специально изготовленная из стержневой смеси и высушенная фильтровальная сетка, вставленная в дно

воронки. При наличии в воронке фильтровальной сетки металл тормозится в ней и заполняет воронку. При этом шлак и грязь всплывают на поверхность металла и остаются здесь до конца заливки.

## § 26. Расчет литниковой системы

Для правильной работы литниковой системы необходимы определенные соотношения в размерах ее элементов — стояка, шлакоуловителя и питателей. Обычно сечения литниковых каналов от стояка до входа в полость формы постепенно уменьшаются. Поперечное сечение шлакоуловителя меньше поперечного сечения стояка, а площадь сечения питателей, в свою очередь, меньше сечения шлакоуловителя. Такое соотношение размеров элементов литниковой системы создает в ней условия, при которых в процессе заливки все каналы литниковой системы полностью заполнены металлом. При этом шлак и засоры, поступаая вместе с металлом в шлакоуловитель, остаются в нем, не попадая в полость формы. Такая литниковая система называется закрытой. Могут быть и другие типы литниковых систем: открытая или более сложные, комбинированные.

Расчет литниковых систем основан на применении уравнений гидравлики для идеальных жидкостей, текущих в газонепроницаемых каналах. Так как жидкий металл не является идеальной жидкостью (его свойства изменяются во время течения), а песчаная форма газопроницаема, дополнительно используют опытно-экспериментальные данные.

Существует несколько методов расчета литниковой системы, применяемых в зависимости от типа литниковой системы, сплава, заливаемого в форму, и некоторых других факторов.

В практике производства отливок широко известен упрощенный метод определения размеров литниковой системы по таблицам, предложенным В. И. Фундатором (табл. 14).

Расчет сводится к определению минимальной площади сечения питателей (суммарной)  $F_{\min}$ . Минимальная площадь сечения питателей — такая площадь, при которой обеспечивается получение качественных отливок при наиболее низкой допустимой температуре заливки и при наименьших давлениях.

В качестве примера приведена таблица для определения  $F_{\min}$  при производстве отливок из серого чугуна (табл. 14).

Минимально допустимая температура заливки чугуна, принятая при составлении таблицы, 1250 °С. Остальные размеры литниковой системы подсчитывают по соотношению

$$F_{\min} : F_{\text{ш}} : F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,1 : 1,5,$$

где  $F_{\text{ш}}$  и  $F_{\text{ст}}$  — площади сечения шлакоуловителя и стояка.

**Пример расчета литниковой системы.** Определим размеры частей литниковой системы для отливки газонной решетки массой

Таблица 14

Площади сечения питателей и их число в зависимости от массы и толщины стенки отливки

Масса отливки, кг	Размеры одного питателя		Число питателей при толщине отливки, мм				
	сечение, см <sup>2</sup>	длина, мм	3—5	5—8	8—10	10—15	15—20
До 0,5	0,3—0,4	10—15	1	1	1	1	1
0,5—1	0,4—0,5	15—20	1	1	1	1	1
1—3	0,5—0,7	20—25	1	1	1	1	1
3—5	0,7—0,8	25—30	2	2	1	1	1
5—10	0,7—0,9	25—30	3	3	2—3	2—3	2—3
10—15	0,7—0,9	25—30		3	3	3	3
15—20	0,8—0,9	25—30	В зависи- мости от формы отливки	4	4	3	3
20—40	0,8—1,0	30—35		4	4	3	3
40—60	1,0—1,5	30—35		4—5	4	3—4	3
60—100	1,0—1,5	30—35		5—6	5	4—5	4
100—150	1,0—1,5	40—45		7—8	7	5—6	5
150—200	1,0—1,5	45—50		8—9	8	7—6	6

15 кг со стенками толщиной 15 мм. Зная массу отливки, пользуясь табл. 14 во второй графе против отливки 15 кг, находим, что площадь сечения одного питателя должна быть равна 0,8 см<sup>2</sup> или 80 мм<sup>2</sup>. В следующей графе в той же строке справа находим длину питателя 25—30 мм. По толщине стенки 15 мм находим число питателей, их должно быть 3.

Следовательно, общая площадь питателей равна 2,4 см<sup>2</sup>. По вышеприведенному соотношению находим

$$F_{\text{ш}} = 2,4 \cdot 1,1 = 2,64 \text{ см}^2;$$

площадь естояка

$$F_{\text{ст}} = 2,4 \cdot 1,5 = 3,6 \text{ см}^2.$$

Конфигурацию сечения питателей делают в зависимости от конфигурации отливки, они должны легко отламываться, не разрушая отливки. Для тонкостенных художественных отливок питатели обычно имеют сечение в виде трапеции, основание которой больше высоты (щелевые питатели). Сечения шлакоуловителя выполняют в виде трапеции, у которой высота или равна основанию, или несколько больше него. Стояки обычно бывают круглыми.

Если питатели приходится делать длиннее, чем указано в табл. 14, площадь сечения их увеличивают на 17—20 %. Соответственно по приведенному выше соотношению увеличивают площади сечения остальных элементов литниковой системы.

## § 27. Подвод металла в полость формы

От правильного подвода металла в полость формы при ее заливке во многом зависит качество получаемой отливки. Правильное устройство и расположение литниковой системы в форме гарантирует.

1) отсутствие на поверхности отливки шлаковых и песчаных включений;

2) равномерное охлаждение частей отливки, а следовательно, получение отливки без усадочных раковин, трещин и внутреннего напряжения в металле;

3) сохранение поверхности формы от размыва металлом в момент заливки.

Формовщик машиностроительных отливок при изготовлении формы может применять правильно рассчитанные и приготовленные модели литниковой системы. Формовщику же художественного литья, связанного с редкими и единичными отливками, это не всегда доступно. При сложной формовке статуэток, бюстов и других подобных им отливок трудно пользоваться нормализованными моделями литниковой системы, чаще всего приходится каналы литниковой системы делать от руки. Поэтому при устройстве литниковой системы формовщик художественного литья должен иметь в виду все особенности заливки формы и охлаждения в ней отливки.

В отливках, имеющих стенки различной толщины, остывание металла в форме происходит неравномерно. Тонкие части отливки остывают быстрее, чем толстые. Это может привести к образованию в ней усадочных раковин и трещин. Такой недостаток формовщик может устранить, подводя металл в форме к тонким местам отливки. Горячий металл, протекая по тонким сечениям полости формы, прогревает ее стенки, выравнивает скорость охлаждения толстых и тонких частей отливки.

При подводе металла к толстым стенкам отливки неравномерность охлаждения частей отливки увеличивается. При этом возможно коробление отливки и образование в ней усадочной раковины и трещин. Образование трещин можно ожидать в отливках ажурных изделий (тарелок, ваз, блюд, стенок коробочек) и других отливок, имеющих резкие переходы толстых сечений в более тонкие.

Немалое значение для получения доброкачественной отливки имеет расположение в форме питателей литниковой системы, определяющих направление струи металла, поступающего в полость формы. Следует избегать такого направления питателей, при котором струя металла размывает стенку формы или стержень. В литейных формах для пустотелых отливок, имеющих цилиндрическую форму, питатели лучше располагать по касательной к стенке формы. Такое расположение питателей обеспечивает спокойное заполнение формы металлом; при этом шлак и другие

неметаллические включения оттесняются к стержню, что обеспечивает получение чистой наружной поверхности отливки.

Качество художественной отливки часто зависит не только от расположения питателей в форме, но и от их числа и величины. Формовщик художественного литья при изготовлении форм тонкостенных и сложных изделий должен всегда иметь в виду, что их лучше заливать через большее число тонких питателей, чем через небольшое число питателей с большим сечением.

Деление больших питателей на ряд мелких имеет преимущества, обеспечивающие получение качественных отливок, так как 1) металл, поступающий в полость формы через несколько небольших питателей, равномерно и быстро заполняет ее, выравнивает температуру металла в различных частях формы, способствует лучшему заполнению ее рельефа; 2) удар струи металла о небольшие выступы сложной поверхности формы в этом случае значительно меньше, чем при наличии питателей с большим сечением, поэтому металл меньше размывает стенки формы.

#### Вопросы для повторения

1. Что представляет собой литниковая система и для чего она служит?
2. Из каких элементов состоит литниковая система?
3. Как определить размеры элементов литниковой системы?
4. Какие вы знаете типы литниковых систем, применяемых в формах художественных отливок?
5. Для каких отливок применяют щелевые литники?
6. Когда применяют стояк с фильтрующей сеткой?
7. В каких случаях применяют литниковую систему с питателями, расположенными по периметру полости формы?
8. В какое место полости формы лучше подводить металл для заливки формы?
9. Почему лучше (для тонкостенной отливки) применять большее число питателей с малым сечением?
10. Для чего делается в форме выпор?
11. В каком месте формы ставят выпор и почему?
12. Что такое прибыль и каково ее назначение?
13. Почему обычная прибыль должна иметь большее сечение, чем отливка?
14. Как работает прибыль с газовым давлением?
15. Какую литниковую систему называют сифонной и когда ее применяют?
16. Для чего заливают литейные формы с перепуском?
17. Что такое утепленная прибыль и когда ее используют?

### § 28. Формовка по-сырому

Формовкой по-сырому называют такой технологический процесс изготовления литейной формы, который позволяет заливать ее, не подвергая сушке.

В производстве художественного литья способ формовки по-сырому применяют для изготовления литейных форм для тонкостенных ажурных и архитектурных отливок. Литейные формы таких отливок с малым объемом и большой поверхностью не испытывают большого давления заливаемого в них расплава, так как количество его при этом невелико. Поэтому такие литейные формы не требуют большой прочности, а формовочные смеси — большого количества глины. Расплав, заполняя полость формы тонкостенной отливки, быстро остывает в ней, прогревая незначительный слой формовочной смеси. При этом скорость газообразования в форме незначительна и создаются благоприятные условия для своевременного выхода газа из полости формы. Следовательно, при формовке по-сырому нет необходимости (для увеличения прочности и газопроницаемости формы) производить ее сушку. Это значительно сокращает процесс получения отливки и уменьшает ее стоимость.

Формовка художественных отливок по-сырому производится, как правило, в опоках, что по сравнению с другими способами изготовления литейных форм имеет ряд преимуществ. При формовке в опоках: 1) получается более точная и чистая отливка; 2) допускается применение сложных способов формовки (формовка в кусках с перекидным болваном); 3) готовые формы удобно транспортировать к месту заливки; 4) при формовке в опоках более полно используется площадь цеха, особенно при расположении форм для заливки в стопку (стопочная заливка); 5) более производительный способ формовки архитектурных отливок — машинная формовка производится только в опоках.

При ручной формовке в опоках столы и плиты на рабочих местах формовщиков должны иметь ровную поверхность. Неровные плиты могут привести к поломке формы при извлечении модели и сборке. В зависимости от сложности конструкции модели при изготовлении литейных форм по-сырому применяют следующие виды формовки: по неразъемной модели, по разъемной модели, с нижним болваном, с верхним болваном, по модели с отъемными частями, с подрезкой, с фальшивой опокой, со специальной подмодельной плитой, по гипсовой модели, по модельным плитам, в съемных опоках, в трех и более опоках, с перекидным болваном, со стержнями, в почве и по шаблону, машинную.



Перечисленные виды формовки имеют много общих операций, поэтому нет смысла разбирать подробно все виды. Рассмотрим операции технологического процесса формовки по-сырому лишь на формовке неразъемной модели. В остальных видах разберем только особые — новые приемы, связанные с данным видом процесса изготовления литейной формы.

## § 29. Формовка по неразъемной модели

Примером формовки по-сырому по неразъемной модели является формовка детской игрушки «плитка» (рис. 40, а). Литейную форму для нее готовят в двух опоках на гладкой подмодельной плите, с прорезью для подъема, припаянного на обратной стороне модели. Модель плитки делают из чугуна или бронзы. Обычно, когда это возможно, стараются начать изготовление формы с нижней полуформы. При этом, как будет видно ниже, удастся исключить одну операцию — переворачивание формы. В процессе изготовления литейной формы выполняют следующие операции:

1. Установка модели и опоки. Хорошо очищенную модель кладут лицевой стороной вверх, на подмодельную плиту, так чтобы подъем модели входил в прорезь подмодельной плиты (рис. 40, б); вплотную к модели на плиту устанавливают модель питателей. Затем устанавливают на плиту нижнюю опоку так, чтобы между ее стенками и моделью было одинаковое расстояние. Смещение модели в опоке к одной стороне ведет к образованию между стенкой опоки и моделью узкого пространства, в котором трудно уплотнять смесь. В этой части форма получается рыхлой, в процессе заливки ее металл может продавить слабое место и выйти из формы или на отливке может получиться утолщение стенки (раздутие). После установки опоки модель припыливают древесноугольным порошком или лycopодием, чтобы формовочная смесь лучше отделялась от поверхности модели при извлечении ее из формы. С этой целью удобнее применять древесноугольный порошок, так как он значительно дешевле лycopодия и хорошо защищает поверхность модели от прилипания формовочной смеси. Кроме того, слой древесноугольного порошка, оставаясь на стенках формы, предохраняет их от смачивания металлом при заливке, уменьшает возможность пригара формовочной смеси к стенкам отливки.

2. Нанесение облицовочной смеси на модель. Для получения чистой внутренней поверхности литейной формы, а следовательно, и отливки первый слой формовочной (облицовочной) смеси на модель насеивают через сито. Слой облицовочной смеси на модели должен быть 25—30 мм. В случае формовки высокой модели поверхность ее в опоке обкладывают просеянной облицовочной смесью, так чтобы слой наполнительной смеси не мог попасть на поверхность модели и ухудшить качество поверхности полости формы.

3. Уплотнение смеси в нижней опоке. На облицовочную смесь в опоке наносят лопатой слой наполнительной смеси. Слой смеси уплотняют плоским концом трамбовки так, чтобы плотность его у стенки опоки и модели была равномерной. При этом следует избегать ударов трамбовкой по модели, так как это может привести к появлению на поверхности модели вмятин и переуплотнению в этом месте формы. После этого в опоку насыпают новый слой формовочной смеси и снова ее уплотняют и так до тех пор, пока вся полость опоки не будет заполнена уплотненной формовочной смесью. Уплотняя формовочную смесь в опоке, необходимо руководствоваться следующим: необходимая степень уплотнения формовочной смеси в опоке определяется давлением металла на стенку формы при ее заливке и прочностью формовочной смеси. Чем больше давление металла, тем выше должна быть степень уплотнения смеси в опоке. При высокой прочности формовочной смеси уплотнение ее может быть меньше.

Формы, заливаемые медленно, могут иметь большую степень уплотнения смеси. Для форм, заливаемых с большей скоростью, необходима меньшая плотность. Очень высокая степень уплотнения смеси в опоке уменьшает газопроницаемость формы. Газ, не имея возможности своевременно выйти из формы, остается в ней, образуя брак в отливке в виде газовых раковин. Кроме того, высокая степень уплотнения смеси уменьшает ее податливость и может привести к образованию в отливке трещин при усадке металла.

Уплотнение смеси в опоке контролируется специальным прибором — твердомером.

Верхний слой формовочной смеси в опоке уплотняется башмаком трамбовки. Излишек смеси верхнего слоя в опоке срезается линейкой (рис. 40, в).

4. Выполнение вентиляционных каналов. Газопроницаемость формы при нор-

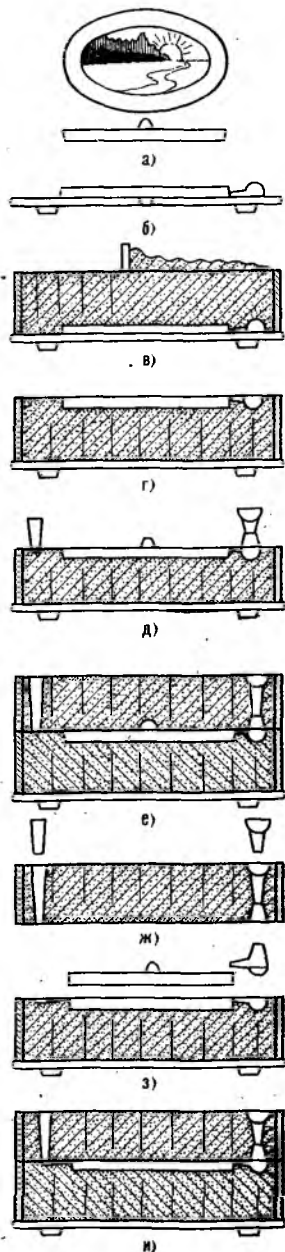


Рис. 40. Процесс формовки по неразъемной модели

мальной влажности формовочной смеси зависит от прочности смеси, величины зерен песка и степени уплотнения смеси в опоке. Для получения хорошего отпечатка сложной поверхности модели на стенках формы необходимо иметь мелкозернистую формовочную смесь с достаточным содержанием глины и плотную ее набивку в опоке. Все эти факторы уменьшают газопроницаемость формы. Для увеличения газопроницаемости формы в ней вентиляционными иглами накалывают каналы. Такую операцию при формовке называют вентилярованием формы. Каналы нельзя накалывать до поверхности модели, так как острым концом иглы можно испортить поверхность модели, а в каналы при заливке формы будет затекать жидкий металл. При этом каналы потеряют свое назначение как газопроводы, а на поверхности отливки останутся их следы, ухудшающие ее внешний вид. Делают от 3 до 5 наколов на 1 дм<sup>2</sup> площади опоки.

5. Перевертывание опоки. Заформованную нижнюю опоку вместе с модельной плитой перевертывают и устанавливают на прежнее место (рис. 40, з). Поднимать опоку без плиты нельзя, так как при этом тяжелая металлическая модель может выпасть и полуформа будет разрушена.

6. Отделка поверхности разъема формы. В перевернутой нижней опоке поверхность формовочной смеси и заформованной в ней модели, после снятия модельной плиты, должна представлять поверхность разъема формы. На ней устраняют возможную рыхлость, поверхность смеси у краев модели хорошо заглаживают и посыпают тонким слоем разделительного песка. Роль разделительного песка — препятствовать возможному прилипанию смеси верхней опоки к смеси в нижней. С поверхности модели и питателя разделительный песок удаляют (можно сдуть мехом), так как оставшиеся на модели крупные песчинки его могут испортить отпечаток поверхности модели в форме, что отразится на качестве отливки.

В формах с малой поверхностью разъема удобнее пользоваться не разделительным песком, который засоряет смесь и ухудшает ее пластичность, а древесноугольным порошком. Излишек припыла с поверхности модели следует удалять, так как он может повлиять на четкость отпечатка поверхности модели в форме. Припылив поверхность разъема, устанавливают по центрирующим штырям верхнюю опоку.

7. Изготовление верхней полуформы. На основание модели питателей устанавливают модели шлакоуловителя и стояка, на противоположном конце модели «плитки» — выпор (рис. 40, д). При изготовлении верхних полуформ формовщику часто приходится заботиться о том, чтобы укрепить в форме выступающие части, для предотвращения их от разрушения под собственным весом при разборке и сборке формы. Модель припыливают и засыпают через сито слоем облицовочной смеси, затем насыпают и уплотняют слоями наполнительную смесь, как и в нижней

опоке. Излишки формовочной смеси срезают вровень с краями опоки, на поверхности накальвают вентиляционные каналы (рис. 40, е). Затем модели выпора и стояка осторожно расталкивают и вынимают из формы (рис. 40, ж). Зачищают линию перехода стояка в литниковую чашу, так как оставшиеся острые кромки формовочной смеси могут быть смыты металлом при заливке и попасть в полость формы, засоряя ее.

8. Разборка формы и удаление модели. Для удаления модели верхнюю полуформу осторожно без рывков и перекосов снимают с нижней, перевортывают и ставят на гладкий стол или модельную плиту.

В нижней полуформе на поверхности разъема удаляют модели шлакоуловителя и питателей. Затем стенки формы, вокруг модели, для увеличения прочности слегка смачивают водой. Легкими ударами по подъему модели осторожно расталкивают ее в стороны и, постукивая по модели деревянным молотком, извлекают ее из формы (рис. 40, з). В небольших моделях, с рисунком на лицевой поверхности, удобнее подъемы делать постоянными (рис. 40, а) в виде небольшой пластинки, укрепленной на обратной стороне модели. Сквозные отверстия для винтовых (съемных) подъемов в модели нарушают отпечаток лицевой стороны модели. Поэтому лучше делать отверстия не сквозными, хотя их более сложно очищать от попавшей в них смеси.

9. Отделка формы. Отделку формы удобнее начинать с верхней полуформы, так как повреждение или поломка ее при исправлении не повлечет за собой переделку всей формы. В этом случае поврежденную верхнюю полуформу можно выбить и, установив опоку на готовую нижнюю полуформу, набить вновь. Поломка нижней полуформы обычно вызывает необходимость вновь изготовлять всю форму.

Небольшие дефекты в форме можно исправить. Для этого поврежденное место в форме, для увеличения клейкости смеси, смачивают водой, заполняют формовочной смесью и, применяя соответствующий инструмент, уплотняют ее и заглаживают до получения требуемой конфигурации поверхности. Наиболее тщательно исправляют в форме повреждения на поверхности разъема. Неправильное восстановление повреждений на поверхности разъема влечет за собой поломку формы или брак отливки. Например, если в поврежденном месте поверхность разъема будет сделана выше, при сборке формы в этом месте верхняя полуформа сдавит ее и стенка формы будет разрушена. Если участок поверхности разъема при отделке сделать ниже, то в этом месте формы образуется зазор, который может быть причиной вытекания металла из формы или образования на отливке прилива.

10. Подчеканка формы. После удаления модели полость формы нижней опоки припыливают древесноугольным порошком. Модель хорошо очищают щеткой и укладывают обратно в отпечаток полости нижней полуформы.

Такую операцию выполняют для увеличения ясности отпечатка поверхности модели в форме и называют подчеканкой формы. В процессе выполнения подчеканки поверхность формы покрывают слоем древесноугольного порошка, который проникает в рельеф поверхности модели лучше, чем зерна формовочной смеси, значительно большие по размерам, что обеспечивает более четкий отпечаток поверхности модели на стенке формы. Затем модель удаляют и собирают форму для заливки (рис. 40, и).

### § 30. Формовка с нижним болваном

Среди простых изделий художественного литья часто встречаются такие, формовка которых связана с изготовлением выступоболванов в нижней полуформе. Примером такой формовки может быть изготовление литейной формы постамента статуэтки. Модель постамента делают из чугуна или бронзы с хорошо обработанной гладкой и чистой поверхностью (рис. 41, а).

Изготовление литейной формы постамента начинают с изготовления верхней полуформы: модель постамента укладывают на гладкой подмодельной плите (рис. 41, б), устанавливают верхнюю опоку. В центре модели устанавливают щелевой литник. Поверхность модели припыливают и насеивают на нее облицовочную смесь. Затем опоку заполняют наполнительной смесью и уплотняют ее, как в предыдущем случае (рис. 41, в), изготовленную полуформу перевертывают вместе с подмодельной плитой.

Сняв подмодельную плиту, поверхность разъема формы присыпают разделительным песком, со дна модели его выдувают

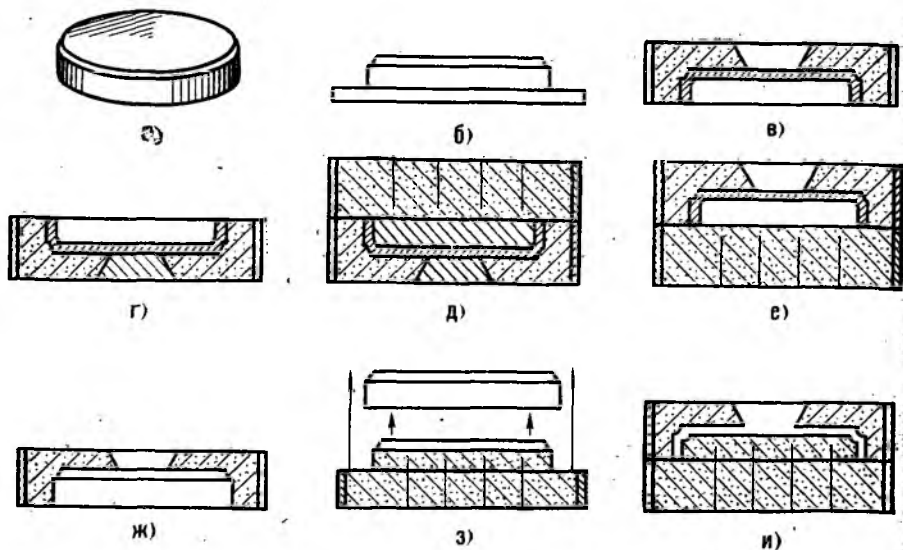


Рис. 41. Процесс формовки с нижним болваном

мехом (рис. 41, *г*). Устанавливают нижнюю опоку. Полость модели припыливают и, скрепив верхнюю опоку с нижней, изготавливают нижнюю полуформу (рис. 41, *д*). Обе полуформы перевертывают (рис. 41, *е*), удаляют модель литника, поправляют проводкой щелевой питатель, снимают верхнюю полуформу (рис. 41, *ж*). В нижней полуформе с болвана снимают модель (рис. 41, *з*), подправляют на болване ее отпечаток. Обе полуформы припыливают и собирают форму для заливки (рис. 41, *и*). Аналогичным способом изготавливают литейные формы пепельниц, края моделей которых плотно соприкасаются с поверхностью подмодельной плиты.

### § 31. Формовка с верхним болваном

Рассмотренный нами процесс формовки с нижним болваном удобен тем, что не требует особых приспособлений для крепления болвана, так как его устойчивость повышается за счет собственного веса. Однако применение формовки с нижним болваном не всегда возможно. Например, лицевая поверхность полый модели постамента (рис. 42, *а*) образует его наружную поверхность. По условиям получения более чистой поверхности в отливке лицевая поверхность модели постамента в форме должна быть ориентирована вниз. В этом случае болван, образующий внутреннюю поверхность постамента, должен быть расположен в верхней полуформе. Такой способ изготовления литейной формы называется формовкой с верхним болваном.

Формовка с верхним болваном отличается от ранее описанных способов тем, что для увеличения прочности висячего болвана в него при изготовлении верхней полуформы закладывают специальные каркасы или деревянные палочки (солдатики), обмазанные раствором белой глины.

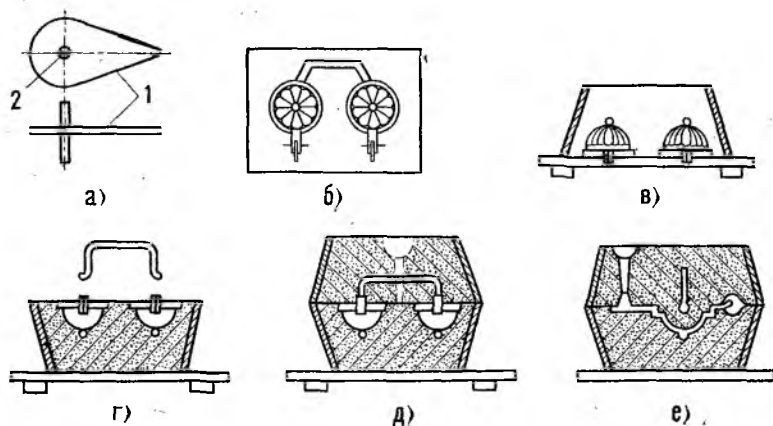


Рис. 42. Процесс формовки с верхним болваном

Примером формовки с верхним болваном может служить изготовление литейной формы крышки азиатского кунгана. Формовка самого кунгана будет рассмотрена ниже в разделе «Формовка в четырех опоках». Формовку крышки кунгана производят по латунной модели (две штуки в опоке) на специальной подмодельной плите (рис. 42, б). Эта плита имеет на поверхности углубления для выступающих частей модели — знаков шарнира крышки и небольшие выступы для устойчивости моделей на плите при формовке. В шарнире модели крышки укреплены металлические знаки: один — в виде пластинки 1, второй — в виде прутка 2 (см. рис. 42, а)

Процесс формовки крышки кунгана следующий:

1. Для изготовления литейной формы модели крышки укладывают на подмодельную плиту (рис. 42, б), накрывают нижней опокой и формуют ее (рис. 42, в).

2. Заформованную нижнюю опоку перевертывают вместе с подмодельной плитой. Подмодельную плиту снимают, в опоке заглаживают поверхность разъема.

3. Полости моделей припыливают, накладывают в них облицовочную смесь, слегка уплотняют ее рукой до половины высоты болвана. Затем внутрь болвана укладывают дугообразный металлический каркас с утолщениями на концах (рис. 42, г), необходимый для удержания болванов в верхней опоке формы. Модель литниковой системы располагают на разъеме формы с той стороны моделей, где нет знаков для шарниров.

4. Устанавливают верхнюю опоку, наполняют смесью и уплотняют ее (рис. 42, д), стараясь при этом не ударять трамбовкой по каркасу. Излишки смеси срезают и делают два-три накола вентиляционной иглой в болваны моделей вокруг каркаса. Затем удаляют и снимают верхнюю полуформу так, чтобы модели остались в нижней полуформе. Снятие верхней опоки следует производить аккуратно во избежание разрушения подвесных болванов.

5. Исправляют возможные повреждения отпечатка моделей в верхней полуформе. Из нижней полуформы удаляют модели и в отпечатки знаков моделей вставляют специальные металлические стержни (см. рис. 42, а). Эти стержни образуют в шарнире отливки крышки прорезь и отверстие. Чтобы пластинки и прутки легко удалялись из отливки, их перед установкой в форму смачивают водой (лучше маслом) и посыпают мелким песком.

6. После установки стержней обе полуформы припыливают и собирают в форму для заливки. Разрез готовой формы показан на рис. 42, е.

### § 32. Формовка по разъемной модели

Рассмотренными выше способами изготавливают литейные формы, как правило, простых изделий по неразъемным моделям. У более сложных изделий неразъемные модели нельзя удалить из формы,

не повредив ее стенок. Поэтому для удобства изготовления литейной формы модели таких изделий делают разъемными.

Формовку по разъемным моделям и моделям с отъемными частями рассмотрим на примерах изготовления литейной формы простых моделей детских игрушек, представляющих собой уменьшенные оригиналы предметов домашнего обихода. Следует заметить, что несмотря на внешнюю простоту этих изделий, изготовление их литейных форм требует от формовщика большого опыта и умения. Сложность изготовления литейных форм детских игрушек заключается в малой величине размеров. Достаточно указать, что диаметр игрушки «горшок» равен 36 мм. В литейных формах таких изделий часто имеются небольшие болванчики, не выдерживающие при заливке формы давления движущегося металла — они всплывают или разрушаются. Высокая степень уплотнения смеси, гарантирующая форму от разрушения, уменьшает ее газопроницаемость и ведет к образованию неровной, шероховатой поверхности отливки или к браку изделия по газовым раковинам.

В качестве примера формовки по разъемной модели рассмотрим изготовление литейной формы для «утюжка».

Чугунную или бронзовую модель «утюжка» делают пустотелой с разъемом по вертикальной плоскости, проходящей через ручку. Половинки модели соединяют между собой шипами, укрепленными в ручке и корпусе утюжка. В опоке формируются четыре модели.

Порядок операций формовки следующий:

1. На подмодельную плиту укладывают четыре половинки моделей без шипов и модель питателей литниковой системы (рис. 43, а), затем накрывают их нижней опокой и формируют ее обычным порядком.

2. Готовую полуформу перевертывают вместе с подмодельной плитой. На поверхности разъема укладывают вторые половинки моделей, а между ними модель шлакоуловителя и стояка (рис. 43, б). Ввернув в модели подъемы, необходимые для удержания верхних половинок моделей, при разьеме формы в верхней полуформе припыливают поверхность разъема, устанавливают верхнюю опоку и формируют ее (рис. 43, в).

3. На поверхности заформованной верхней опоки закрепляют подъемы моделей (рис. 43, г), удаляют модель стояка. Затем верхнюю полуформу снимают и, поставив ее на ребро, вывинчивают подъемы моделей.

4. Извлекают модели из верхней и нижней полуформ, исправляют их отпечатки и собирают форму для заливки (рис. 43, д).

При формовке таких моделей проще было бы не крепить половинки моделей к верхней полуформе, оставив их при разборке формы, на нижней полуформе. Однако при таком способе возникает опасность поломки формы. Во избежание этого необходимо удалять модель из формы, а не снимать форму с модели.



Наиболее сложной формовкой по разъемной модели является формовка детской игрушки «горшок» (рис. 44, а). Сложность изготовления литейной формы горшка заключается в устройстве и креплении в нижней опоке небольшого болванчика, который может быть легко разрушен заливаемым в форму металлом. Горшок формуют по бронзовой разъемной модели с хорошо отполированной поверхностью, состоящей из двух частей — венца и латочки. Части модели соединяют в процессе формовки замком, имеющим вид кольцевых выточек на обеих частях модели.

Процесс формовки состоит в следующем.

1. Модель латочки со щелевым литником заформовывают в верхней опоке (рис. 44, б). Опоку перевортывают и снимают подмодельную плиту.

2. Очищают выточку замка модели латочки от попавшей в нее смеси, устанавливают на ней модель венчика (рис. 44, в). Внутри модели насеивают облицовочную смесь и, слегка уплотнив ее пальцем, вставляют каркас в виде пустотелого грузика. Такой каркас, увеличивая массу и прочность болвана, предотвращает сдвиги болвана в форме и подъем его металлом при заливке. После этого, придерживая венчик модели от подъема, уплотняют формовочную смесь внутри модели вокруг грузика и на поверхности (рис. 44, г).

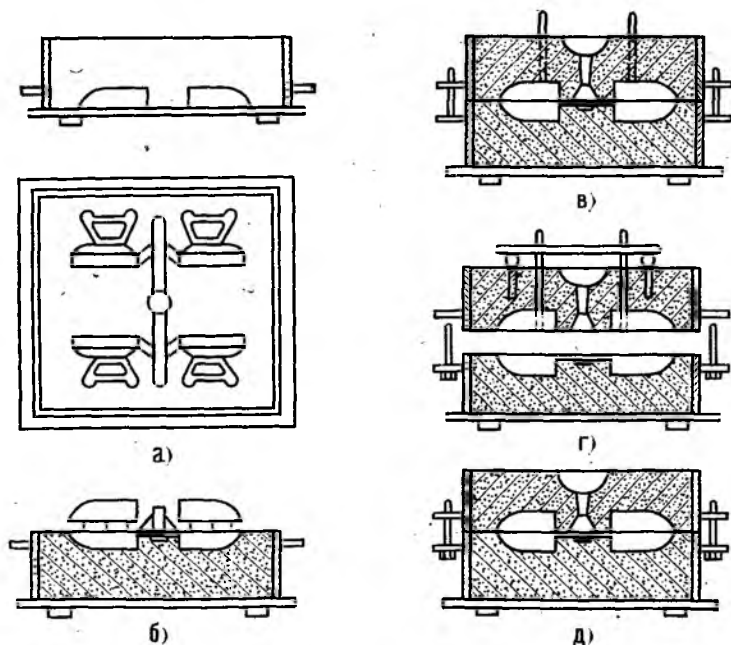


Рис. 43. Формовка по разъемной модели

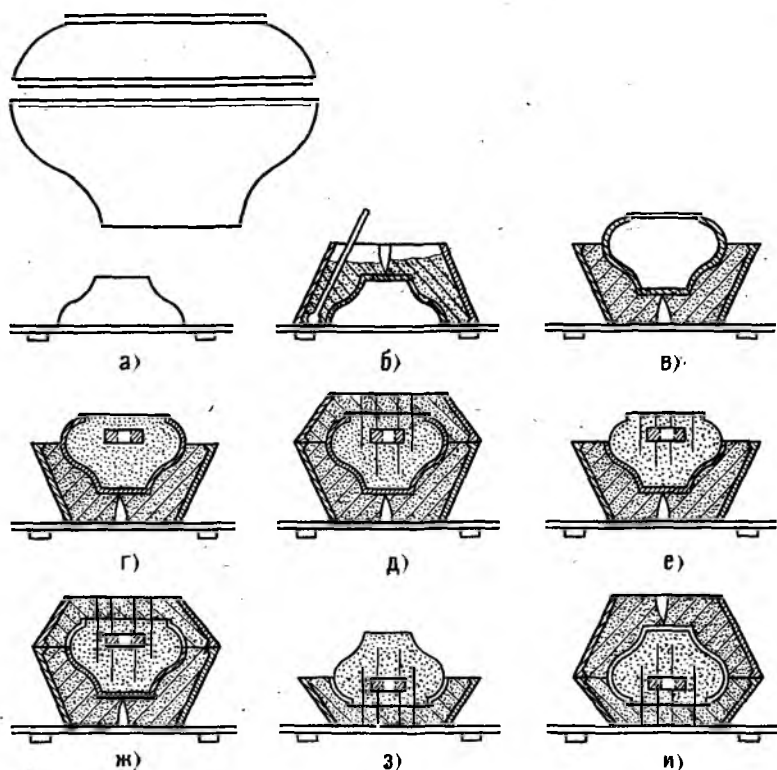


Рис. 44. Процесс формовки детской игрушки «Горшок»

3. Подготовив поверхность разъема формы, снимают модель венчика, обнаженную часть болвана припыливают порошком древесного угля, модель венчика устанавливают на прежнее место. Такая операция необходима для увеличения огнеупорности болвана. После этого поверхность разъема припыливают, устанавливают нижнюю опоку и, скрепив ее с верхней, формируют (рис. 44, д).

4. С заформованной нижней опоки срезают излишек смеси, накальвают вентиляционные каналы. Затем, раскрепив опоки, с верхней полуформы снимают нижнюю, смачивают края болвана у стенок модели венчика и, слегка поворачивая, снимают модель венчика с болвана (рис. 44, е). Обе полуформы припыливают, нижнюю устанавливают на верхнюю (рис. 44, ж).

5. Скрепив опоки, форму осторожно перевортывают, из верхней полуформы удаляют модель литника, а затем снимают ее с нижней полуформы. Металлической проводкой прорезают в снятой полуформе щелевой литник, в нижней полуформе с болвана снимают модель латочки (рис. 44, з). Просвет между стенками нижней полуформы и болваном (полость венчика) следует осторожно

очистить мягким пером и протуть, удаляя возможные засоры. После этого обе полуформы припыливают и собирают форму для заливки (рис. 44, и).

### § 33. Формовка по модели с отъемными частями

В практике изготовления форм бывают случаи, когда на поверхности отливаемого изделия, а значит и на модели расположены части, затрудняющие свободное удаление модели из формы. Для удобства изготовления литейной формы такие части на модели делают отъемными и крепят их к корпусу модели винтами, шпильками или шипами в виде ласточкина хвоста (см. рис. 19, д.) В процессе формовки отъемные части, остающиеся после извлечения корпуса модели, в форме удаляют из нее отдельно.

Наиболее простым примером формовки по моделям с отъемными частями является изготовление литейной формы «пояска» колонны (рис. 45, а).

Процесс формовки «пояска» состоит из следующих операций:

1. Металлическую модель «пояска», имеющую на боковой поверхности отъемные части, укрепленные на ней шипами в виде ласточкина хвоста, укладывают на гладкую подмодельную плиту (рис. 45, б). В полости модели устанавливают модель питателя, накрывают нижней опокой, изготавливают нижнюю полуформу (рис. 45, в). Полуформу перевортывают вместе с подмодельной плитой. Подготовив поверхность разъема в центре основания модели питателя, устанавливают модель шлакоуловителя и стояка (рис. 45, г).

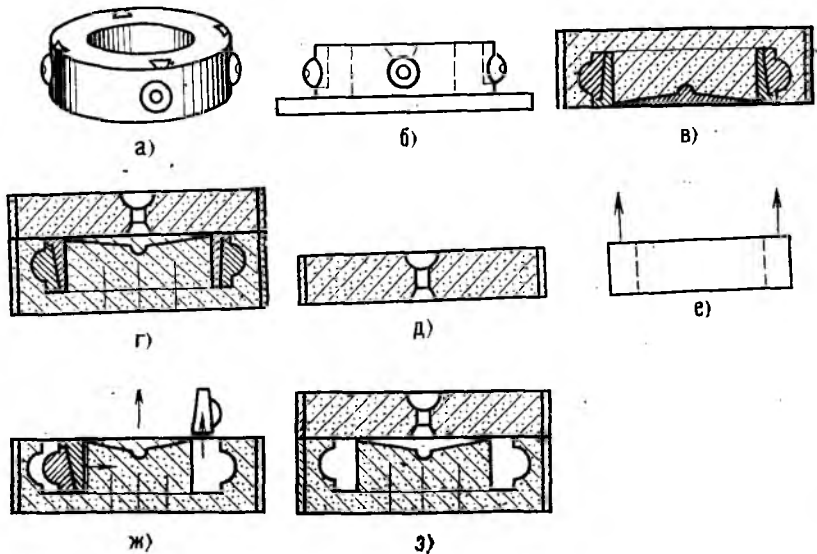


Рис. 45. Процесс формовки по модели с отъемными частями

Устанавливают верхнюю опоку и производят формовку верхней полуформы (рис. 45, *з*).

2. Удаляют модель стояка, снимают верхнюю полуформу (рис. 45, *д*). На поверхности разъема в нижней полуформе убирают модель питателей.

3. Ввернув подъемы, удаляют модель так, чтобы отъемные части ее остались в опоке (рис. 45, *е*).

4. Извлекают отъемные части модели, как показано на рис. 45, *ж*, т. е. отъемную часть модели в начале отодвигают в горизонтальном направлении (рис. 45, *ж* слева), а после выхода ее выступа из смеси поднимают вверх (рис. 45, *ж*, справа).

5. Производят отделку полуформ и сборку формы для заливки. Разрез готовой формы «пояска» показан на рис. 45, *з*.

Более сложной по устройству и креплению отъемных частей на модели является формовка детской игрушки «котелок». Ушки у латунной модели делают отъемными. Каждое состоит из двух частей (см. рис. 19, *а*): ушка 1 и мочки 2. Отъемные части крепятся к корпусу модели винтами, проходящими через отверстия в стенке модели (см. рис. 19, *б*).

Литейную форму «котелка» изготавливают следующим образом:

1. Модель с привернутыми ушками укладывают на подмодельную плиту. Ушки обкладывают просеянной облицовочной смесью, которую уплотняют. Затем модель накрывают верхней опокой, в дно ее устанавливают точно подогнанную по поверхности модель щелевой литниковой системы. Модель припыливают, насеивают облицовочную смесь и производят формовку верхней полуформы.

2. Верхнюю полуформу переворачивают вместе с подмодельной плитой, отвертывают винты, удерживающие модели ушков. Поверхность разъема формы присыпают разделительным песком.

3. Устанавливают нижнюю опоку, скрепляют ее с верхней и изготавливают нижнюю полуформу. Затем обе полуформы переворачивают.

4. Удаляют модель литниковой системы, снимают верхнюю полуформу так, чтобы корпус модели остался на болване в нижней. Поставив снятую полуформу отпечатком вверх, из формы удаляют модели ушков, вначале — нижние части (ушки), а затем — верхние (мочки), как показано на рис. 19, *в*. После этого в верхней полуформе на дне отпечатка проводкой поправляют отверстие щелевого питателя.

5. С болвана в нижней полуформе снимают модель, отделяют поверхность болвана, заглаживая следы отверстия для винтов, удерживающих модели ушков. Обе полуформы припыливают и форму собирают для заливки.

### § 34. Формовка с подрезкой

В практике литья художественных изделий часты случаи, когда края формуемой модели, имеющей сложный рельеф, не полностью прилегают к плоской модельной плите (рис. 46, *а*). При формовке

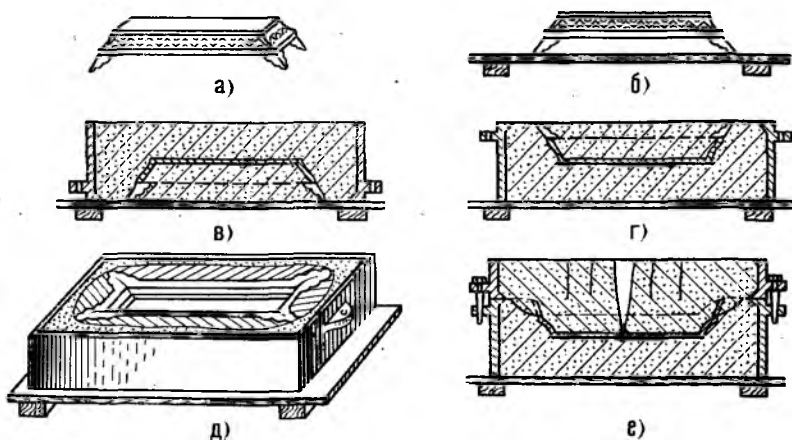


Рис. 46. Процесс формовки с подрезкой

по такой модели нижней опоки смесь попадает в зазоры между краями модели и поверхностью модельной плиты и не дает возможность при разборке формы удалить модель из нее, не повреждая стенок формы. Но если смесь, находящуюся в зазорах, удалить из нижней полуформы, а образовавшиеся углубления оформить в виде болванов в верхней полуформе, то получившаяся при этом фасонная поверхность разъема формы, соответствующая рельефу краям модели, не помешает свободному удалению модели из нижней полуформы.

Такую фасонную (фигурную) поверхность разъема формы выполняют в перевернутой нижней полуформе путем подрезки смеси в тех местах, где конфигурация модели не позволяет извлекать ее из формы без разрушения последней (рис. 46, д).

Подрезку формовочной смеси делают в виде углублений с пологими стенками так, чтобы смесь из них в виде болванов в верхней полуформе могла свободно выниматься при разъеме формы. Описанный способ формовки носит название формовки с подрезкой.

Рассмотрим формовку с подрезкой на примере изготовления литейной формы постамента подчасника.

1. Латунную модель постамента (рис. 46, а) устанавливают на подмодельную плиту (рис. 46, б), накрывают нижней опокой и набивают ее (рис. 46, в).

2. Заформованную опоку перевортывают (рис. 46, г) и выполняют подрезку смеси (рис. 46, д).

3. Посыпав разделительным песком приготовленную поверхность разъема формы, устанавливают верхнюю опоку. Поставив в центре дна модели щелевой литник, устанавливают верхнюю опоку, производят изготовление верхней полуформы.

4. Удаляют модель стояка, снимают верхнюю полуформу, поправляют в ней проводкой щелевой питатель. В нижней полуформе удаляют модель, делают подчеканку отпечатка модели, форму собирают для заливки (рис. 46, е).

### § 35. Формовка с фальшивой опокой

При серийном производстве отливок изготовление литейных форм способом подрезки невыгодно. Эта работа отнимает у формовщиков много времени. Удобнее формовать такие модели с помощью специальной модельной плиты, поверхность которой соответствует конфигурации нижней поверхности модели. Однако применение специальных модельных плит в формовке ажурного литья ограничено тем, что изготовление их представляет большую сложность. Например, устройство такой подмодельной плиты для формовки ажурной тарелки или блюда (см. рис. 63) потребовало бы затраты большого количества времени модельщиков высокой квалификации (резчиков по дереву). Поэтому в практике изготовления литейных форм по моделям с ажурной поверхностью находят большое применение так называемые фальшивые опоки. Фальшивыми эти опоки называют потому, что они не участвуют в процессе заливки форм, являясь как бы фигурной подмодельной плитой при изготовлении первой полуформы (верхней или нижней). Фальшивые опоки изготавливают часто из той же формовочной смеси, что и саму форму, но с более высокой степенью уплотнения. В тех случаях, когда при помощи одной и той же фальшивой опоки необходимо изготовить большое число форм, их делают из более прочных материалов, таких, как глина, гипс или цемент.

В зависимости от формы модели и применяемого материала существует несколько способов изготовления фальшивых опок: фальшивую опоку можно изготовить обычным способом уплотнения, вдавливания модели, прессованием и заливкой. Обычным способом изготавливают фальшивые опоки для формовки невысоких тонкостенных моделей.

Для изготовления такой фальшивой опоки модель укладывают на гладкую подмодельную плиту в положение, удобное для изготовления формы. Модель накрывают опокой, выбранной для фальшивой опоки, засыпают в нее формовочную смесь и плотно трамбуют ее. Срезав излишек смеси, опоку перевертывают и подрезают поверхность разъема в тех местах, где модель не касалась модельной плиты. Затем поверхность разъема вокруг модели примачивают, модель удаляют. Исправив повреждения в отпечатке модели в опоке, для увеличения прочности ее сушат. После сушки фальшивую опоку можно использовать как модельную плиту для навивки верхних или нижних опок формы.

Для высоких, массивных моделей такой способ изготовления фальшивых опок непригоден. Возникают неудобства в подрезке глубоких вырезов в поверхности разъема формы, а кроме того,

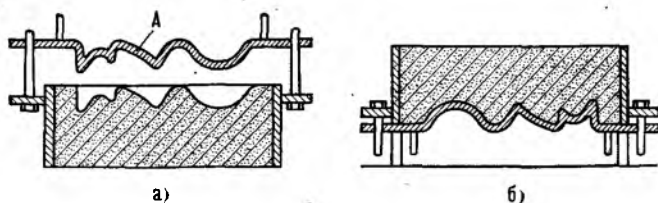


Рис. 47. Изготовление фальшивой опоки по специальной плите:  
*а* — путем прессования; *б* — путем набивки

большие болваны в ряде случаев могут оказаться в дальнейшем в верхней полуформе. Поэтому для высоких моделей фальшивые опоки удобнее готовить способом вдавливания модели. В этом случае процесс изготовления фальшивой опоки сводится к следующему: опоку, выбранную для изготовления фальшивой, устанавливают на гладкой подмодельной плите без модели. Заформовывают ее смесью. Перевернув опоку, формовочную смесь на разьеме разрыхляют и вдавливают в нее легкими ударами деревянного молотка модель на требуемую глубину. Вокруг модели смесь уплотняют и подрезают до получения нужной поверхности разьема формы. Такой способ изготовления фальшивых опок применяют для кусковой формовки сложных моделей. Способ изготовления фальшивых опок путем вдавливания модели удобен, но при большом числе их изготовления у модели от ударов при вдавливании искажается поверхность, а со временем и ее форма.

Удобнее (в отношении сохранения модели и увеличения производительности труда формовщика) способ получения поверхности в фальшивой опоке путем прессования ее специальной плитой (рис. 47, *а*).

Для этой цели по готовой фальшивой опоке, как по модели, способом формовки с подрезкой болвана изготавливают литейную форму и в ней отливают из чугуна плиту-обратник. Рабочая поверхность плиты будет представлять обратный рельеф поверхности фальшивой опоки. Для получения фальшивой опоки заформованную опоку переворачивают, верхний слой смеси в ней разрыхляют. На штыри опоки надевают плиту-обратник *А* рабочей частью вниз. Поднимая и опуская плиту, впрессовывают ее рабочую поверхность в смесь. Плиту-обратник можно использовать и как модельную плиту для изготовления фальшивых опок обычным способом (рис. 47, *б*).

Гипсовые и цементные фальшивые опоки изготавливают путем заливки модели в опоке раствором этих материалов и подрезки их для получения поверхности фальшивой опоки. Фальшивые опоки, изготовленные из гипса и цемента, более долговечны, однако их применение, особенно из цемента, в производстве художественных

отливок ограничено вследствие быстрого износа поверхности моделей от трения о грубую поверхность фальшивой опоки.

Процесс формовки с фальшивой опокой начинают либо с изготовления фальшивой опоки, либо с установки модели в готовую фальшивую опоку, как в фасонную подмодельную плиту. Все остальные операции изготовления литейной формы ничем не отличаются от обычной формовки на гладкой подмодельной плите, рассмотренной нами ранее.

### § 36. Формовка со специальной подмодельной плитой

Заменить фальшивую опоку можно специальной подмодельной плитой, поверхность которой повторяет поверхность фальшивой опоки. Это особенно удобно при массовом производстве отливок, где пришлось бы изготавливать много фальшивых опок.

Примером формовки со специальной модельной плитой может быть процесс изготовления литейной формы пепельницы «ванночка» (рис. 48, а). Такую пепельницу формуют по латунной модели с хорошо обработанной поверхностью на специальной подмодельной плите, имеющей на поверхности вырезы, соответствующие размерам и форме буртиков модели.

Для изготовления литейной формы две модели укладывают на подмодельной плите (рис. 48, б) и накрывают верхней опокой. Модели в опоке припыливают, насеивают на них облицовочную смесь и обжимают ее вокруг модели руками. В дно моделей устанавливают щелевые литники и, укрепив их в смеси, изготавливают верхнюю полуформу. Заформованную опоку перевертывают вместе с модельной плитой. Плиту снимают, поверхность формы припыливают. Углубления моделей заполняют просеянной формовочной смесью и для увеличения прочности будущих болванчиков в углубления моделей устанавливают деревянные палочки-солдатики. Затем устанавливают на верхнюю полуформу опоку и изготавливают нижнюю полуформу (рис. 48, в). После этого обе полуформы вместе перевертывают. Удалив модели, снимают верхнюю полуформу, проводкой в каждом отпечатке модели верхней полуформы прорезают литниковые каналы, в нижней полуформе с болванов снимают модели. Полуформы припыливают, для увеличения огнеупорности болванов производят подчеканку и собирают форму для заливки.

Разрез готовой формы показан на рис. 48, г.

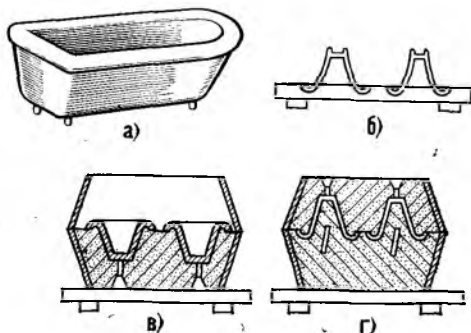


Рис. 48. Формовка со специальной подмодельной плитой



### § 37. Формовка по модельной плите

Формовку по модельной плите рассмотрим на процессе изготовления литейной формы барельефа. Процесс формовки состоит из следующих операций: модельную плиту барельефа устанавливают на нижней опоке шлакоуловителем вверх. На плиту устанавливают верхнюю опоку и модель стояка. Затем выполняют операции по изготовлению верхней полуформы. Обе опоки перевертывают, производят формовку нижней опоки. Нижнюю полуформу вместе с модельной плитой снимают, перевертывают и устанавливают для снятия с нее модельной плиты. Удалив модельную плиту, производят подчеканку отпечатка поверхности модели в нижней полуформе. Припыливают полость верхней полуформы и собирают форму для заливки. Описанный порядок формовки по плите позволяет удалять модель из формы, а не форму снимать с модели, что приводит к частым повреждениям стенок формы.

### § 38. Формовка в съемных опоках

Опока является одним из основных приспособлений, используемых при изготовлении отливок. Наибольшим разрушающим действиям опока подвергается в процессе заливки формы и выбивки из нее отливки. Следовательно, если опока не будет участвовать в этих операциях, то она будет разрушаться меньше и срок ее службы будет больше. Производство отливок, где опока не участвует в заливке и выбивке формы, производится с использованием при формовке специальных съемных опок.

Применение съемных опок дает следующие преимущества:

1) исключается необходимость наличия большого парка опок, так как при этом для формовки всех одинаковых литейных форм используется одна пара опок;

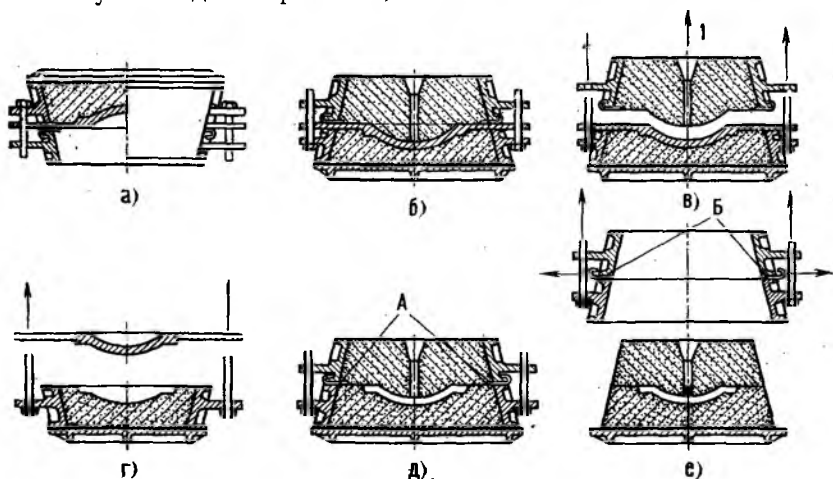


Рис. 49. Процесс формовки в съемных опоках

- 2) облегчается процесс выбивки залитых форм;
- 3) представляется возможность использовать для изготовления опок легкие алюминиевые сплавы. Высокая стоимость опок при этом компенсируется увеличением срока их службы.

В производстве художественных изделий использование съемных опок удобно при литье архитектурных отливок. Изготовление литейных форм в съемных опоках производится, как в обычных опоках, и чаще всего по двусторонним модельным плитам.

Процесс изготовления литейной формы в съемных опоках следующий.

1. Модельную плиту помещают между нижней и верхней опоками и изготавливают нижнюю полуформу. Сверху укладывают щиток (рис. 49, а) и полуформу вместе с модельной плитой и верхней опоклой перевертывают на  $180^\circ$ .

2. Устанавливают модель стояка, заполняют верхнюю опоклу формовочной смесью и уплотняют ее (рис. 49, б).

3. Удалив модель стояка 1, снимают верхнюю полуформу 2 и производят ее отделку (рис. 49, в).

4. С нижней полуформы снимают модельную плиту (рис. 49, г).

5. После отделки и припыливания обеих полуформ собирают форму (рис. 49, д).

6. Затем раздвинув щитки А, удерживающие смесь в верхней опоке в положении В (рис. 49, е), обе опоки снимают с формы. Форма на щитке подается под заливку. Перед заливкой на форму для скрепления надевают специальную металлическую рамку-жакет.

#### Вопросы для повторения

1. Какие вы знаете способы изготовления литейных форм?
2. Из каких операций состоит процесс изготовления литейной формы?
3. Как нужно располагать модель в опоке?
4. Почему на поверхность модели формовочную смесь насеивают?
5. Как следует уплотнять формовочную смесь в опоке?
6. Что такое вентилирование формы?
7. Что лучше делать, удалять модели из формы или снимать формы с модели во избежание поломки формы?
8. В каких случаях при формовке художественного литья разделительный песок заменяют древесноугольной пылью?
9. В чем состоит сущность подчеканки формы?
10. Когда применяют формовку по модели с отъемными частями?
11. В каких случаях формуют по разъемной модели и как?
12. В каких случаях применяют формовку с подрезкой?
13. Когда применяют формовку с верхним болваном?
14. Чем неудобна формовка по одиночным моделям при большом их числе в опоке?
15. Что такое фальшивая опока и какие вы знаете способы ее изготовления?
16. Каковы преимущества съемных опок?

## ГЛАВА 6. СТЕРЖНИ И ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЕ

### § 39. Стержни и требования, предъявляемые к ним

Стержнем называют часть литейной формы, которую обычно изготавливают отдельно от самой формы и вставляют в нее при сборке для создания внутренних полостей и отверстий в отливке. В некоторых случаях стержень изготавливают с использованием полости формы.

Стержень состоит из части, образующей внутреннюю поверхность отливки, и опорной знаковой части, при помощи которой он крепится в стенках формы. Кроме того, знаки служат для отвода газов, образующихся в стержне при заливке формы. Стержень, являясь частью литейной формы, должен удовлетворять всем требованиям, которые предъявляются к самой форме. Однако, находясь в форме при заливке, в более трудных условиях, стержень должен отвечать более жестким требованиям. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим, в каких условиях находится стержень в форме во время заливки ее расплавленным металлом:

1. Стержень, образующий полость в отливке, чаще всего расположен в центре полости литейной формы, поэтому он со всех сторон подвергается давлению и воздействию высокой температуры заливаемого в форму металла.

Следовательно, чтобы противостоять давлению металла, которое может вызвать деформацию стержня или его разрушение, стержень должен быть более прочным, чем форма.

2. В стержне, как и в форме, образуются газы. Газы, образовавшиеся в форме, могут выходить из нее через вентиляционные каналы и стенки формы. Кроме того, форма при заливке, соприкасаясь с металлом одной стороной, прогревается постепенно. Поэтому в форме создаются более благоприятные условия выхода образующихся в ней газов.

В стержне условия газообразования и выхода газа иные. При заливке формы стержень, омываясь металлом со всех сторон, прогревается быстрее, чем форма. Следовательно, быстрее образуются в нем и газы.

Если в форме газ выходит во всех направлениях, то выход газа из стержня возможен только через его знаки, составляющие незначительную часть поверхности. Для обеспечения нормальной заливки полости формы металлом газ, образовавшийся в стержне, должен быть своевременно удален; при этом газ не должен выходить на рабочую поверхность стержня, так как он может проникнуть в металл и остаться в нем, образуя газовые раковины в стенках отливки. Поэтому для получения отливки хорошего качества, стержень должен быть более газопроницаемым, чем форма.

3. Известно, что стержень при заливке формы подвергается в ней большому температурному воздействию металла. Следовательно, создается большая опасность образования пригара на поверхности отливки со стороны стержня. При этом следует помнить, что пригар, образующийся на внутренних стенках отливки, удалять труднее, чем на внешней поверхности отливки. В отливках художественных изделий пригар с внутренних стенок часто совершенно невозможно удалить из-за малых размеров полости или отверстий в ней. Поэтому стержень должен быть более огнеупорным, чем форма.

4. При усадке отливка обычно отходит от стенок формы и оказывает давление на стержень. Стержень не должен мешать усадке отливки в форме, иначе в ней могут образоваться трещины. Следовательно, стержень должен быть более податливым, чем форма.

5. Стержни должны хорошо выбиваться из отливки. В художественных отливках выбиваемость стержней имеет особое назначение, так как их часто приходится удалять через отверстия небольшого сечения, оставшиеся в стенке отливки от каркаса стержня.

Таким образом, стержни должны быть прочными в сыром и сухом виде, иметь достаточную газопроницаемость, огнеупорность и податливость. Кроме того, стержни должны хорошо выбиваться из отливки и не отсыревать в форме.

#### § 40. Классификация и виды стержней

Стержни в зависимости от сложности конфигурации и условий, в которых они находятся в литейной форме, делят на пять классов.

К первому классу относятся стержни сложной формы с тонкими частями и малым сечением стержневых знаков, образующие в отливках узкие труднодоступные для очистки внутренние полости. Стержни должны обладать высокой прочностью, огнеупорностью, податливостью, газопроницаемостью.

Ко второму классу относятся стержни более массивные, чем стержни первого класса; они имеют более развитые знаки и отдельные тонкие части и ребра; стержни должны иметь значительную прочность и хорошую податливость.

Третий класс — стержни несложных очертаний, образующие ответственные необрабатываемые полости в отливке; они имеют развитые знаки, позволяющие легко удалять газы. Стержни должны обладать средней прочностью и достаточной податливостью.

К стержням четвертого класса относятся стержни несложной конфигурации, массивные с развитыми знаками, образующие полости, подвергающиеся механической обработке. Стержни должны обладать небольшой прочностью.

Пятый класс стержней составляют массивные простых очертаний стержни, применяемые в формах для образования больших внутренних полостей в крупных отливках.

В зависимости от применяемых для изготовления материалов стержни можно подразделить на песчано-масляные, песчано-глинистые, песчано-смоляные, этил-силикатные, содержащие быстротвердеющие связующие, песчано-цементные и металлические, по конструктивным особенностям — на объемные и оболочковые; по способу упрочнения — на сырые (не упрочняемые) сухие, холоднотвердеющие, горячетвердеющие.

В производстве художественных и архитектурных изделий наибольшее применение имеют сухие и сырые, песчано-масляные и песчано-глинистые стержни. В формах литья по выплавляемым моделям применяют массивные и оболочковые этилсиликатные стержни.

### § 41. Способы изготовления стержней

В современных условиях производства машиностроительных отливок технологический процесс их получения разделен в литейном цехе на отдельные операции, каждая из которых выполняется отдельной группой рабочих (формовщиком, стерженщиком, сборщиком и т. д.). При этом формовщик для изготовления литейных форм получает готовую формовочную смесь, приготовленную в смесеприготовительном отделении, пользуется готовыми стержнями, изготовленными стерженщиками в стержневом отделении цеха.

Такое разделение труда в производстве художественных отливок не всегда возможно. Например, невозможно отделить процесс изготовления стержня и формы, если стержень изготавливается в полости формы или в полости пустотелой модели, находящейся у формовщика в работе. В этих случаях изготовление стержня входит в обязанность самого формовщика. Поэтому формовщик художественных отливок должен знать приемы и способы изготовления стержней не хуже, чем способы и приемы изготовления самой формы.

В производстве художественных и архитектурных отливок применяют стержни различной сложности и величины, поэтому формовщику в процессе работы часто приходится иметь дело с различными способами изготовления стержней.

К наиболее часто применяемым способам относятся: 1) изготовление стержней в стержневых ящиках и пустотелых моделях; 2) изготовление стержней в полости литейной формы;

3) изготовление стержней для неразъемных керамических форм в пресс-формах;

4) изготовление стержней для форм крупных архитектурных отливок с помощью шаблонов.

Инструменты и приспособления, применяемые для изготовления стержней, в основном те же, что и для изготовления литейных форм. Дополнением к ним являются скобы и струбицы для скрепления частей стержневых ящиков, различные по геометрической форме, набойки для уплотнения смеси в тонких частях стерж-

ней, шаблоны для проверки готового стержня. Сюда же следует отнести шаблоны с приспособлениями для изготовления стержней, каркасы для стержней и специальные фасонные металлические плиты для сушки фасонных стержней с небольшой прочностью — драйеры. Для скрепления деревянного стержневого ящика перед уплотнением стержневой смеси в его полости применяют металлические скобы. Части металлических ящиков скрепляют струбцинами, болтами или крючками, установленными на боковых стенках ящиков. При массовом производстве стержней для скрепления частей ящика применяют специальные пневмозажимы.

Смесь в ящике уплотняют набойками, размеры и форма которых зависит от размера и формы полости стержневого ящика. Крупные стержни набивают ручными и пневматическими трамбовками, применяемыми для уплотнения смеси в форме.

Для выполнения в стержнях вентиляционных каналов используют иглы, ничем не отличающиеся от применяемых при формовке. Формовочными гладилками и ланцетами заглаживают швы и подрезают заусенцы на поверхности стержня. Подрезку тела стержня при набивке его в полости формы производят специальными (тельными) ланцетами.

#### § 42. Изготовление стержней в ящиках

В стержневом ящике можно изготовить стержень почти любой сложности и формы. Поэтому этот способ при изготовлении медких и средних стержней самый распространенный.

Процесс изготовления стержня в ящике:

1. Подготовка стержневого ящика. Половинки разъемного стержневого ящика простого цилиндрического стержня (рис. 50, а) очищают от пыли и остатков стержневой смеси. Для лучшего отделения стержня от стенок ящика рабочую поверхность ящика смазывают разделительной жидкостью (керосином). Подготовленные половинки ящика скрепляют скобами или струбцинами и устанавливают вертикально на плиту (рис. 50, б).

2. Уплотнение стержневой смеси. Полость стержневого ящика заполняют стержневой смесью и уплотняют ее набойкой или трамбовкой в зависимости от размера полости. Обращают особое внимание на степень уплотнения смеси. При сильном уплотнении стержневой смеси в ящике стержень получается с пониженной газопроницаемостью, что приведет к образованию газовой раковины в отливке. При слабом уплотнении смеси стержень может сломаться или будет разрушаться металлом при заливке формы, вследствие чего в отливке появляются песчаные раковины.

3. Установка каркаса. Уплотнив стержневую смесь на  $\frac{1}{4}$  часть высоты стержневого ящика, в центре полости его для повышения прочности стержня устанавливают каркас-пруток из проволоки. Длина прутка должна быть несколько меньше длины стержня

(рис. 50, з). В более крупных стержнях каркасы делают в виде труб с отверстиями на поверхности или чугунных рамок с залитыми прутками.

4. Вентилирование стержня. Для увеличения газопроницаемости стержня в уплотненной стержневой смеси в ящике делают несколько наколов вентиляционной иглой. Наколы должны быть расположены в стержне равномерно и не должны выходить на его рабочую поверхность.

В более крупных и сложных стержнях, имеющих выступающие узкие части, для выполнения вентиляционных каналов в них прокладывают полой капроновый шнур или восковые фитили, концы которых выводят в знаковые части. В процессе сушки воск расплавляется и вытекает из фасонных вентиляционных каналов.

5. Извлечение стержня из ящика. После изготовления стержня стержневой ящик раскрепляют (снимают скобы, струбцины и т. д.). Установив ящик в горизонтальное положение, снимают верхнюю половину (со штырями), рис. 50, д; на нижнюю половину устанавливают рамку, заполняют ее сухим безглинистым песком; на рамку кладут сушильную плиту (рис. 50, е). Стержневой ящик вместе с рамкой и плитой перевертывают на  $180^\circ$ , с рамки снимают стержневой ящик (рис. 50, ж). Сняв с сушильной плиты рамку (рис. 50, з), стержень на плите с песчаной постелью (подсыпкой) отправляют для сушки в печь.

При изготовлении песчано-глинистых стержней, имеющих достаточную прочность в сыром виде, извлекать стержень из ящика можно, раздвигая половинки стержневого ящика на плите (рис. 51, а).

Фасонные стержни из малопрочных в сыром состоянии смесей в массовом производстве извлекают из ящика, используя фасонные сушильные плиты-драйеры (рис. 51, б).

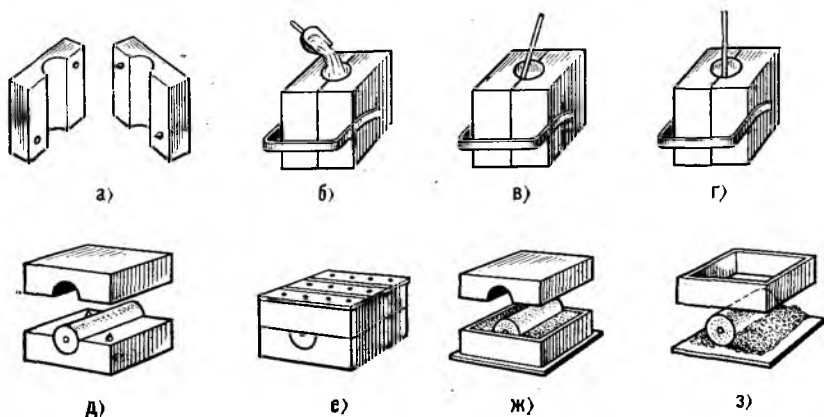


Рис. 50. Процесс изготовления стержня в стержневом ящике

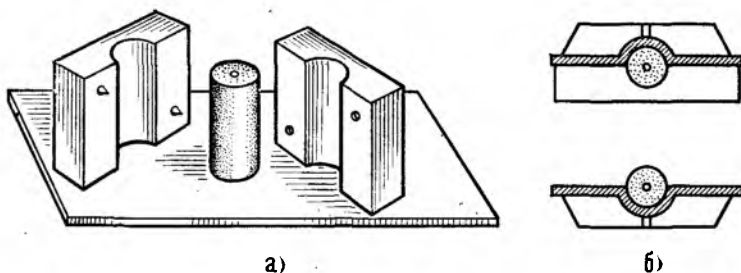


Рис. 51. Извлечение стержня из ящика

Рассмотрим несколько примеров изготовления стержней различной сложности в стержневых ящиках.

Изготовление стержня в неразъемном ящике (см. рис. 29, а) производится в тех случаях, когда нужно изготовить простой по форме стержень, имеющий достаточные уклоны стенок, чтобы легко извлекать его из ящика. Для изготовления такого стержня в полость ящика набивают стержневую смесь, делают в стержне вентиляционные каналы и накрывают ящик сушильной плитой. Ящик вместе с плитой перевертывают и, легко ударяя по его стенкам деревянным молотком, снимают со стержня. Стержень, оставшийся на плите, сушат или устанавливают в форму в сыром виде.

Стержень для отливки, например, карандашницы имеет более сложную форму и знак на одном конце. Такой стержень изготовляют в металлическом разъемном ящике (см. рис. 29, в).

Процесс изготовления состоит в следующем.

1. Хорошо очищенные, смоченные разделительной жидкостью (керосин) половинки стержневого ящика соединяют, скрепляют струбицей и устанавливают на рабочем месте знаковой частью вверх (рис. 29, в).

2. Полость ящика до половины его высоты наполняют стержневой смесью и уплотняют ее набойкой, как и в предыдущем случае.

3. В центре полости ящика для прочности стержня устанавливают каркас в виде железной трубки диаметром 8—10 мм с отверстиями на поверхности. Применение такого каркаса увеличивает не только прочность стержня, но и газопроницаемость. Каркасную трубку делают такой длины, чтобы она не выступала за знак и не доходила до нижнего края ящика на 10—15 мм. При близком расположении каркаса от поверхности стержня в трубку при заливке формы может прорваться металл, который преградит путь выходящим газам.

4. После установки каркаса полость ящика заполняют смесью и уплотняют ее доверху.

5. Срезав излишек стержневой смеси вровень с краями ящика, его перевертывают и устанавливают на столе знаковой частью вниз.



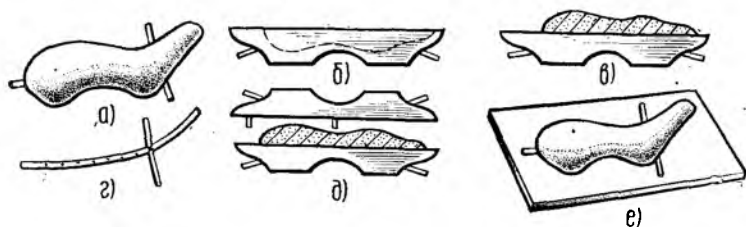


Рис. 52. Процесс изготовления стержня в стержневом ящике с глухой полостью

6. Установив таким образом ящик, продолжают уплотнение смеси в носке. Излишек смеси срезают ровень с поверхностью стенок ящика. Срезанную поверхность стержня хорошо заглаживают.

7. Снимают крепление ящика и, легко ударяя по половинкам ящика с торца, раздвигают их в стороны. Оставшийся на плите стержень помещают в сушило.

Большая часть отливок художественных изделий имеет глухие внутренние полости, не выходящие на поверхность отливки. Следовательно, у стержней, образующих эти «глухие» полости, нет знаков, а у стержневых ящиков — таких отверстий в стенках, через которые можно было бы заполнять полость ящика стержневой смесью. Поэтому стержни для отливок с глухими полостями изготавливать описанным выше способом нельзя.

В качестве примера рассмотрим процесс изготовления стержня (рис. 52, а) в ящике с глухой полостью.

1. В половину стержневого ящика с отверстиями под штыри (рис. 52, б) накладывают стержневую смесь и уплотняют ее руками (рис. 52, в). Большая плотность в подобных стержневых ящиках уменьшает способность стержня легко выбиваться из отливки. Стержни, образующие в отливках «глухие» полости, должны удаляться из них (высыпаться) через небольшие отверстия, остающиеся в стенке отливки после удаления каркасной трубки, стержня.

2. Излишек стержневой смеси срезают ровень с краями ящика. На поверхность половины стержня в ящике укладывают точно подогнанный по знакам на стенках ящика и смазанный раствором белой глины каркас (рис. 52, г). Каркас стержня представляет собой железную коническую трубку с припаянным или плотно привязанным к ней прутком-поперечником. В случае припаявания массивного поперечника пайкой последняя должна быть выполнена так, чтобы припой мог легко расплавиться в процессе заливки формы и каркасная трубка свободно вынуться из отливки. Поперечник в этом случае остается залитым в стенках отливки.

3. На каркас накладывают слой стержневой смеси и придают ей примерную форму полости второй половинки стержневого ящика (рис. 52, в). Смесь уплотняют припыленной второй половиной ящика, надевая ее на первую, постукивая по ее поверхности деревянным молотком.

4. Верхнюю часть ящика снимают (рис. 52, *д*), после этого удаляют смесь, попавшую в разъем между половинами ящика в процессе уплотнения стержня. На неуплотненные места поверхности стержня добавляют смесь и продолжают уплотнять стержень. Повторяют такую операцию до получения достаточной плотности поверхности стержня.

5. Добившись необходимой плотности стержня, поверхность его припыливают графитом, обкладывают слоем рыхлой смеси и накрывают плитой, на которой будут его сушить.

6. Перевертывают плиту вместе с нижней половиной ящика и осторожно снимают ее со стержня. Стержень, оставшийся на слое смеси плиты, отделяют, заглаживают его шов и поверхность. Для увеличения поверхностной прочности стержень примачивают слабым раствором глины, припыливают графитом и, срезав на плите вокруг него лишнюю смесь, отправляют сушить (рис. 52, *е*). Чтобы исключить возможность смятия стержня, рекомендуется использовать рамку для засыпки фасонной поверхности стержня и накрывать ее плитой (см. п. 5 на с. 110). В массовом производстве в таких случаях удобнее вместо плиты и рамки накладывать на стержень специальную плиту-драйвер, имеющую впадину, равную профилю стержня.

#### § 43. Изготовление стержней в модели

Стержень для пустотелой отливки можно изготовить непосредственно в самой модели, если она пустотелая и имеет в нужном месте разъем (рис. 53, *а*). Стержень, изготовленный в модели, не может иметь обычных знаков.

Знак, обычно один, в таком стержне делают в виде углубления, вырезаемого в процессе изготовления стержня на его нижнем торце. Так как нижний торец соприкасается с поверхностью формы, то при формовке нижней полуформы в ней образуется выступ 1 (рис. 53, *б*), на который при сборке устанавливают стержень, предотвращая его сдвиг. Верхняя полуформа, соприкасаясь с верхним торцом 2 установленного стержня (рис. 53, *в*), устраняет возможность подъема его при заливке формы.

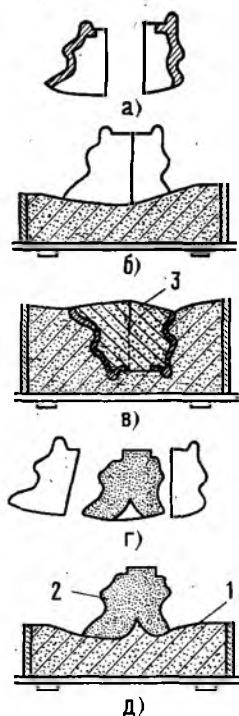
Изготавливают стержень в модели перед использованием ее для получения литейной формы, выполняя следующие операции:

1. Хорошо очистив собранную модель, устанавливают в фальшивую опоку, приготовленную для изготовления по этой модели литейной формы (рис. 53, *б*).

2. Припылив полость модели, наполняют ее стержневой смесью и, придерживая части модели, производят уплотнение смеси в ней доверху.

3. Подрезают верхний торец стержня в модели, в теле стержня для увеличения газопроницаемости делают несколько наколов вентиляционной иглой. Затем по модели с расположенным в ее полости стержнем изготавливают способом кусковой формовки

Рис. 53. Изготовление стержни в модели



верхнюю полуформу («Способ кусковой формовки», см. гл. X).

4. Изготовленную полуформу вместе с фальшивой опокой перевортывают, фальшивую опоку снимают. В модели уплотняют основание стержня, вырезают на нем знак 3 (рис. 53, б).

5. Приготавливают поверхность разъема формы, производят формовку нижней полуформы. Скрепив обе полуформы, перевортывают их, верхнюю полуформу снимают, из нижней удаляют модель и, раскрыв ее, извлекают стержень (рис. 53, в).

#### § 44. Скоростное изготовление стержней

В технологическом процессе изготовления стержней значительную часть времени занимает их сушка. Поэтому ускорить процесс изготовления стержней в современном производстве можно в основном за счет сокращения сушки. В настоящее время разработан и внедрен ряд способов изготовления стержней, где процесс их сушки исключен совершенно или сведен до минимума. Прочность таких стержней достигается применением в стержневой смеси специальных связующих и способов упрочнения стержней. Сократить процесс изготовления стержней можно за счет использования сырых и поверхностно-подсушиваемых стержней и применения для изготовления стержней химически твердеющих смесей.

Применение сырых стержней устраняет процесс сушки, экономит топливо, более дорогие связующие, так как при изготовлении сырых стержней обычно используются песчано-глинистые смеси. Кроме того, применение сырых стержней ликвидирует транспортные операции по отправке стержней в сушку и подачу стержней к месту установки их в формы. Сырые стержни можно изготавливать непосредственно у рабочего места формовщика.

Недостатком в использовании сырых стержней является их малая прочность, что затрудняет операцию сборки формы.

**Изготовление поверхностно-подсушиваемых стержней.** Такие стержни изготавливают из смесей с быстротвердеющими связующими материалами (жидкое стекло, сульфитный щелок, патока и др.). Упрочнение стержней возможно даже путем выдержки их на воздухе. Небольшие стержни, выдержанные на воздухе при нормальной температуре в течение 30 мин, приобретают по-

верхностную прочность, достаточную, чтобы выдержать гидравлическое давление заливаемого в форму металла.

Для увеличения прочности сырых стержней поверхностную подсушку их производят в сушильных печах при низкой температуре. Для чугунных отливок массой до 15 кг стержни подсушивают при температуре 40—100 °С в течение 5—40 мин в зависимости от их размеров.

Достаточная поверхностная прочность подсушенных стержней позволяет безопасно транспортировать их к месту сборки и создает более удобные условия для установки в форму.

Стержни из холоднотвердеющих смесей изготавливают из смесей, где в качестве связующих материалов применяют жидкое стекло и синтетические смолы. Стержни на жидком стекле обладают способностью быстро затвердевать при обработке их в процессе изготовления углекислым газом.

Процесс изготовления стержня состоит из заполнения стержневого ящика смесью, установки в ней каркасов с подъемом и металлических трубок для продувки стержня углекислым газом. Продувку газом продолжают 1—5 мин, после чего стержень извлекают из ящика.

**Изготовление стержней из жидких самотвердеющих смесей (ЖСС)** дает возможность не только сократить процесс сушки стержня, но и процесс уплотнения стержневой смеси в ящике. Жидкую самотвердеющую смесь готовят из кварцевого песка, жидкого стекла, отвердителя (феррохромового шлака, раствора едкого натра), пенообразователя и воды в специальных установках. Для устранения прилипания стержневой смеси стенки стержневых ящиков покрывают эмалями на основе эпоксидных смол. Перед заполнением полости стержневого ящика жидкой самотвердеющей смесью в ней устанавливают каркасы с подъемниками. Для отвердевания смеси стержни в зависимости от их размеров выдерживают в ящиках от 2 ч до двух суток. Стержни из этих смесей имеют хорошую газопроницаемость, но повышенную пористость поверхности. Поэтому их тщательно окрашивают противопожарной краской и подсушивают газовой горелкой.

**Изготовление стержней в нагреваемой оснастке** производится из смесей со связующими материалами на основе синтетических термореактивных смол, отвердевающих при нагревании. Для изготовления стержня нагретый до температуры 200—250 °С стержневой ящик устанавливают на пескодувную машину и заполняют быстротвердеющей стержневой смесью. Соприкасаясь с горячими стенками ящика, смесь нагревается, смола полимеризуется или поликонденсируется и через 15—20 с на стержне образуется прочная корка, позволяющая извлекать его из ящика.

**Изготовление оболочковых стержней.** Материалом смеси для изготовления оболочковых стержней являются мелкие пески и порошкообразные или жидкие фенольные смолы (пудльвербакелит). Упрочнение смеси происходит так же, как и для стержней в нагре-

ваемой оснастке. Высокая прочность смеси дает возможность изготавливать стержни не сплошными, а в виде оболочек с толщиной стенки от 6 до 15 мм.

Процесс изготовления стержня состоит в следующем. Нагретый стержневой ящик с нанесенным на стенках слоем разделительного состава заполняют стержневой смесью (обычно через стержневой знак). Смесью выдерживают в ящике 10—20 с в зависимости от необходимой толщины стенки стержня. Формирование оболочки происходит по мере прогрева смеси от стенок ящика до температуры полимеризации смолы. После необходимой выдержки неспекшуюся часть смеси высыпают из ящика. Для упрочнения оболочкового стержня стержневой ящик со стержнем помещают на 1,5—2 мин в электропечь с температурой 300—350 °С, после чего стержень извлекают из ящика.

#### Вопросы для повторения

1. Как влияет толщина стенок в художественной отливке на качество ее поверхности?
2. Когда получают полость в отливке способом установки в форме стержня?
3. Что представляет собой стержень?
4. Какие требования предъявляются к стержням?
5. Почему к стержням предъявляются более жесткие требования, чем к формам?
6. Для чего применяют связующие в стержневых смесях?
7. Что такое стержневой ящик и какие типы их существуют?
8. Какие вы знаете способы изготовления стержней?
9. Как изготавливают стержень в ящике?
10. Когда изготавливают стержни в полости модели?
11. Что такое каркас и для чего его вставляют в стержень?
12. Какие вы знаете способы скоростного изготовления стержней?
13. Когда применяют в формах сырые стержни?

## ГЛАВА 7. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ СО СТЕРЖНЯМИ

### § 45. Подготовка стержней

Полость в отливке можно получить с помощью песчаного болвана (рис. 54, а) или стержня, вставленного в полость формы при ее сборке (рис. 54, б). С помощью болвана получают полость в отливке в том случае, когда в процессе отделки формы с песчаного болвана можно снять модель, не повредив его. При этом прочность песчаного болвана должна быть такой, чтобы заливаемый в форму металл не мог разрушить его.

Установкой в форме стержней можно получить полость в отливке любой величины и формы. Поэтому этот способ является основным.

Установка стержня в форму производится в процессе сборки ее и является наиболее ответственной операцией, влияющей на качество отливаемого изделия. Поэтому выполнению этой операции предшествует подготовка, состоящая из контроля качества стержня и подготовки его для установки в форму. Перед установкой стержня в форму следует убедиться в его пригодности. Проверку стержня начинают с определения степени его просушенности. Наличие остаточной влаги в стержне определяют влагомером.

Наиболее надежный способ определения качества сушки и толщины просушенного слоя — вырезка углубления на торце стержня.

Влажные недосушенные стержни, остаточная влажность которых более 0,5 %, подвергают повторной сушке. Пересушенные стержни с осыпающейся поверхностью бракуют. Подготовку поверхности стержня начинают с очистки ее от приставшей в процессе сушки смеси, пыли, копоти. В этом особенно нуждаются стержни для изготовления форм художественных отливок. Имеющиеся на поверхности стержня небольшие трещины и выбоины заделывают, после чего место заделки подкрашивают и при необходимости подсушивают. Стержни со значительными повреждениями поверхности, искажающими их форму и размеры, бракуют.

Перед установкой стержня в форму просматривают и очищают его вентиляционные каналы. Каркасные трубки в тех местах, где они при заливке формы будут омываться металлом, во избежание приваривания их в стенках отливки смазывают глиной. На больших стержнях, устанавливаемых в форму с помощью подъемных средств, расчищают места расположения весок — ушков, за которые производится подъем стержня краном.

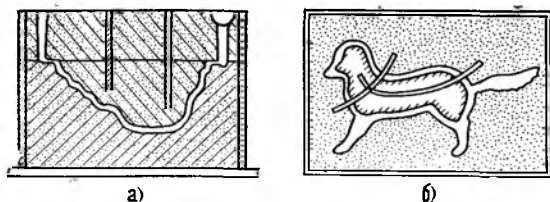


Рис. 54. Способы получения полости в отливке

#### § 46. Способы крепления стержней в форме

В форму при сборке устанавливают один или несколько стержней, образующих в отливке полость. В зависимости от размеров, конфигурации и расположения полости в отливке стержни в формах крепят различными способами.

**Крепление стержня в знаках** — наиболее часто применяемый и более надежный способ. Число знаков на модели зависит от числа отверстий в стенках отливки, выходящих в рассматриваемую полость. В случае, когда полость в отливке имеет один выход, модель и стержень имеют знак с одной стороны (рис. 55, а) и стержень в форме крепится в одном знаке (рис. 55, б). Такой стержень висит в форме как балка на одной опоре (консольно). При этом размеры знака у стержня можно сделать такими, чтобы центр тяжести стержня в горизонтальном направлении приходился на плоскость опоры стержня в форме (стержневой знак). В этом случае стержень не будет заваливаться в форму.

На рис. 56 показан процесс формовки подставки, которая имеет сквозную полость, а ее модель (рис. 56, а) два знака, расположенных на торцах. Процесс изготовления литейной формы подставки состоит из следующих операций:

1. Две неразъемные модели подставки (рис. 56, б) кладут на специальную модельную плиту с углублениями, равными половине диаметра моделей. Модели накрывают нижней опокой и набивают обычным порядком.

2. Набитую опоку перевортывают вместе с подмодельной плитой, плиту снимают (рис. 56, в). Поверхность разъема формы посыпают разделительным песком. Затем на поверхность разъема между моделями устанавливают модели литниковой системы,

ставят верхнюю опоку и производят формовку ее с устройством в ней вентиляционных каналов (рис. 56, г).

3. Удаляют модель стояка, снимают верхнюю

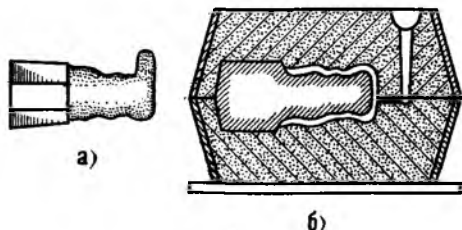


Рис. 55. Крепление стержня в форме в одном знаке

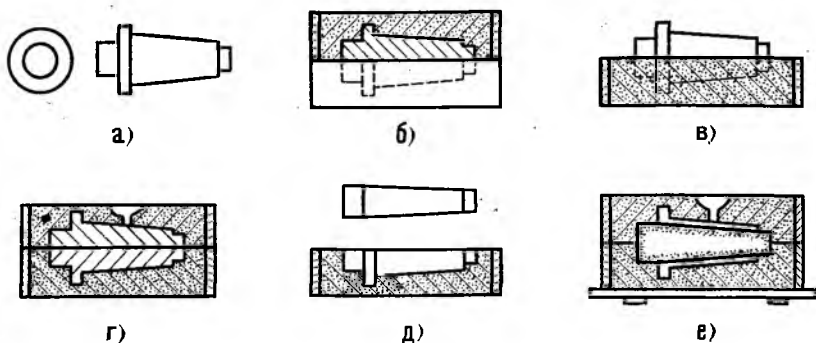


Рис. 56. Крепление стержня в форме в двух знаках

полуформу, отделяют ее, удаляют модель литниковой системы, прочищают ее каналы.

4. С помощью подъемов из нижней полуформы удаляют модели отливок.

5. Берут два ранее изготовленных стержня, очищают их поверхность и вставляют в отпечатки знаков модели в нижней опоке (рис. 55, д). Во избежание возможности попадания заливаемого в полость формы металла (через знаки в каркас стержня) смесь вокруг знака обжимают.

6. Обе полуформы припыливают угольным порошком и собирают форму для заливки (рис. 56, е).

**Крепление стержня жеребейками.** В производстве отливок часты случаи, когда крепление стержня в знаках может быть недостаточным. Например, длинные или тонкие стержни, укрепленные в знаках, от собственного веса и давления металла в форме могут прогибаться. Это приводит к возникновению разностенности в отливке, а в очень тонких местах металл может и не заполнить полость формы. Чтобы избежать таких явлений, длинные и тонкие стержни крепят в формах дополнительно особыми металлическими опорами, называемыми жеребейками.

На рис. 57 показаны различные виды жеребеек. Форма и размеры применяемых жеребеек зависят от массы стержня, формы опорных поверхностей стержня и полости формы, толщины стенки отливки. Жеребейки, изображенные на рис. 57, а, применяют в случае, если стержень и полость формы в месте крепления имеют плоскую поверхность. Жеребейки, представленные на рис. 57, б, используют тогда, когда форма в месте установки жеребейки имеет плоскую поверхность, а стержень — форму цилиндра. Если полость формы и стержень имеют поверхность цилиндра, применяют жеребейки, форма и конструкция которых изображена на рис. 57, в. Для крепления в форме крупных, тяжелых стержней описанные выше жеребейки непригодны. Опираясь на стенку формы, они под тяжестью стержня будут продавливать ее, и стерж-



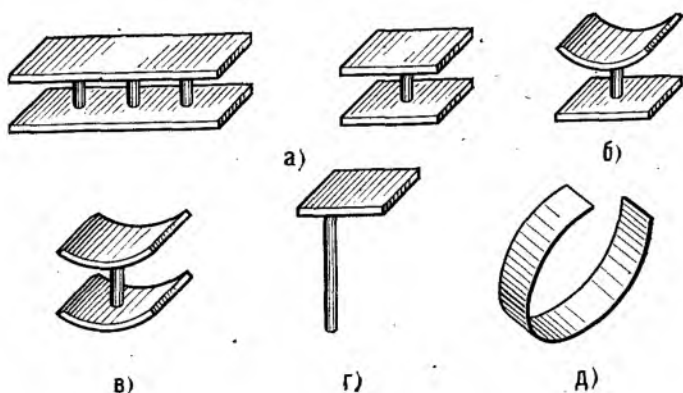


Рис. 57. Виды жеробеек

жень просядет. В таких случаях применяют жеробейки (рис. 57, з) с одной длинной стойкой, без нижней площадки. Такая жеробейка, удерживая на себе стержень, опирается не на поверхность полости формы, а на крестовину нижней опоки (рис. 58, а). В верхней опоке стойка жеробейки опирается в плитку, расположенную на крестовинах опоки вверх, на месте выхода стойки из опоки. Во избежание подъема плитки под давлением на стержень заливаемого в форму металла плитку сверху загружают грузом.

Жеробейки, изображенные на рис. 57, д, изготовляют из полоски жести. Они служат для крепления в форме легких небольших стержней. Такие жеробейки во избежание смыва металлом прикалывают. Высота жеробеек, для которых опорными поверхностями служат поверхность стержня и полости формы, делают равной толщине стенки будущей отливки. Жеробейки с длинными стойками устанавливают в форме так, чтобы высота их в форме была равна толщине стенки отливки. Поверхность жеробеек должна быть чистой. Ржавчина на поверхности жеробеек способствует появлению дефектов в отливке в виде неметаллических включений и газовых раковин. Кроме того, такие жеробейки плохо свариваются с металлом отливки. Поэтому стальные жеробейки покрывают слоем защитного металла (цинка, олова, меди), предохраняющего их от коррозии.

**Крепление стержня концами его каркаса.** Сложные художественные изделия часто имеют глухие, не выходящие на поверхность отливки, полости. И стержни, образующие эти полости, не могут иметь знаков. Крепление таких стержней жеробейками невозможно. Во-первых, использование сложной внутренней поверхности формы, как опоры для стандартной жеробейки, повлечет за собой разрушение этой поверхности. Изготовление специальных жеробеек с рельефной поверхностью, идентичной сложной поверхности полости формы, в единичном производстве не оправдано, оно трудоемко. Во-вторых, формы художественных

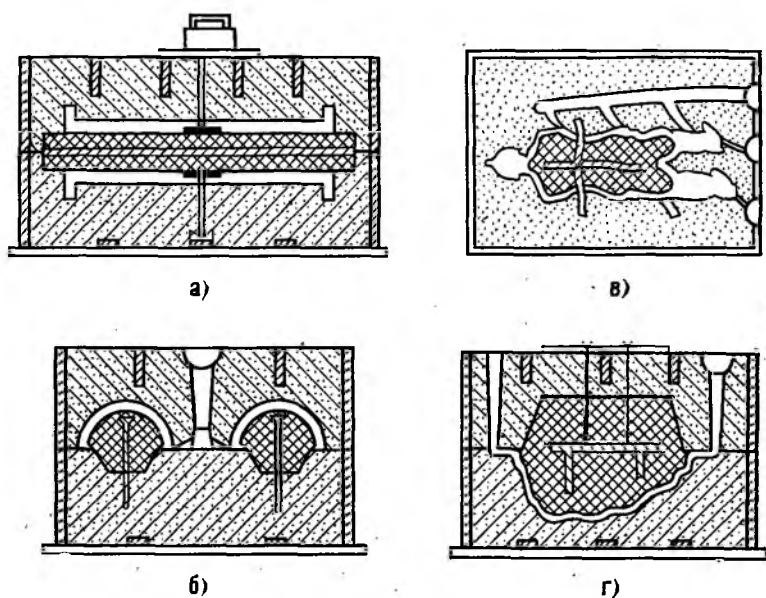


Рис. 58. Способы крепления стержней в форме:

а — жеребейками; б — прикалыванием шпильками; в — концами каркаса стержня; г — подвешиванием

изделий часто заливают в вертикальном положении; в этом случае на жеребейках трудно удержать в форме стержень, расположенный в вертикальном положении.

Такие стержни лучше и удобнее крепить в форме с помощью их каркасов (рис. 58, в). Для этого концы каркаса в стержне делают такой длины, чтобы они при установке стержня в форме могли опираться на поверхность ее разъема.

**Крепление стержня шпильками.** В художественных отливках нередко случаи, когда полость в них образуется небольшими, легкими стержнями с одним знаком. Такие стержни плохо удерживаются в форме, смываются металлом при заливке. Поэтому их дополнительно крепят в формах путем прикалывания к стенкам формы. Для этого в процессе изготовления стержней в них делают сквозные отверстия, через которые специальными шпильками прикалывают в форме (рис. 58, б). Головку шпильки на поверхности стержня углубляют и заделывают.

**Крепление подвесных стержней.** Чтобы получить лицевую поверхность отливки чистой, необходимо располагать ее в нижней части формы. Тогда стержень, имеющий один знак, приходится устанавливать и крепить в верхней полужорме (рис. 58, г).

С этой целью при изготовлении стержня на поверхность его от каркаса пропускают проволочные вески, оканчивающиеся петлей. К петлям весок стержня в зависимости от его размера

крепят болты или проволоку. В процессе установки стержня болты или проволоку пропускают через знаковую часть на наружную поверхность формы. Для крепления стержня верхнюю полуформу устанавливают на подставку или высокие козлы разъемом вверх. На поверхности формы болты крепят через пластину гайкой, а проволоку завязывают на прутке, расположенном на крестовинах опоки (рис. 58, з).

В производстве кабинетных художественных отливок подобный способ крепления стержня применяют при отливке постаментов, статуэток и групп. Правильность установки стержней в форме контролируется специальными шаблонами.

В тех случаях, когда толщину тела будущей отливки (размер) между стенкой формы и стержня или между стержнями невозможно проверить инструментом, проверку производят контрольным перекрытием по глиняным конусам, поставленным в местах контроля (обычно в нижней полуформе под стержнем, между стержнем и поверхностью верхней полуформы). В таких местах устанавливают «конуса» из мягкой глины. Когда стержень или верхнюю полуформу устанавливают в рабочее положение, они сжимают глиняные конуса до размеров, соответствующих толщине тела будущей отливки в этом месте.

#### Вопросы для повторения

1. В чем состоит контроль качества стержня?
2. Какие Вы знаете способы крепления стержней в форме?
3. Когда и как крепят стержни с помощью жеробеек?
4. Какие Вы знаете виды жеробеек, в каком случае каждый из них применяют?
5. Когда стержень в форме крепят концами его каркаса и как это делают?
6. Когда стержень в форме крепят шпильками?
7. В каких случаях используют подвесной стержень и как его крепят?
8. В чем трудность крепления стержня жеробейками в формах художественных отливок?
9. Для чего жеробейки покрывают защитным покрытием?
10. Как производится контроль правильности установки стержня в форме?

В практике изготовления форм для художественных отливок часты случаи, когда модель имеет весьма сложную конфигурацию. Чтобы удалить такую модель из формы, не повредив ее стенок, формовщик вынужден разбирать форму не на две, как обычно, а на большее число частей. Поэтому такие формы должны иметь не одну плоскость разъема, а две или несколько. Обычно число плоскостей разъема в форме определяет число опонок, необходимых для изготовления литейной формы изделия. Например, если форма будет иметь одну плоскость разъема, формовку изделия производят в двух опоках; при наличии в форме двух плоскостей поверхности разъема изготовление литейной формы такого изделия производят в трех опоках и т. д.

### § 47. Формовка в трех опоках

В качестве примера формовки в трех опоках рассмотрим процесс изготовления литейной формы для корпуса шкатулки (рис. 59, а). Литейная модель корпуса шкатулки состоит из четырех частей: корпуса 1, донышка 2 и двух ушек 3 шарниров для крышки 4. Крышку шкатулки отливают отдельно в форме из двух опонок. Литейную форму корпуса «шкатулки» изготавливают в трех опоках. Высота средней опоки делается равной высоте корпуса модели, установленного на донышке с ножками. Процесс формовки шкатулки состоит в следующем.

1. Модель корпуса шкатулки с укрепленными на ней отъемными частями устанавливают на специальной модельной плите, имеющей выступ, равный профилю нижней поверхности донышка модели, и накрывают средней опокой (рис. 59, б). Поверхность модели припыливают, насеивают на нее облицовочную смесь и производят уплотнение смеси.

2. Излишек смеси в опоке осторожно (так как на боковой стороне модели расположены укрепленные в пазах отъемные части ушек) срезают сначала с болвана, расположенного внутри модели, затем вокруг модели вровень с краями опоки и основания уступа модели, выполняя таким образом поверхность разъема формы между средней и нижней опоками. Чтобы в дальнейшем предотвратить сдвиг болвана, в центре его (рис. 59, б) нужно вырезать знак (углубление). Тогда на поверхности разъема в нижней части формы образуется равный ему выступ, который будет удерживать болван от сдвига.

3. Припылив поверхность разъема, устанавливают нижнюю опоку, наполняют ее смесью, уплотняют смесь, срезают излишек

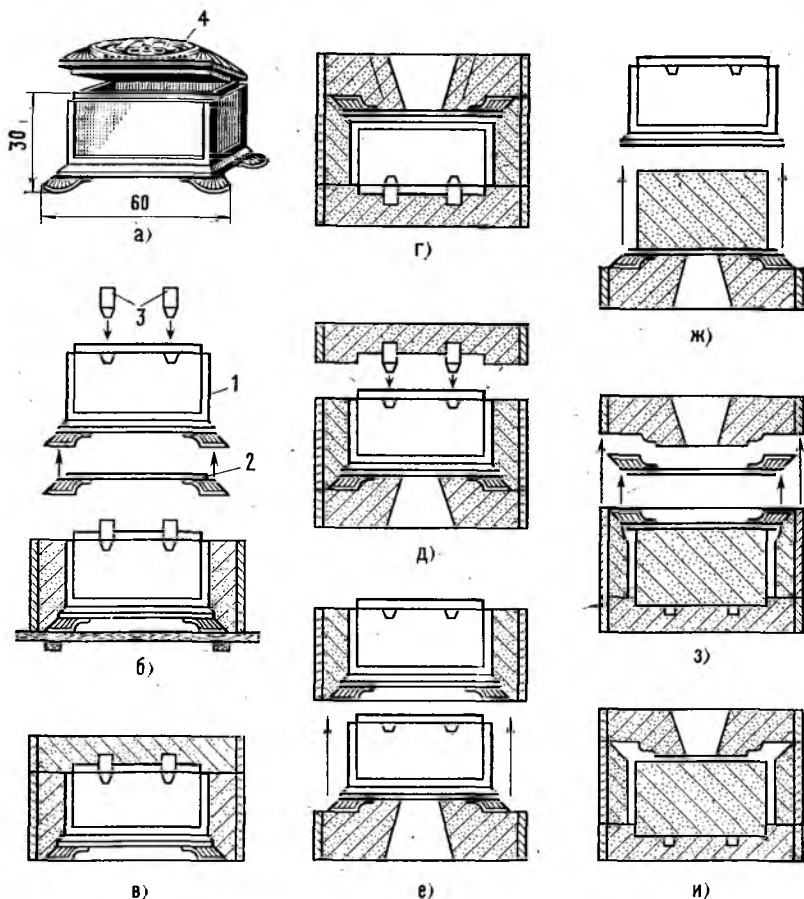


Рис. 59. Процесс формовки в трех опоках

смеси (рис. 59, в), делают несколько вентиляционных наколов иглой в болван.

4. Обе заформованные опоки перевортывают, делают подрезку поверхности разъема формы между средней и верхней опоками, по профилю краев модели доньшка. Поверхность разъема припыливают, устанавливают верхнюю опоку, в центре модели доньшка ставят щелевой питатель, опоку заформовывают. Срезав излишек смеси с опоки вокруг литника, делают несколько вентиляционных наколов иглой (рис. 59, е), затем извлекают модель литниковой системы и форму перевортывают.

5. Снимают нижнюю часть формы и устанавливают ее разъемом вверх, с помощью пинцета удаляют из нее отъемные части модели — ушки (рис. 59, д).

6. Снимают среднюю часть формы так, чтобы модель осталась на болване верхней части формы (рис. 59, е). В снятой части формы производят отделку рабочей полости и плоскости разъема.

7. В верхней части формы осторожно снимают с болвана модель (рис. 59, ж). Болван хорошо заглаживают, особенно его верхнюю часть, которая при заливке формы больше всего подвергается удару струи, заливаемого в форму металла. Для придания большей прочности верхней части болвана ее желательнее немного смочить.

8. Среднюю и нижнюю часть формы устанавливают на место. Собранный и скрепленный формы перевортывают на  $180^\circ$ .

9. Снимают верхнюю часть формы, прорезают в ней проводкой щелевой питатель и заглаживают отпечаток модели доньшка.

10. Извлекают из средней части формы модель доньшка (рис. 59, з), собирают форму для заливки. Готовая литейная форма шкатулки показана на рис. 59, и.

#### § 48. Формовка с перекидным болваном

Процесс формовки в трех опоках, требующий, как правило, для изготовления литейной формы наличия специальных опок, может быть выполнен в двух опоках, с использованием способа формовки с перекидным болваном.

Рассмотрим формовку с перекидным болваном на примере изготовления литейной формы «подставки» (рис. 60, а). Процесс формовки состоит из следующих операций:

1. Половину модели подставки без шпилек устанавливают на модельную плиту, в полость модели устанавливают модель питателя, накрывают нижней опокой и формируют ее (рис. 60, б).

2. Заформованную опоку перевортывают (рис. 60, в) и производят подрезку смеси в местах 3, мешающих извлечению модели из формы.

3. Устанавливают вторую половину модели, припыливают вокруг модели площадь подрезки, уплотняют смесь во впадине между половинами 1 модели (рис. 60, г). Для большей устойчивости при набивке перекидного болвана верхнюю половину модели нагружают грузом 2.

4. Посыпают разделительным песком поверхность разъема формы, устанавливают верхнюю опоку. В центре модели на питатель ставят модель стояка, уплотняют смесь в опоки (рис. 60, д).

5. Удалив модель стояка, снимают верхнюю полуформу. В нижней полуформе на поверхности разъема болвана удаляют модель питателя. Затем снимают верхнюю половину модели (рис. 60, е).

6. Верхнюю полуформу снова устанавливают на нижнюю, форму скрепляют и перевортывают. Снимают нижнюю полуформу (рис. 60, ж), удаляют вторую половину модели (рис. 60, з), обе полуформы отделяют. Снова накрывают верхнюю полуформу

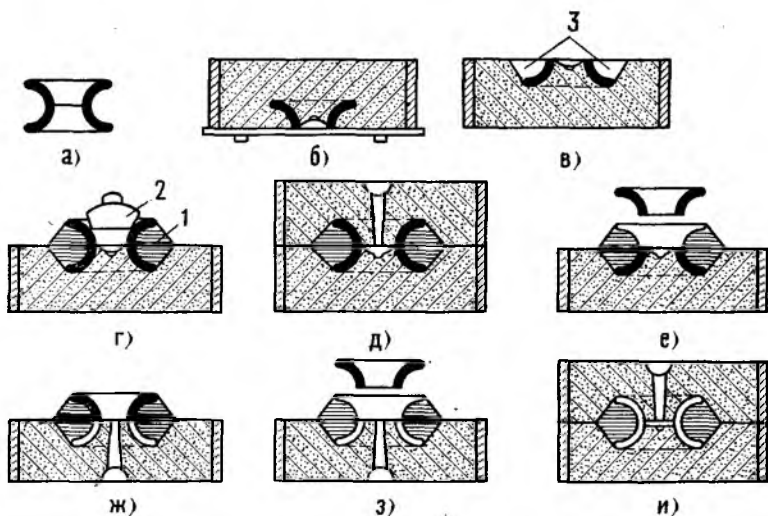


Рис. 60. Процесс формовки с перекидным болваном

нижней и обе полуформы снова переворачивают. Разрез готовой формы подставки изображен на рис. 60, и\*.

Формовка с перекидным болваном характерна наличием многих операций, требующих высокой квалификации формовщика и снижающих производительность труда.

Поэтому применение этого способа удобно при отливке небольшого числа изделий, при массовом производстве выгоднее заменять перекидной болван в форме стержнем.

#### § 49. Формовка в четырех опоках

Более сложные по форме изделия, требующие (для извлечения из формы их моделей) деления формы на четыре части, формуют в четырех опоках. Примером изготовления такой литейной формы является формовка азиатского кунгана (рис. 61, а).

Латунная модель кунгана по внешним очертаниям не отличается от готового изделия без крышки. Она состоит из двух симметричных частей и отъемного доньшка (рис. 61, б). Плоскость разъема модели проходит вертикально через ручку и рожок.

Крышку кунгана отливают отдельно и монтируют на изделии в процессе его сборки. Части модели соединяют тремя шипами,

\* Следует заметить, что если начинать процесс изготовления формы с верхней полуформы, то отпадает необходимость одной операции совместного переворачивания двух полуформ. Учащемуся предлагается самому проверить этот вариант. — Прим. ред.

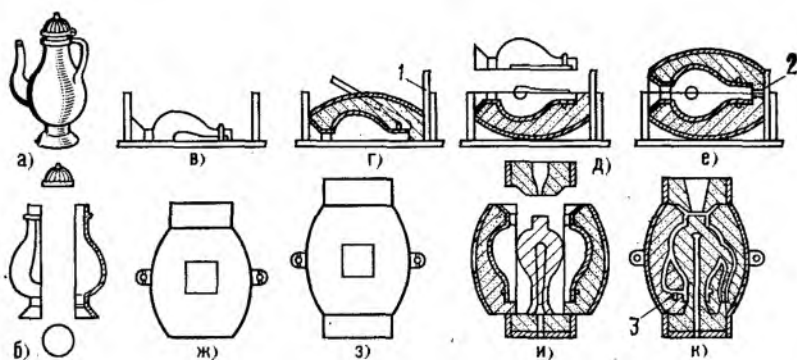


Рис. 61. Процесс формовки в четырех опоках

поставленными в утолщениях стенок одной части и соответствующими им гнездами — во второй\*.

Формовку кунгана производят в четырех опоках: верхней, двух средних, по высоте немного большей высоты модели, и нижней. В плоском ребре нижней опоки крепится трубчатый каркас болвана. Процесс формовки следующий:

1. Одну из половин модели корпуса кунгана (без шипов) устанавливают на модельную плиту, имеющую две вертикальные стойки (рис. 61, в), и накрывают ее одной из половин средней опоки (рис. 61, г).

2. Укрепив поставленную опоку между стойками плиты со стороны горла модели закладкой 1 (рис. 61, г), заполняют опоку формовочной смесью и уплотняют ее через окно на боковой стенке опоки, как показано на рис. 61, г. Затем опоку перевортывают вместе с модельной плитой, снимают плиту и устанавливают на ней заформованную опоку, как показано на рис. 61, д.

3. Затем набивают полость рожка. В рожок заформованной нижней половины модели насыпают формовочную смесь и уплотняют ее. Излишек смеси срезают вровень с краями модели. На поверхность среза укладывают обмазанный белой глиной пустотелый каркас, имеющий форму рожка.

Каркас обкладывают облицовочной смесью и уплотняют ее, как описано ранее (при изготовлении стержня по модели), второй половиной модели (рис. 61, д).

4. У горлышка кунгана и у конца рожка на поверхности разъема формы делают подрезку смеси в виде конуса. Присыпав вырезанное углубление разделительным песком, заполняют его смесью и придают поверхности форму болванчика 2 (рис. 61, е),

\* Для точности соединения обычно достаточно двух правильно расположенных на поверхности разъема шипов. Три шипа в данном случае ввиду сложности модели и малого диаметра шипов обеспечивают большую долговечность. — Прим. ред.



необходимого для опоры каркаса и стержня рожка. Поверхность разъема формы вокруг модели посыпают разделительным песком и устанавливают вторую половину средней опоки (рис. 61, е). Обе опоки через ушки скрепляют винтами. Опоку заформовывают так же, как и первую, через окно в боковой стенке.

5. Изготовленную часть формы устанавливают в положение, показанное на рис. 61, ж. В полость модели (до половины ее высоты) насыпают облицовочную смесь и уплотняют ее плоской деревянной набойкой. Затем устанавливают нижнюю опоку с прикрепленным к ее ребру каркасом, который входит в полость модели и служит для крепления болвана в форме. Нижнюю опоку соединяют со средними штырями, укрепленными в ее ушках. В полости разъема средних опок имеются соответствующие гнезда для штырей нижней опоки. Опоки скрепляют специальными скобами. Установив нижнюю опоку, продолжают уплотнять смесь внутри модели, а затем и в самой опоке. Во избежание попадания в грубчатый каркас нижней опоки формовочной смеси отверстие его в ребре опоки закрывают паклей.

6. Заформованные средние и нижнюю опоки перевертывают вместе и устанавливают на нижнюю опоку (рис. 61, з). Через отверстие в модели продолжают формовку до верхней части узкого места модели.

Взрыхлив смесь верхней части болвана, устанавливают отъемную часть модели доньшка.

7. Ставят верхнюю опоку, в центре доньшка устанавливают модель шелевого питателя и, посыпав разделительным песком поверхность разъема, формируют верхнюю опоку.

8. Удаляют модель литниковой системы, снимают верхнюю часть формы, отделяют в ней поверхность отпечатка, прочищают канал питателя. Через окна средних опок вставляют в форму подъемы, чтобы соответствующие половины модели (при разъеме средних частей формы) отошли от болвана вместе с ними. Затем раскрепляют средние части формы и отводят их в стороны вместе с половинами модели (рис. 61, и).

9. Вытащив подъемы, устанавливают части формы с моделями в горизонтальном положении. Слегка смочив смесь у стенок моделей, извлекают их из формы. Отделяют поверхность отпечатков моделей. В знак З (рис. 61, к) на ручке модели вставляют металлическую пластину, которая в отливке будет служить основанием шарнира крышки кунгана.

10. Отделяют болван в нижней части формы, заглаживают швы на корпусе и рожке. В верхней части болвана срезают острые кромки, образованные дном и стенками модели. На поверхности болвана слегка смачивают его тонкие части во избежание подсыхания их и потери прочности при заливке формы.

Средние части формы устанавливают на разъем нижней части формы в прежнее положение и придвигают их к болвану до штырей в нижней опоке. Равномерность толщины стенки отливки

проверяют сверху по просвету между стенками формы и болваном. Скрепляют средние части формы винтами. На них устанавливают верхнюю часть формы и скрепляют ее со средней скобой.

Разрез готовой литейной формы кунгана показан на рис. 61, к.

#### Вопросы для повторения

1. Какие модели формуют в трех опоках?
2. Как производится изготовление литейной формы в трех опоках?
3. В каких случаях производят формовку в четырех опоках?
4. Как устроены опоки для формовки кунгана?
5. Какой способ формовки может заменить формовку в трех опоках?
6. Как выполняется процесс формовки с перекидным болваном?
7. Какие недостатки имеет формовка с перекидным болваном?
8. Чем можно заменить перекидной болван при массовом производстве отливок?

### § 50. Особенности отливок и форм

Существует много видов литых художественных изделий; они различаются сложностью и особенностями изготовления. По степени сложности, массе и продолжительности изготовления литейных форм художественные отливки можно разделить на несколько типов:

1) мелкие художественные отливки: детские игрушки, пепельницы, детали чернильных приборов и др.; 2) тонкостенные художественные отливки со сложной поверхностью (ажурные отливки): тарелки, вазы, настенные кронштейны, шкатулки, барельефы, цепочки и т. п.; 3) мелкие и средние художественные отливки сложной формы: настольные бюсты, статуэтки и другие подобные им изделия; 4) крупные скульптурные отливки: статуи, скульптурные группы, памятники; 5) архитектурно-художественные отливки: садовые решетки, балясины, колонны и другие части архитектурных сооружений.

Литые ажурные изделия отличаются от всех других видов художественных отливок мелким и сложным рельефом поверхности с большим числом просветов, образующих ажур изделия. Кроме того, ажурные отливки при сравнительно большой площади поверхности имеют обычно незначительную толщину стенки. Литейные формы ажурных отливок должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Для получения в литейной форме хорошего качества отпечатка ажурной модели поверхность полости такой формы должна быть прочной и пластичной. Поэтому литейные формы ажурных отливок следует изготавливать из формовочных смесей с мелкими зёрнами песка, позволяющих получить в форме тонкий отпечаток поверхности модели.

Ажур в виде сквозных отверстий в стенках отливки образуется болванчиками формы, расположенными на ее внутренней поверхности. Прочность таких болванчиков зависит от степени уплотнения формы и прочности применяемой при этом формовочной смеси. Хорошо показала себя в производстве ажурных отливок формовочная смесь с величиной зёрен песка 0,05—0,063 с содержанием глины 10—12 % и прочностью при сжатии 0,03—0,035 МПа (0,3—0,35 кгс/см<sup>2</sup>).

2. Металл, заливаемый в форму для ажурных отливок, протекает по узким, извилистым каналам полости формы, образуемым болванчиками. В таких условиях металл быстро охлаждается, теряет жидкотекучесть и может не полностью заполнить полость формы или образовать в отливке «спай». Поэтому скорость заливки

форм ажурных отливок следует увеличивать, применяя при этом верхнюю литниковую систему с щелевым питателем или горизонтальную с кольцевыми питателями. Нормальное заполнение полости формы ажурной отливки зависит от своевременного удаления образующихся в ней при заливке газов. Следовательно, формы для ажурных отливок должны быть достаточно газопроницаемыми.

3. На заполнение формы металлом оказывает влияние не только способ подвода металла в полость формы, но и его жидкотекучесть, зависящая прежде всего от температуры его при заливке формы. Чем выше температура металла, тем лучше его жидкотекучесть, тем лучше и легче металл заполняет формы. Но чем выше температура заливаемого в форму металла, тем больше опасность образования пригара смеси на стенках отливки. Поэтому стенки полости форм ажурных отливок должны быть и достаточно огнеупорными.

Хорошее качество литейных форм ажурных отливок достигается не только изготовлением их из отвечающих всем требованиям формовочных смесей, но и применением некоторых особых приемов и способов формовки.

4. Литейные формы ажурных отливок нужно уплотнять так, чтобы отпечаток поверхности модели на ее стенках был четким. С этой целью формы ажурных отливок изготавливают с применением при формовке операции, которая носит название — подчеканки формы. Порядок выполнения ее мы рассматривали ранее (см. § 28). В случае, если ажур модели двойной, т. е. расположен с обеих ее сторон, подчеканку отпечатка модели производят и в верхней, и в нижней полуформе.

5. Перед удалением модели из формы прочность небольших болванчиков увеличивают смачиванием поверхности форм через просветы модели водой. Но смачивание поверхности полости формы одновременно увеличивает ее влажность и уменьшает газопроницаемость, что может отразиться на качестве будущей отливки. Металл, попадая на переувлажненные стенки формы, быстро охлаждается, теряет жидкотекучесть и плохо заполняет мелкие детали ее поверхности. При этом уменьшается резкость рельефа отливки. При изготовлении отливки из чугуна поверхность ее может получиться с отбелом (с повышенной твердостью и хрупкой), не исключена возможность образования газовых раковин.

Во избежание подобных явлений поверхность полости форм ажурных отливок перед заливкой подвергают кратковременной сушке коптящим пламенем ацетиленовых горелок в течение 2—3 мин. При такой сушке с поверхности формы испаряется излишек влаги, увеличивается газопроницаемость и прочность небольших выступов, образующих ажур. Подогрев стенок формы перед заливкой устраняет возможность отбела чугунной отливки, создает благоприятное условие заполнения формы металлом. Кроме того, при такой подсушке формы, носящей название под-

капчивание, на стенках ее осажается тонкий слой копоти, которая увеличивает огнеупорность формы, повышает чистоту поверхности отливки и придает ей своеобразный оттенок.

### § 51. Формовка по модели с односторонним ажуром

Среди художественных отливок различают изделия с односторонним и двусторонним ажуром. Модели изделий с односторонним ажуром (рис. 62, а) имеют четко выраженный рельеф рисунка с формовочными уклонами только на лицевой стороне. Вторая сторона модели представляет собой гладкую поверхность. В литейных формах, изготовленных по модели с односторонним ажуром, болванчики, образующие просвет в изделии, расположены только в нижней полуформе.

Модели изделий с двусторонним ажуром (рис. 62, б) имеют рельефный рисунок с обеих сторон и соответственно два формовочных уклона, начинающиеся с середины высоты стенки модели, и направлены в разные стороны. Поэтому литейные формы, изготовленные по этим моделям, имеют болванчики, образующие просветы в изделии как в нижней, так и в верхней полуформах.

Рассмотрим процесс формовки по модели с односторонним ажуром.

**Формовка ажурной тарелки.** Литейную форму тарелки (рис. 63, а) изготовляют по латунной модели в круглых опоках. Формовку начинают с изготовления фальшивой опоки.

Для этого модель тарелки укладывают на гладкую модельную плиту и накрывают опокой. Модель припыливают, опоку заполняют жирной формовочной смесью и уплотняют ее. Заформованную опоку перевертывают вместе с модельной плитой. Плиту снимают, примочив смесь вокруг модели, удаляют модель, заглаживают отпечатки ее просветов до уровня общей площади отпечатка модели. Такую операцию производят для того, чтобы болванчики, образующие просветы в отливке, располагались в нижней опоке. Отпечаток модели припыливают, модель в прежнем положении укладывают и легкими ударами деревянного молотка осаживают так, чтобы смесь плотно закрыла просветы модели. Затем, исправив поверхность разъема, модель удаляют, фальшивую опоку для увеличения плотности сушат.

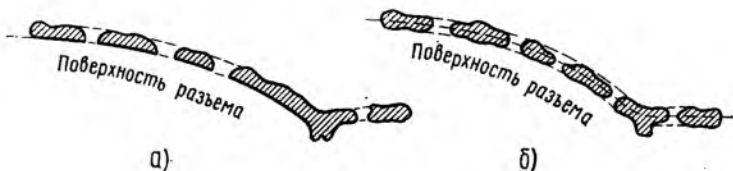


Рис. 62. Разрез стенки модели ажурной тарелки:  
а — с односторонним ажуром; б — с двусторонним ажуром

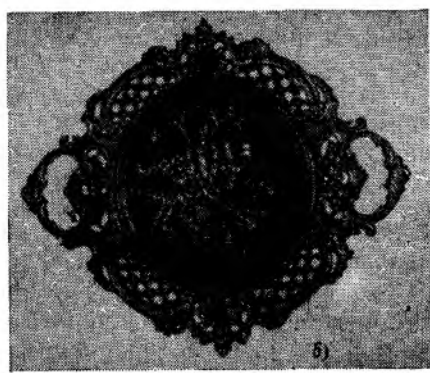
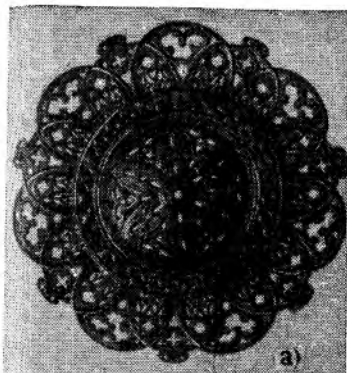


Рис. 63. Ажурные отливки:  
а — тарелка; б — блюдо

Литейную форму тарелки изготовляют следующим образом:

1. В приготовленную фальшивую опоку укладывают модель (рис. 64, а) и накрывают нижней опокой (рис. 64, б), поверхность модели в ней припыливают древесноугольным порошком, затем насыпают слой 15—20 мм облицовочной смеси и, заполнив опоку наполнительной смесью, изготовляют нижнюю полуформу.

2. Заформованную опоку вместе с фальшивой перевертывают, фальшивую опоку снимают (рис. 64, в), заглаживают поверхность разъема формы, проверяют плотность болванчиков в просветах модели.

3. Накрывают верхней опокой. В дно модели устанавливают целый стоек так, чтобы он не попадал на проемы модели. Припылив поверхность модели и разъема формы, насыпают облицовочную смесь и изготовляют верхнюю полуформу (рис. 64, г).

4. Срезав лишнюю смесь с опоки, делают несколько наколов вентиляционной иглой на поверхности и вокруг стойка. Удаляют

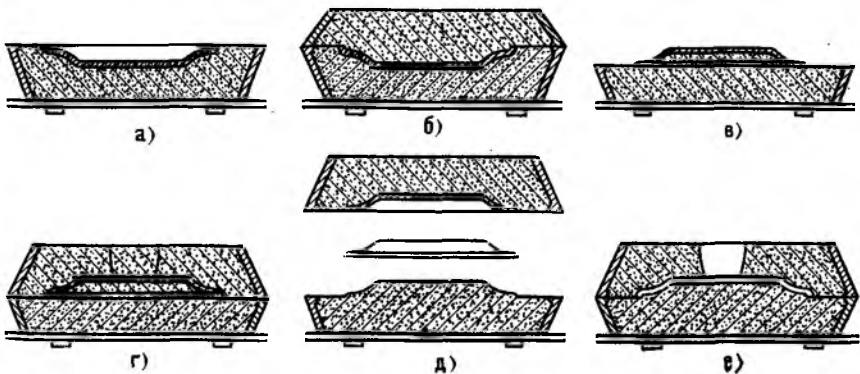


Рис. 64. Формовка по модели с односторонним ажуром

стояк. Снимают верхнюю опоку, исправляют в ней отпечаток модели и литниковый канал (рис. 64, *д*).

5. В нижней полуформе смачивают смесь вокруг модели и в ее просветах. Ввернув подъем и легко ударяя деревянным молотком по модели, удаляют ее из формы.

6. После удаления модели исправляют возможно сдвинувшиеся при съеме модели болванчики. Окончательно отделяют полуформы. Нижнюю полуформу в течение 2—3 мин сушат (подкапчивают). После подкапчивания, которое делается непосредственно перед заливкой, форму собирают для заливки (рис. 64, *е*).

Литейные формы ажурного блюда (см. рис. 63, *б*), имеющего модель с односторонним ажуром, изготавливают так же, как и для тарелки, с той лишь разницей, что блюдо на нижней стороне имеет ножки, которые отливают отдельно и крепят к корпусу блюда в процессе его механической обработки.

## § 52. Формовка по модели с двусторонним ажуром

Формовка по модели с двусторонним ажуром несколько сложнее, чем формовка по модели с односторонним ажуром.

Поверхность разъема формы в этом случае должна проходить не по поверхности модели (как при формовке тарелки, см. рис. 63, *а*), а внутри нее. Следовательно, болванчики, образующие ажур отливки, будут не целые, а разъемные, они будут иметь высоту, равную половине толщины модели, и располагаться как в верхней, так и в нижней полуформах.

**Формовка ажурной вазы.** Вазу (рис. 65) отливают в виде пяти отдельных деталей: тарелки 1, розетки 2, подставки 3, состоящей из двух половин, и основания 4. Все детали скрепляют при сборке в одно целое (вазу) при помощи винта, проходящего через подставку и основание. Отливку деталей вазы производят по латунным, хорошо прочеканенным моделям в двух формах: в одной из них тарелку, во второй — остальные детали. Процесс формовки розетки, подставки и основания аналогичен рассмотренному ранее процессу формовки тарелки, так как модели их имеют односторонний ажур.

Модель тарелки вазы имеет двусторонний ажур, поэтому в при изготовлении фальшивой опоки и самой формы есть некоторые особенности.

Процесс изготовления литейной формы тарелки вазы начинают с приготовления фальшивой опоки. Для этого модель тарелки укладывают на гладкой модельной плите, накрытой опокой, и набивают ее смесью. Затем заформованную опоку вместе с модельной плитой переворачивают, снимают модельную плиту и извлекают из опоки модель. Отпечаток просветов модели в опоке хорошо заглаживают, и очищенную от песка модель снова укладывают в опоку в прежнем положении. Легкими ударами деревянного молотка осаживают модель так, чтобы образующиеся при этом

Рис. 65. Ажурная ваза

в просветах модели болванчики поднялись до половины высоты модели.

Загладив поверхность разъема вокруг модели, припыливают ее древесноугольным порошком и устанавливают нижнюю опоку. Установленную опоку плотно набивают жирной формовочной смесью, так как она впоследствии будет представлять собой фальшивую опоку. Затем обе опоки переворачивают и осторожно снимают верхнюю. На болване в нижней опоке, где осталась модель, примачивают просветы и удаляют модель. Таким образом, на поверхности болвана нижней (фальшивой) опоки образовались болванчики, равные по высоте стенке модели. Полученную фальшивую опоку окончательно отделяют и для прочности сушат.

Литейную форму тарелки вазы изготавливают так:

1. На болван фальшивой опоки укладывают модель и устанавливают верхнюю опоку формы. В середине модели ставят специально подогнанный по модели щелевой стоек. Поверхность модели припыливают, насеивают слой облицовочной смеси и формируют верхнюю полуформу.

2. Заформованную верхнюю опоку перевертывают вместе с фальшивой опокой, последнюю снимают. Смочив просветы в модели, удаляют ее из верхней полуформы и тщательно приглаживают отпечатки просветов. Заглаженную поверхность в опоке припыливают и укладывают в нее хорошо очищенную модель в прежнем положении.

Легким ударом деревянного молотка модель осаживают в опоке до половины толщины стенки модели, как это делалось при набивке фальшивой опоки, поверхность разъема после осадки модели заглаживают. Смачивание просветов, заглаживание их отпечатка в опоке и осаживание модели необходимы для придания большей прочности болванчикам в верхней опоке во избежание обрыва их при снятии верхней опоки с модели, находящейся на болване нижней опоки. Кроме того, эти операции вызваны тем, что возможно частичное разрушение болванчиков в фальшивой опоке (поломка, обсыпка, износ), а это приводит к искажению поверхности разъема болванчиков в просветах модели и разрушению их при извлечении модели из верхней полуформы.





3. Устанавливают нижнюю опоку, поверхность разъема модели припыливают, насыпают облицовочную смесь. Наполняют опоку наполнительной смесью, уплотняют ее. Излишек смеси с опоки срезают, накальвают вентиляционные каналы, переворачивают обе полуформы.

4. Удаляют модель литника, осторожно снимают верхнюю полуформу. Небрежность при снятии верхней полуформы может привести к срыву болванчиков. В нижней полуформе через проемы в модели слегка смачивают болванчики водой и осторожно снимают модель с болвана. После отделки поверхности обеих полуформ их припыливают древесноугольным порошком и производят подчеканку отпечатка хорошо прочищенной моделью.

В процессе подчеканки формы особое внимание следует обращать на правильность положения модели при укладке ее в форму. Укладка модели в иной, чем она была ранее, положении приводит к смятию болванчиков и искажению поверхности полости формы. Чтобы исключить это, полезно делать на краю модели небольшую метку (например, черту мелом), и перед первым удалением ее из формы отметить положение этой метки на поверхности разъема формы.

5. Перед заливкой каждую из опок подсушивают (подкапывают).

### § 53. Формовка цепочек

Уральские мастера издавна славятся искусством отливки изделий из чугуна. Одним из примеров совершенства их мастерства является отливка цепочек.

Сложность изготовления литейных форм цепочек заключается в малых размерах их моделей. Достаточно сказать, что отливка такой чугунной цепочки из 36 звеньев имеет длину 120 мм и весит всего 20 г.

**Формовка цепочки браслета.** Модель цепочки браслета (рис. 66, а) состоит из четырех частей: звена — прицепки б, двух звеньев в, основания — затвора г и затвора д.

Процесс формовки цепочки браслета включает следующие операции:

1. Первое звено — начало цепочки — отливают по модели одного звена с прицепкой без ушков, как обычную отливку.

2. Для отливки (приливки) следующего звена по модели двумя неподвижно скрепленных звеньев изготавливают литейную форму (рис. 66, е).

3. Верхнюю полуформу снимают и ставят разъемом вверх. В нижней полуформе, где осталась модель, к первому звену по направлению его больших сторон прорезают два питателя сечением, меньшим, чем у прилегающего звена. Толстые питатели приводят к поломке тонкой отливки звена при их удалении. После прорезки питателей удаляют из формы модель звеньев.

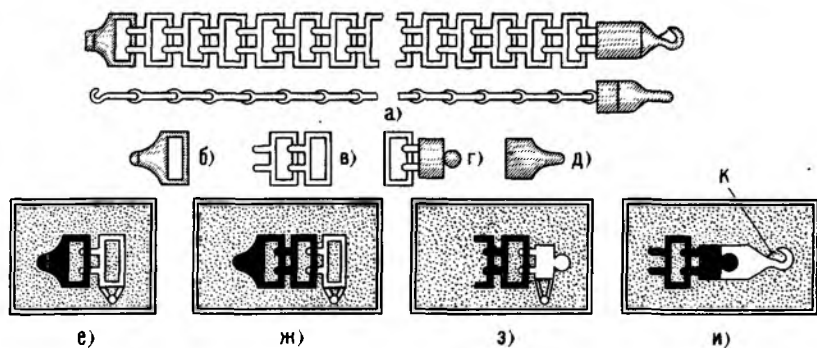


Рис. 66. Процесс формовки цепочки браслета

4. В отпечаток второго звена (без питателей) закладывают ранее отлитое и обработанное звено цепочки так, чтобы его боковая часть поместилась в центре отпечатка ушков первого звена. Сторону звена, которая заливается в ушках вновь отливаемого звена, перед укладкой в форму смачивают маслом и равномерно посыпают мелким песком для того, чтобы она не сварилась с ушками отливаемого звена цепочки (рис. 66, ж).

5. Готовую форму собирают для заливки. Понятно, что заливать такую форму, в которой отливка имеет толщину стенки не более 0,8 мм, следует при соответствующем перегреве металла. Осторожно выбив остывшую отливку, получают два звена цепочки, причем одно из них прилито к другому так, что если первое звено поворачивать в ушках второго (прилитого), присыпанный ранее слой песка разрушится и одно звено будет свободно вращаться в ушках другого.

6. Для отливки третьего звена снова берут модель, состоящую из двух звеньев, заформовывают ее так же, как и в предыдущем случае (см. пп. 2, 3). После удаления модели в отпечаток звена (без питателей) вставляют только что прилитое к первому второе звено. Как и в первом случае, у него смачивают маслом и присыпают мелким песком ту сторону, которая укладывается в отпечаток ушков приливаемого звена. Далее обе полуформы припыливают и собирают для отливки третьего звена браслета (рис. 66, ж). Продолжая таким образом приливать каждый раз по звену, получают цепочку с необходимым числом звеньев. Закончив отливку цепочки браслета, приливают к его последнему звену крючок. Для этого заформовывают модель основания крючка со звеном (рис. 66, з). В отпечаток модели звена вставляют последнее звено цепочки (рис. 66, з). Подготовив и залив форму, получают браслет с прилитым основанием крючка.

После этого изготовляют литейную форму самого крючка. В отпечаток модели крючка вставляют отливку его основания (рис. 66, и) с предварительно смоченными маслом и присыпанными

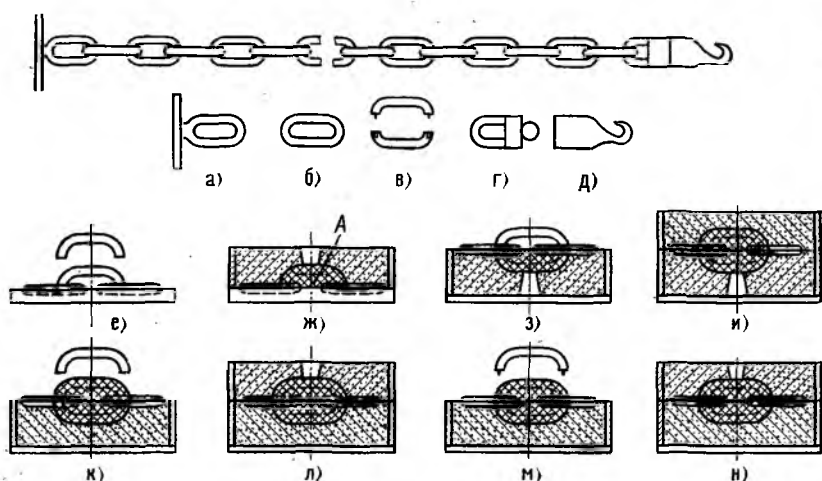


Рис. 67. Процесс формовки цепочки к часам

мелким песком, шариком и торцом, на котором он расположен. Кроме этого, в отпечаток модели крючка вставляют плоскую стальную защелку (рис. 66, и), которая частично зальется металлом в теле крючка. Обе полуформы припыливают и собирают для заливки.

Операции при изготовлении форм цепочки подобны выполнению ювелирных работ; они сложны еще тем, что цепочка располагается каждый раз в опоке рядом с полостью формы отливаемого звена. Малейшее смещение цепочки при отделке и сборке формы влечет поломку формы.

**Формовка цепочки к часам** производится по модели, состоящей из нескольких частей: модели первого звена *a* (рис. 67), модели второго звена *б*, разъемной модели третьего звена *в*, модели основания *г*, крючка *д*. Изготовление форм производится так: сначала отливают по модели первое звено *a*; после этого по модели второго звена обычным способом по-сырому отливают отдельные звенья цепочки; затем каждые два отлитых звена соединяют приливаемым третьим. Эта операция производится следующим образом.

1. На специальной модельной плите укладывают два отлитых звена, в середину того и другого ставят в вертикальном положении половинку модели третьего звена (рис. 67, *е*).

2. Под установленной моделью звена изготовляют часть перекидного болвана *A*. Загладив и припылив болван, на плиту устанавливают верхнюю опоку, на модель звена — модель шелевого стояка и изготовляют верхнюю полуформу (рис. 67, *ж*).

3. Полуформу перевортывают, плиту снимают, устанавливают вторую половину модели звена (рис. 67, *з*), под ней, как и под первой, выполняют перекидной болван.

4. После припыливания поверхности разъема формы и болвана устанавливают и формируют нижнюю опоку (рис. 67, *и*). Затем полуформу снимают для удаления половины модели звена (рис. 67, *к*).

5. После удаления модели нижнюю полуформу устанавливают на место и вместе с верхней перевертывают (рис. 67, *л*).

6. Верхнюю полуформу снимают, удаляют с болвана вторую половину модели звена (рис. 67, *м*). В верхней полуформе прочищают литниковый канал, полуформы припыливают и собирают для заливки (рис. 67, *н*).

Залив форму и выбив отливку, получают три звена цепочки. Повторяя описанные выше операции, получают следующие три звена и так далее. Таким образом, соединяя отдельные части, получают цепочку с нужным числом звеньев. На конце цепочки приливают основание крючка. Для этого в отдельной форме отливают основание крючка. Затем способом соединения двух звеньев, описанным выше, основание крючка приливают к последнему звену цепочки. Последним приливается крючок. Процесс изготовления его литейной формы аналогичен вышеописанному для цепочки браслета.

#### Вопросы для повторения

1. Как подразделяются отливки художественно-архитектурного литья?
2. Каковы особенности литья ажурных отливок?
3. Как подразделяются модели ажурных отливок?
4. Какие требования предъявляются к формам для ажурного литья?
5. Каково отличие моделей с односторонним ажуром от модели с двусторонним ажуром?
6. Почему не применяют специальные фигурные модельные плиты для формовки ажурных отливок?
7. Каков порядок формовки тарелки по модели с односторонним ажуром?
8. Каков порядок операций при формовке по модели с двусторонним ажуром?
9. Для чего и как осуществляют кратковременную сушку (подкапчивание) форм ажурных отливок?
10. Из каких операций состоит процесс формовки цепочки браслета?
11. Каков порядок формовки цепочки к часам?

§ 54. Сущность кусковой формовки

Рассмотренные выше способы изготовления литейных форм относятся к формовке по моделям, конфигурация которых позволяет извлекать их из формы, не повредив стенок последней. Такие модели имеют, как правило, гладкую поверхность и достаточные формовочные уклоны. Модели художественных отливок на боковых стенках имеют различного рода впадины, выступы или рисунки, затрудняющие удаление их из формы без повреждения ее стенок. Поэтому для изготовления литейных форм по этим моделям нельзя применять способы формовки, описанные выше.

При изготовлении литейных форм бюстов, статуэток и других художественных изделий применяют более сложные способы формовки. Одним из наиболее распространенных способов формовки художественных отливок является способ кусковой формовки.

Сущность способа кусковой формовки разберем на простейшем примере.

Барельеф (рис. 68, а) на лицевой поверхности имеет поднутрения 1, 2, 3, препятствующие съему с модели верхней части формы. Для того чтобы снять форму, не повреждая ее стенок, надо убрать поднутрения, как бы сгладить поверхность модели. Такое сглаживание-выравнивание поверхности модели выполняют в процессе изготовления литейной формы путем набивки на поднутрениях модели отдельных частей формы — кусков из формовочной смеси так, чтобы каждый из них мог сниматься с модели без повреждения на нем отпечатка поверхности модели. Если куски прилегают друг к другу, их разделяют в форме слоем древесноугольного

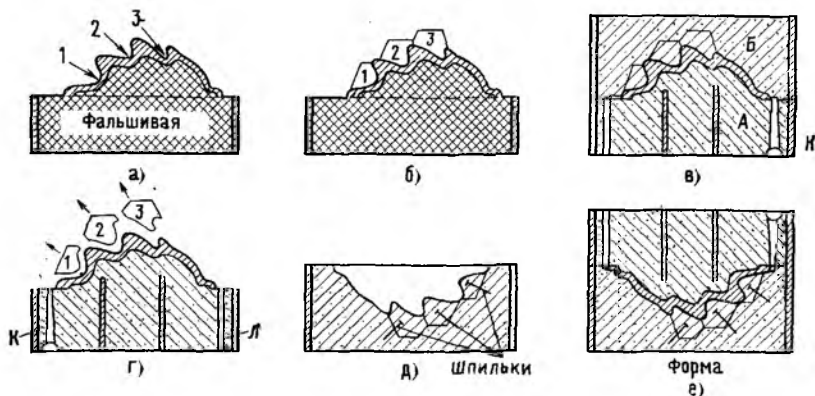


Рис. 68. Кусковая формовка барельефа

порошка или лycopодия. Наружную поверхность кусков 1, 2, 3 (рис. 68, б) подрезают в виде болванов с пологими стенками, чтобы с них удобнее было снять полуформу (рис. 68, в). Кроме того, на поверхности кусков для фиксации положения их в форме вырезают знаки в виде продолговатых углублений. По модели с заформованными кусками, припылив поверхность разъема, модели и кусков, изготавливают нижнюю полуформу Б (рис. 68, в). Заформованную опоку вместе с фальшивой перевертывают, фальшивую снимают, а на оставшейся нижней полуформе заформовывают верхнюю полуформу А с литниковым каналом К и выпором Л (рис. 68, г). Перевернув обе полуформы вместе, нижнюю снимают так, чтобы модель с прилегающими к ее поверхности кусками осталась на верхней полуформе А (рис. 68, г), расположенной в данном случае внизу.

Куски снимают с модели плоской иглой в таком направлении, чтобы не повредить на них отпечаток поверхности модели. Снятые с модели куски отделяют и по имеющемуся на них знаку укладывают на соответствующее место в снятой нижней полуформе. Чтобы куски не выпадали и не смещались, при дальнейших операциях с формой их укрепляют шпильками или приклеивают (рис. 67, д). Таким образом, в нижней полуформе получают полный профиль поверхности модели, составленный из отдельных кусков формы. Части формы с прикрепленными кусками, как правило, сушат, так как куски набивают из недостаточно газопроницаемой, жирной формовочной смеси.

Приведенный пример является простейшим случаем кусковой формовки. Форма в данном случае имеет сравнительно небольшое число кусков, расположенных на одной стороне модели или в одной опоке. Формы более сложных изделий могут иметь несколько десятков кусков, расположенных на всей поверхности модели.

### § 55. Кусковая формовка по-сырому

При кусковой формовке для изготовления формы, особенно ее частей-кусков, прилегающих к поверхности модели, обычно применяют жирные формовочные смеси. Эти формы заливают после сушки. Однако несложные формы с небольшим числом кусков, расположенных на боковой поверхности модели, можно изготавливать и из обычных формовочных смесей, применяемых для формовки по-сырому. Если форму изготавливают способом кусковой формовки, а для набивки кусков используют формовочную смесь, применяемую для форм, заливаемых в сыром виде, такой способ называют *кусовой формовкой по-сырому*.

Примером изготовления формы таким способом является формовка пепельницы «Палубок» (рис. 69). Латунная модель состоит из трех частей: палубка, его головки и полозьев. Полозья отливают отдельно и монтируют на «палубке» в процессе механической

обработки отливки пепельницы. Формовка палубка состоит из следующих операций:

1. Модель палубка без отъемной части (головки) укладывают на специальную подмодельную плиту (рис. 69, а). Заднюю стенку модели, имеющую поднутрение, не позволяющее снять верхнюю полуформу с модели, не повреждая стенки формы, припыливают и изготавливают на ней кусок 1 из облицовочной смеси. Поверхность куска хорошо заглаживают и посыпают разделительным песком или припыливают древесноугольным порошком.

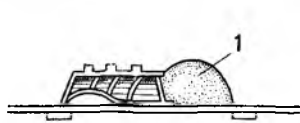
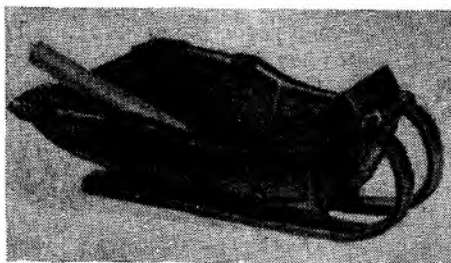
2. Модель с набитым куском накрывают верхней опокой, устанавливают подогнанный по дну модели щелевой стояк и изготавливают верхнюю полуформу обычным способом.

3. Готовую полуформу перевертывают вместе с подмодельной плитой, плиту снимают. Отделяют поверхность разъема формы. На модель устанавливают отъемную головку 2 (рис. 69, б), поверхность разъема посыпают разделительным песком.

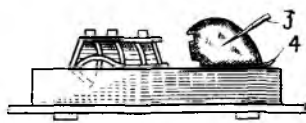
4. На основание куска накладывают листок бумаги 4, полость модели заполняют облицовочной смесью и уплотняют ее. Заглаживают поверхность разъема и, присыпав ее разделительным песком, устанавливают нижнюю опоку и изготавливают в ней нижнюю полуформу.

5. Обе полуформы перевертывают, из верхней удаляют модель щелевого стояка, снимают верхнюю полуформу, при этом модель с прилегающим к задней стенке куском остается на нижней полуформе.

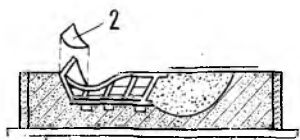
6. Прилегающий к задней стенке модели кусок отодвигают от стенки модели за конец бумажки, находящейся под ним, и



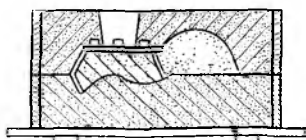
а)



б)



в)



г)

Рис. 69. Процесс формовки пепельницы'

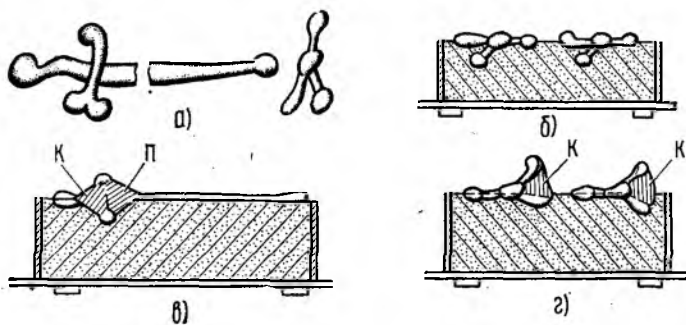


Рис. 70. Процесс формовки шпаги к статуэтке «Мефистофель»

иглой 3 на такое расстояние, чтобы можно было снять модель с болвана, не задевая куски (рис. 69, в). Перед тем как отодвинуть кусок, его положение отмечают на плоскости разреза формы.

7. Расшатать слегка модель, снимают ее с болвана. Болван припыливают для подчеканки формы.

8. Удалив модель с болвана, после подчеканки пинцетом вынимают отъемную часть модели—головку. Кусок подвигают к болвану на прежнее место. Разрез готовой формы показан на рис. 69, г

**Формовка шпаги.** Аналогичным вышеописанному способу, но с двумя сырыми кусками изготавливают форму для отливки шпаги к статуэтке «Мефистофель».

Формовку производят по металлической модели (рис. 70, а) с помощью фальшивой опоки (рис. 70, б). После изготовления на фальшивой оплке нижней полуформы подрезают поверхность разреза в ней до середины толщины нижнего ограничителя модели шпаги с обеих сторон. Хорошо припылив подрезанную поверхность, по левую сторону ограничителей рукоятки шпаги накладывают облицовочную смесь, уплотняют и подрезают ее в виде куски К (рис. 70, в). Боковая вертикальная стенка куски должна проходить между верхними и нижними ограничителями. Верхняя поверхность куски должна начинаться от середины высоты верхнего ограничителя и наклонно спускаться до поверхности разреза по рукоятке. Смежный с куском К кусок П изготавливают таким же образом, но по правую сторону ограничителя рукоятки. После подрезки кусков их слегка смачивают водой для увеличения прочности. Затем устанавливают верхнюю опоку и формируют ее. Верхнюю полуформу снимают так, чтобы модель и прилегающие к ней куски остались на модели в нижней полуформе. Слегка постукивая по модели, куски отодвигают в стороны для удаления модели. После извлечения модели куски придвигают на прежнее место, форму припыливают и собирают для заливки.

Кусковая формовка по-сырому удобна тем, что форму перед заливкой не сушат, так как куски и форму набивают из смеси



с достаточной газопроницаемостью, однако применение ее возможно лишь для формовки моделей, имеющих поднутрения только на боковой поверхности.

### § 56. Кусковая формовка по-сырому

Способом кусковой формовки по-сырому изготавливают литейные формы сравнительно простых художественных изделий.

В приведенных примерах формовки для удаления модели из формы заформованные куски из формы не вынимали, а лишь отодвигали по плоскости разъема формы на расстояние, допускающее свободное извлечение модели. Поэтому кускам такой формы не нужна особая прочность.

Большинство моделей художественных изделий — модели фигур человека, животных, птиц — более сложны и по форме, и по рельефу их поверхности. Для извлечения таких моделей из формы требуется изготавливать в форме большее число кусков, расположенных не только на боковых частях модели, но и на ее верхней и нижней поверхностях. При удалении модели из формы куски, расположенные на верхних частях модели, невозможно передвигать, как это делалось при кусковой формовке по-сырому; их следует убирать совсем. В этом случае формовщик вынужден, убирая куски, брать их в руки, отделять их поверхность и укладывать на соответствующее место в опоку. Чтобы куски не разрушались при таких операциях, они должны быть достаточно прочными. Поэтому в сложных формах художественных изделий куски изготавливают на модели из специальной формовочной смеси с содержанием до 25—30 % глины. Кроме того, повышение содержания глины в облицовочных смесях для кусковой формовки диктуется и необходимостью хорошей пластичности смеси для получения резкого отпечатка сложной поверхности модели. Но так как с применением жирных формовочных смесей ухудшается газопроницаемость литейной формы, то ее обычно перед заливкой сушат. Поэтому процесс изготовления таких форм носит название *кусовой формовки по-сырому*.

Чтобы ясно представить способ кусковой формовки по-сырому, разберем несколько примеров формовки по моделям более сложных художественных изделий.

**Формовка чернильницы** (рис. 71). Модель чернильницы состоит из нескольких частей: латунного разъемного корпуса головы (*a*), шляпы (*b*), пера (*в*) и основания (*г*). Все детали чернильницы, за исключением корпуса головы, отливают в сырых формах. Корпус головы формуют способом кусковой формовки, форму заливают после сушки. В процессе изготовления литейной формы чернильницы модель головы используют как стержневой ящик для изготовления стержня.

Порядок выполнения основных операций следующий:

1. Изготовление литейной формы начинают со стержня. Для этого разъемную модель соединяют, полость ее заполняют стерж-

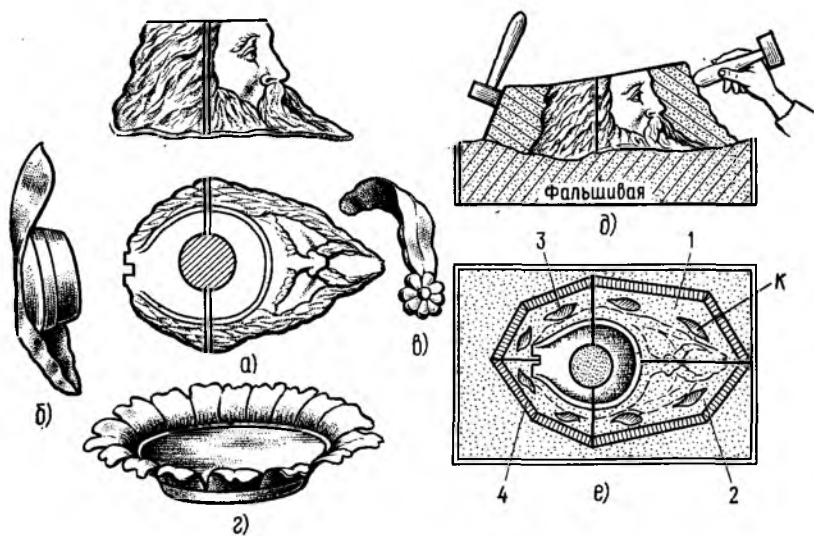


Рис. 71. Процесс кусковой формовки чернильницы

невой смесью и уплотняют ее. Затем хорошо подрезав и загладив смесь, на нижнем торце вырезают знак для фиксации стержня в форме.

2. Модель с находящимся внутри стержнем укладывают в фальшивую опоку, поверхность модели и разъема припыливают древесноугольным порошком. На боковой части модели (у правой щеки) накладывают облицовочную смесь, уплотняют и подрезают ее в форме куска 1 (рис. 71, д). Верхняя плоскость куска должна быть на уровне верхнего края модели. Две боковые вертикальные плоскости: одна — по плоскости разъема модели, вторая — по середине лица, вдоль носа и бороды. Боковую ломаную поверхность, соприкасающуюся с формой, подрезают наклонно до поверхности разъема формы. На верхней поверхности куска вырезают углубление — знак К (рис. 71, е). Поверхность подрезанного куска припыливают сухим угольным порошком.

3. Припылив поверхность модели, таким же образом готовят кусок 2.

4. Аналогичным способом готовят куски 3 и 4, расположенные на задней части модели.

5. Затем на фальшивой опоке с «болваном», образованном кусками, формируют нижнюю опоку. Верхний слой смеси в ней во избежание поломки поверхности кусков, расположенных вокруг модели, уплотняют деревянным брусом.

6. Заформованную нижнюю опоку перевертывают вместе с фальшивой, последнюю снимают. Дополнительно уплотняют куски сверху и выполняют подрезку, если это необходимо для

извлечения модели. Припылив образовавшуюся поверхность разъема формы, устанавливают верхнюю опоку и изготавливают в ней верхнюю полуформу. Вентиляционные каналы в ней выполняют так, чтобы они попадали в стержень.

7. Обе полуформы перевертывают. Затем приподняв один край нижней полуформы (она наверху), легко ударяют по смеси деревянным молотком для того, чтобы модель и куски не могли остаться в ней, снимают нижнюю полуформу.

8. В снятой полуформе исправляют отпечаток. С модели, оставшейся в верхней полуформе, снимают куски, начиная с любого, так как они расположены вокруг модели в один ряд. Куски исправляют, припыливают, излишек древесноугольного порошка с внутренней поверхности кусков обметают мягкой кисточкой из перьев и укладывают куски на песчаную постель для сушки.

9. Перед удалением модели на поверхности разъема в верхней полуформе прорезают стояк и питатели, затем удаляют из опоки модель; раскрывая ее, извлекают стержень и так же, как куски, укладывают его на песчаную постель сушильной плиты.

10. После сушки кусков и обеих полуформ в нижней укрепляют стержень, укладывают вокруг него куски и собирают форму для заливки.

## § 57. Формовка бюстов

Особенность изготовления литейных форм бюстов по сравнению с другими видами художественного литья состоит в том, что модели их всегда имеют сложную поверхность, точность выполнения которой является непременным условием получения качественной отливки. В этом случае малейшее искажение в форме отпечатка поверхности модели приводит к нарушению портретного сходства отливки с оригиналом. Поэтому правильное деление сложной поверхности модели на части и изготовление на ней кусков представляет основную сложность процесса формовки бюстов.

При изготовлении этих форм формовщик должен помнить следующие правила:

1. При изготовлении фальшивой опоки укладывать модель в опоку так, чтобы наиболее сложная часть ее поверхности (с поднутрениями и выступами) располагалась вверху. Лучше, если часть модели, углубляемая в фальшивую опоку, не имеет поднутрений, а стало быть кусков.

2. В процессе изготовления кусков следует стремиться сосредоточить большее их число в нижней полуформе. Куски к верхней полуформе приходится крепить, чтобы они не могли выпасть из нее в процессе сборки формы. В то же время сами операции крепления кусков к стенке формы могут привести к их разрушению.

3. Изготовление кусков в форме следует производить снизу с поверхности фальшивой опоки, постепенно заполняя поднутренные места модели до верха.

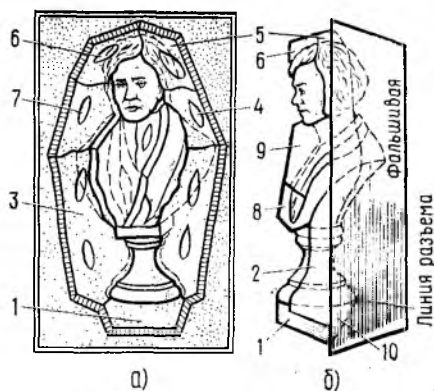


Рис. 72. Процесс формовки настольного бюста

4. При делении поверхности на части нужно выделять для каждого куска возможно большую поверхность модели. Одним куском следует закрывать несколько смежных поднутрений, имеющих аналогичный уклон так, чтобы кусок мог быть снят с поверхности модели в одном направлении.

Правильность деления поверхности модели на части, для изготовления на них кусков, зависит от опыта формовщика. Менее опытный формовщик, опасаясь неудач при разборке формы и извлечении из нее модели, всегда изготавливает формы с большим числом кусков; при этом он тратит больше времени на их изготовление, разборку и сборку формы. Квалифицированный, опытный формовщик делает так, чтобы каждый из кусков охватывал возможно большую часть поверхности модели. Тем самым он сокращает число кусков в форме, меньше времени тратит на изготовление формы. Производительность труда такого формовщика значительно выше. Кроме того, улучшается качество отливаемых изделий. Меньшее число кусков в форме дает соответственно меньшее число швов на поверхности отливки, благодаря чему сокращается процесс механической обработки изделия, устраняется возможность случаев отклонения формы изделия от оригинала-модели.

В качестве примера сложной формовки в кусках рассмотрим формовку настольного бюста (рис. 72). Литейную форму настольного бюста изготавливают по неразъемной латунной модели. Формовка состоит из следующих операций:

1. Начинают с изготовления фальшивой опоки способом вдавливания модели. В фальшивой опоке модель укладывают в положение на «спине» (рис. 72, б). Оформив поверхность разъема, модель припыливают и приступают к набивке кусков формы в порядке и местах, показанных на рис. 72, а.

2. Кусками заформовывают части поверхности модели, имеющие поднутрения, с которых трудно снять полуформу, не повредив ее стенок. Части модели, с которых можно снять форму без повреждения (лицо, борт одежды и верхняя часть основания — постамент бюста), оставляют незаформованными.

Набивку кусков в форме начинают с куска 1, расположенного у основания бюста. Подрезав поверхность куска на верхней его грани, вырезают знак.

3. Куски 2 и 3 изготавливают на боковых поднутрениях модели. Границы этих кусков проходят так: нижняя — по поверхности фальшивой опоки, верхняя — по борту одежды.

4. Набивают кусок 4, располагающийся на плече и примыкающий к соседнему куску 2. Кусок 2 хорошо присыпают (натирают) древесноугольным порошком и заглаживают, чтобы при разборке формы он легко отделялся от кусков, примыкающих к нему, а в процессе изготовления последующих кусков — чтобы не прилипла к его поверхности формовочная смесь.

5. Таким же порядком один за другим изготавливают куски 5, 6 и 7, располагающиеся вокруг головы бюста на фальшивой опоке.

6. На верху модели изготавливают куски 8 и 9, прикрывающие собой шею и борт рубашки (рис. 72, б).

7. Припылив поверхность кусков и оставшуюся свободную от кусков часть модели, на фальшивую опоку устанавливают нижнюю опоку. Свободную от кусков часть модели припыливают, обкладывают облицовочной смесью. Оставшуюся часть опоки заполняют наполнительной формовочной смесью и уплотняют ее так, чтобы получить достаточную плотность формы и не повредить прилегающие к поверхности модели куски.

В том случае, если при формовке остается свободная (незакрываемая кусками) поверхность модели, опоку набивают в два приема. Первый заканчивается после того, как уплотненная в опоке формовочная смесь будет составлять над поверхностью модели слой 25—30 мм. После этого опоку снимают, очищают мягкой щеткой поверхность модели, припыливают ее древесноугольным порошком и, установив снятую опоку, продолжают засыпать в нее смесь и уплотнять ее до верха. Такую операцию называют подчеканкой формы. Цель подчеканки при кусковой формовке та же, что при формовке по-сырому, — увеличение резкости отпечатка поверхности модели в форме. Выполнение подчеканки при кусковой формовке отличается тем, что ее производят не моделью, а формой, прижимая ее к припыленной древесноугольным порошком модели в процессе второго этапа уплотнения формы.

Для получения ровной поверхности смеси в опоке и предотвращения возможности поломки кусков верхний слой смеси в опоке уплотняют деревянным бруском. В этом случае сила удара распределяется на большую часть поверхности смеси, соответственно и давление на куски в опоке более равномерное. Уплотненную таким образом поверхность смеси в опоке натирают сухим древес-

ноугольным порошком, чтобы исключить возможность прилипания к ней смеси, что может привести в дальнейшем к выдавливанию формы при установке ее в пресс для заливки.

8. Нижнюю полуформу перевертывают вместе с фальшивой опокой, последнюю снимают. Дополнительно уплотняют поверхность кусков вокруг модели и подрезают их до получения необходимой поверхности разъема формы. Для удобства крепления конца каркаса стержня, который будет вставляться в форму при сборке, необходимо, чтобы разъем формы проходил через центр основания модели бюста. Поэтому поверхность разъема у основания модели подрезают до его середины, а оставшуюся часть набивают куском 10 (рис. 72, б), являющимся продолжением куска 1 в верхней полуформе.

9. Закончив набивку куска 10, единственного, который будет располагаться в верхней полуформе, поверхность модели припыливают, ставят верхнюю опоку и производят ее формовку в два приема с подчеканкой.

10. Снимают верхнюю полуформу, исправляют в ней отпечаток модели, снимают кусок 10 с нижней полуформы и укладывают его на соответствующее по знаку место в верхней. Кусок 10 следует закрепить приколкой или приклеить клеем, так как он может выпасть при накрывании нижней полуформы верхней.

Способ крепления кусков в форме приклеиванием, применяемый на некоторых заводах художественного литья, не удобен, так как происходит неплотное прилегание кусков в форме и образуется грубый шов на отливке. На поверхности разъема в верхней полуформе в плечо бюста прорезают литниковый канал, от центра головы — выпор.

11. Поверхность разъема в нижней полуформе припыливают, устанавливают на нее деревянную рамку, равную размерам опоки, заполняют ее наполнительной смесью и, прикрыв деревянным щитком сверху, перевертывают вместе с нижней полуформой.

12. Нижнюю полуформу снимают, легко ударяя деревянным молотком по поверхности смеси в ней так, чтобы модель с прилегающими к ней кусками осталась на смеси в рамке. Рамку используют для того, чтобы было удобнее снимать куски с модели, так как некоторые из них приходится перемещать в направлениях, где была поверхность нижней полуформы.

13. Ланцетом и специальной иглой снимают с модели куски в порядке, обратном их изготовлению (последний кусок снимают первым). В каждом куске (после снятия с модели) исправляют возможные повреждения, припыливают поверхность древесноугольным порошком, излишек его сметают мягкой кистью. Готовые куски укладывают на песчаную постель для сушки.

14. По специальному стержневому ящику изготовляют центральный стержень для формы.

15. Обе полуформы, куски и стержень сушат.

## § 58. Изготовление стержня в полости формы

К внутренней полости в художественных отливках не предъявляют особых требований по точности размеров и формы; ее делают в основном для уменьшения массы отливки, толщины ее стенок. Кроме того, художественные изделия изготавливают обычно в небольших количествах. Для разовых изделий делать стержневой ящик для изготовления стержня не всегда выгодно, так как значительно повышается стоимость отливки. Стержни для разовых отливок можно изготавливать без стержневых ящиков, используя для этого полость самой литейной формы. Такой способ называется «Изготовление стержней в полости формы».

Процесс изготовления стержня в полости формы состоит из следующих операций:

1. Полость нижней полуформы с уложенными кусками приливают и заполняют стержневой смесью. В небольших формах смесь осторожно уплотняют руками, чтобы не повредить поверхность кусков формы.

2. На поверхность смеси в полости укладывают обмазанный белой глиной каркас, состоящий из полой металлической трубки 2 и поперечника 1 (рис. 73, а), так чтобы концы его опирались на поверхность разъема формы.

3. Поверх каркаса снова накладывают стержневую смесь и подрезают ее в виде болвана, равного по объему полости в верхней полуформе. Затем смесь уплотняют прессованием, накрывая несколько раз ее припыленной верхней полуформой так же, как при изготовлении стержня в стержневом ящике с глухой полостью. При каждом снятии опоки контролируют поверхность стержня; там, где необходимо, подсыпают или срезают смесь, и по степени заполнения стержнем отпечатка полуформы и плотности поверхности судят о готовности стержня.

4. С уплотненной поверхности стержня, после снятия верхней полуформы, формовщик осторожно тельным ланцетом снимает слой смеси, равный толщине будущей отливки. Это одна из ответственных операций при изготовлении стержня, от точности выполнения которой зависит качество получаемой отливки. Не-

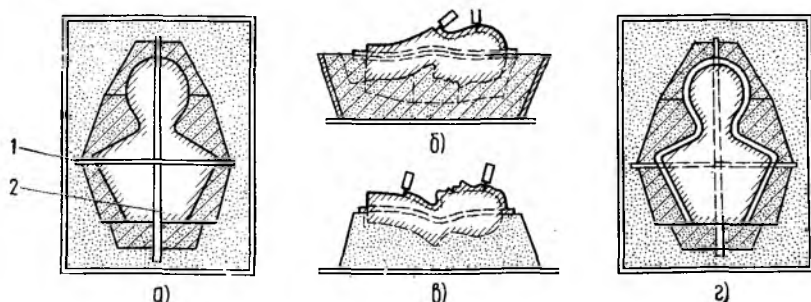


Рис. 73. Процесс изготовления стержня в полости формы

равномерный срез слоя смеси со стержня может быть причиной брака отливки. Если, например, со стержня снят слой смеси недостаточной толщины, возможно незаполнение формы при заливке, если снят слой смеси больше заданной толщины стенки отливки, возможен пригар на поверхности отливки.

Поэтому при изготовлении крупных стержней для равномерного снятия слоя смеси со стержня поверхность его припыливают и накальвают на глубину, равную толщине стенки отливки специальным шаблоном-наколкой (рис. 73, б). После этого формовщик свободно срезает со стержня необходимый слой смеси, ориентируясь на хорошо заметные следы накола. Подрезанную поверхность стержня хорошо заглаживают, для упрочнения поверхностного слоя его смачивают и припыливают.

5. На поверхность разъема нижней полуформы накладывают деревянную рамку высотой немного больше подрезанного стержня и заполняют ее наполнительной смесью. Над стержнем в смеси закладывают чугунную плиту — драйер, на который стержень будет помещен в печь.

6. Нижнюю полуформу вместе с рамкой перевертывают и снимают так, чтобы куски и стержень остались на смеси в рамке. Затем куски снимают со стержня так же, как их снимали с модели, при удалении ее из формы. Поверхность стержня, как и нижнюю его часть, подрезают на заданную толщину стенки отливки (рис. 73, в), смачивают и вместе с плитой и смесью как на драйере отправляют сушить. Излишек смеси на пластинке вокруг стержня следует убрать, это обеспечит более высокую скорость и равномерность просушки стержня.

Способ изготовления стержня в полости формы удобен, однако использовать его для форм с тонкой и сложной внутренней поверхностью не рекомендуется, так как при изготовлении стержня полость формы теряет резкость отпечатка модели.

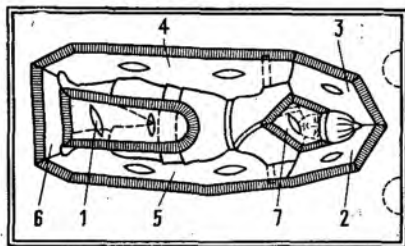
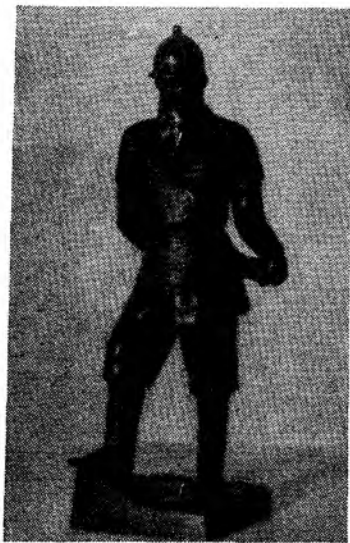
### § 59. Формовка статуэток

Художественные отливки могут состоять не из одной фигуры или части, как бюсты, а из целого ряда связанных между собой определенной темой фигур. Например: «Орел на скале», «Медведь у пня», «Олени на горе» и т. п. Такие художественные отливки называют *статуэтками*.

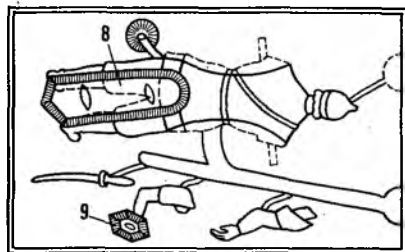
Изготовление цельной литой статуэтки представляет большую сложность, поэтому такой способ почти не применяют. Чаще всего статуэтки отливают по частям, т. е. по составляющим их фигурам, а в процессе механической обработки отдельно отлитые фигуры собирают в статуэтку. Кроме того, для удобства формовки иногда делят на части и отдельные более сложные фигуры статуэток (голова, туловище, руки, ноги). Рассмотрим несколько примеров изготовления литейных форм статуэток.

**Формовка статуэтки «Ермак»** (рис. 74). Бронзовая модель состоит из двух основных частей: фигуры Ермака и постамента.





а)



б)

Рис. 74. Процесс формовки статуэтки «Ермак»

Кроме того, модель фигуры Ермака делится на части: корпус, две руки и клинок. Все эти части модели отливают отдельно и собирают на постаменте в процессе механической обработки. Фигуру Ермака и отдельные ее части (руки и клинок) обычно формуют в одной опоке, форму заливают после сушки. Постамент статуэтки отливают в сырой форме.

Процесс формовки статуэтки следующий:

1. Изготавливают фальшивую опоку путем вдавливания модели в заформованную опоку в положении на спине. При массовом производстве отливок выгоднее вместо фальшивой опоки отливать металлическую плиту с поверхностью фальшивой опоки и формовать на ней. -

2. В фальшивую опоку или на плиту укладывают модель фигуры «Ермака», рядом помещают модели рук и клинка (рис. 47, б). На лицевой поверхности модели набивают семь кусков в порядке, показанном на рис. 74, а.

3. После подрезки и прикрашивания кусков на фальшивую опоку устанавливают и заформовывают в два этапа с подчеканкой нижнюю опоку формы.

4. Нижнюю полуформу вместе с фальшивой опокой переворачивают, фальшивую опоку снимают. Дополнительно уплотняют основания кусков, подрезают поверхность разъема. На поверхности модели изготавливают кусок 8. На ладони согнутой руки изготавливают кусок 9 (рис. 74, б).

5. Устанавливают верхнюю опоку и формуют ее, как и нижнюю, в два приема с подчеканкой. Форму раскрывают, с модели сни-

мают куски 8 и 9 и прикалывают их на соответствующие места в снятой верхней полуформе. Из нижней полуформы удаляют модели руки и клинка.

6. На нижней полуформе формируют рамку и перевортывают ее вместе с полуформой. После снятия нижней полуформы куски с модели снимают в порядке, обратном их изготовлению, и укладывают на песчаную постель.

7. Изготавливают стержень по стержневому ящику или в полости формы в зависимости от числа изготавливаемых отливок.

8. В верхней полуформе прорезают литниковый канал, как показано на рис. 74, б.

9. Обе полуформы, куски и стержень сушат, после чего форму собирают для заливки.

**Формовка статуэтки «Орел на скале»** (рис. 75). Модель статуэтки состоит из двух основных частей: орла и постамента-скалы. Каждую из частей отливают отдельно и собирают в статуэтку в процессе ее механической обработки. Формовку постамента (скалы) производят по чугунной пустотелой модели. Для удобства формовки полость у модели постамента заделывают металлической планкой.

Процесс формовки постамента:

1. Модель укладывают в фальшивую опоку в положении на заднюю стенку (рис. 75, а).

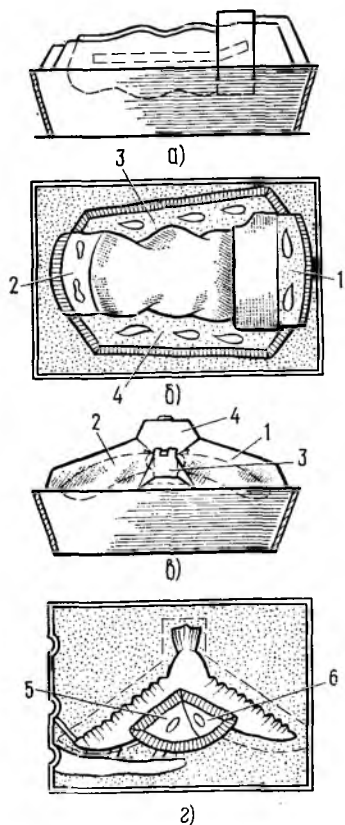


Рис. 75. Процесс формовки статуэтки «Орел на скале»



Рис. 76. Статуэтка «Сядящийся всадник»

На уложенной модели набивают два куска: 1 — на основании скалы, 2 — на вершине ее (рис. 75, б).

2. Подрезав и прикрасив куски 1 и 2, набивают смежные с ними куски 3 и 4 на боковых поверхностях модели. Ввиду больших размеров кусков их лучше изготовлять с каркасами.

3. На фальшивую опоку с моделью устанавливают нижнюю опоку и формируют ее с подчеканкой.

4. Нижнюю полуформу вместе с фальшивой опокой перевертывают, фальшивую опоку снимают. В нижней полуформе производят

доуплотнение кусков и подготовку поверхности разъема формы.

5. Устанавливают верхнюю опоку и формируют ее так же, как и нижнюю с подчеканкой.

6. Верхнюю полуформу снимают, исправляют в ней отпечаток поверхности модели, прорезают литниковую систему.

7. На нижней полуформе устанавливают деревянную рамку, заполняют ее формовочной смесью и, накрыв щитком, перевертывают вместе с нижней полуформой. Нижнюю полуформу снимают так, чтобы модель с прилегающими к ее поверхности кусками осталась на смеси в рамке.

8. Снимают с модели куски 4 и 3, а затем куски 2 и 1, после отделки укладывают их в тазик с песчаной постелью для сушки.

9. По специальному стержневому ящику изготовляют стержень. Для больших форм изготовление стержня в полости формы неудобно, так как можно повредить стенки формы.

10. Обе полуформы, куски и стержень сушат и собирают форму для заливки.

Изготовление формы для отливки орла производят с фальшивой опокой, где модель располагается в положении «на спине» (рис. 75, в). В форме изготовляют шесть кусков, первые четыре (1—4) располагаются в нижней опоке (рис. 75, в), два последних (5 и 6) — в верхней (рис. 75, г). Порядок изготовления и расположения кусков на модели показан на рис. 75, в. Стержень с крестообразным каркасом изготовляют отдельно в стержневом ящике. Куски, стержень и обе половины формы сушат. После сушки форму собирают для заливки.

Лапы орла отливают отдельно в сырой форме. Для увеличения прочности в лапы заливают стальные прутки, на концах которых в процессе механической обработки нарезают резьбу. Резьба служит для крепления лап на корпусе орла.

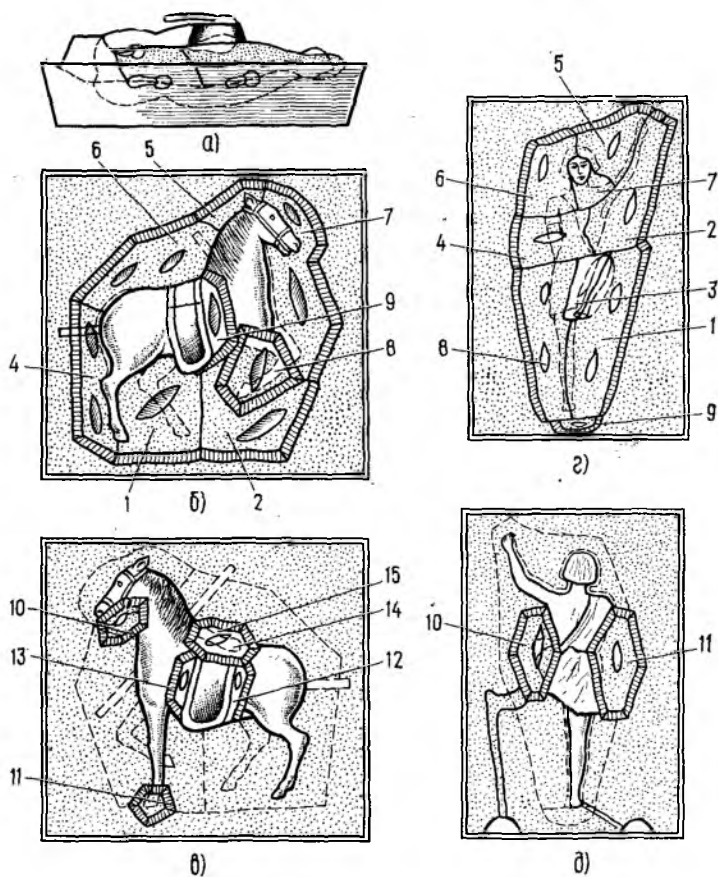


Рис. 77. Формовка статуэтки «Садящийся всадник»

**Формовка статуэтки «Садящийся всадник»** (рис. 76). Бронзовая модель статуэтки состоит из пяти частей: корпуса коня (передняя согнутая нога его для удобства формовки делается отъемной и соединяется с корпусом шипом в виде ласточкина хвоста), всадника, нижней части — накидки на коне, хвоста коня и постамента. Каждую из частей, кроме отъемной согнутой ноги коня и части накидки, отливают отдельно и собирают вместе на постаменте в процессе механической обработки отливки. Изготовление литейной формы коня составляет основную работу при отливке статуэтки. Сложность этой формы заключается в необходимости изготовления большого числа кусков как в нижней, так и в верхней полуформах.

Процесс формовки коня:

1. Модель корпуса коня закладывают в фальшивую опоку в положение на боку (рис. 77, а) так, чтобы передняя (согнутая) отъемная нога была наверху.

2. Припылив поверхность фальшивой опоки и модели, приступают к набивке кусков нижней полуформы. Порядок изготовления и расположения их на модели показан на рис. 77, б. Всего в нижней полуформе набивают девять кусков. На модели с кусками формируют с подчеканкой нижнюю опоку.

3. В нижней полуформе, перевернутой вместе с фальшивой опокой, изготавливают куски (всего их шесть) на второй половине модели (рис. 77, в). Некоторую трудность вызывает изготовление кусков 12 и 13, значительная масса которых располагается под накидкой, и кусков 14 и 15, заформованных на части руки (перекрывая друг друга). Не меньшую трудность, связанную с малыми размерами, и сложность рельефа модели под ними представляет изготовление кусков 10 и 11.

4. После подрезки кусков и поверхности разъема устанавливают верхнюю опоку и изготавливают в ней верхнюю полуформу. Заформованную полуформу снимают, прорезают в ней литник и выпор. Снимают с модели куски, устанавливают и прикалывают их в снятой полуформе.

5. На нижней полуформе заформовывают рамку. С модели в рамке убирают отъемную часть модели (накидку), прикрывающую кусок 9 (рис. 77, б), затем снимают с модели кусок 9, прикрывающий кусок 8. После этого снимают кусок 8 и отъемную часть согнутой ноги коня.

6. Разрушая заформованную смесь в рамке, снимают с модели боковые куски 6, 5, 4 и 3. Куски 1 и 2, расположенные между ног коня, удобнее снимать с модели, выбивая их после того, как модель изъята из смеси в рамке.

7. В полости нижней полуформы, образованной уложенными кусками, описанным выше способом изготавливают стержень. Сложность его изготовления — необходимость использования для уплотнения его верхней полуформы с приколотыми в ней кусками. После изготовления стержень и снятые с него куски и полуформы сушат.

**Ф и г у р ь в с а д н и к а** отливают отдельно.

1. Латунную модель всадника без половины правой руки (часть руки до локтевого сустава отливают вместе с корпусом коня) укладывают в фальшивую опоку в положение «на спине».

2. Припылив поверхность модели и фальшивой опоки, приступают к набивке кусков на лицевой части модели. Всего на этой стороне модели набивают девять кусков (порядок изготовления и расположение их на модели показан на рис. 77, а).

3. После набивки кусков на лицевой части модели на фальшивой опоке изготавливают с подчеканкой нижнюю полуформу.

4. Полуформу с фальшивой опокой перевертывают, на обратной стороне модели набивают куски 10 и 11 (расположение их на модели показано на рис. 77, д).

5. Припылив куски и поверхность разъема формы, устанавливают верхнюю опоку и изготавливают в ней с подчеканкой верхнюю

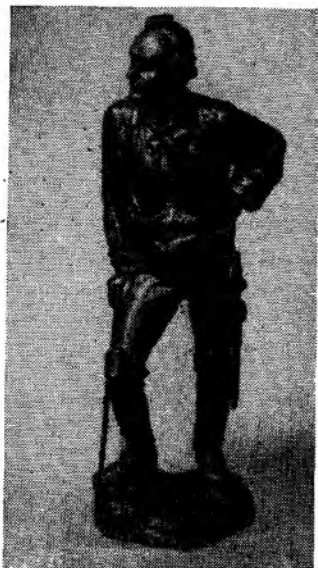
Рис. 78. Статуэтка «Суворов»

полуформу. Сняв верхнюю полуформу, устанавливают и прикалывают в ней снятые с модели в нижней полуформе куски 10 и 11. На разъеме в нижней полуформе устанавливают и заформовывают рамку. Рамку с опокой перевертывают, опоку снимают. С модели в рамке снимают куски, отделяют их и устанавливают в снятой нижней полуформе.

В полости нижней полуформы изготовляют стержень, обе полуформы, куски и стержень сушат.

#### **Формовка статуэтки «Суворов».**

Бронзовая модель статуэтки (рис. 78) состоит из двух частей: фигуры и шпаги. Костылек в правой руке делается из стальной проволоки и крепится (при сборке отливки) в руке на резьбе. Фигуру отливают вместе с постаментом в кусковой литейной форме по-сухому. Шпагу формуют отдельно и отливают в сырой форме. Основные операции и их последовательность при изготовлении формы аналогичны ранее рассмотренным случаям.



1. Модель статуэтки без шпаги укладывают в фальшивую опоку в положение «на спине» (рис. 79, а). У основания модели набивают первый кусок формы.

2. Подрезав и украсив древесноугольным порошком поверхность первого куска, изготовляют второй кусок, расположенный у ног (рис. 79, б).

3. Аналогично двум первым кускам на поверхности модели в фальшивой опоке набивают еще девять кусков, располагая их, как показано на рис. 79, в; на поверхности каждого куска вырезают знаки.

Фальшивая опока с кусками на модели изображена на рис. 79, г. На фальшивую опоку устанавливают нижнюю опоку формы и производят ее формовку (рис. 79, д) в два приема с подчеканкой. Набитую нижнюю опоку перевертывают вместе с фальшивой, фальшивую опоку снимают.

4. После съема фальшивой опоки основание кусков в нижней опоке дополнительно уплотняют (рис. 79, е).

5. Уплотненную поверхность основания кусков подрезают до образования необходимой поверхности разъема. Подрезанная поверхность разъема формы и границы кусков в нижней опоке показаны на рис. 79, ж.

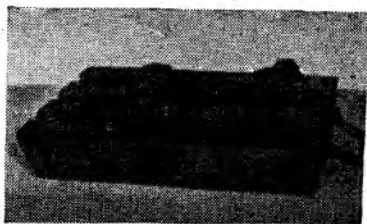


Рис. 79. а—д. Формовка статуэтки «Суворов»:

а — положение модели в фальшивой опоке



Рис. 79, б. Изготовление куска на модели

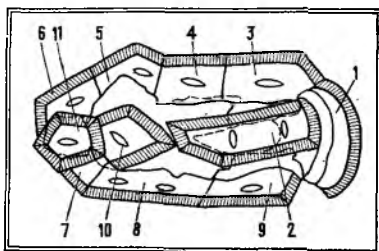


Рис. 79, в. Порядок изготовления кусков на лицевой поверхности модели

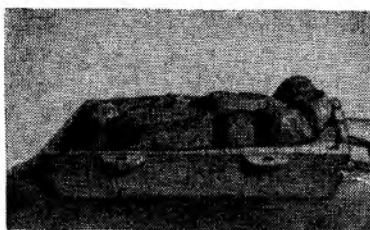


Рис. 79, г. Расположение кусков на модели в фальшивой опоке



Рис. 79, д. Формовка нижней опоки



Рис. 79, е. Уплотнение основания кусков в нижней опоке

6. На обратной стороне модели набивают оставшиеся шесть кусков формы. Порядок набивки и расположение их на модели изображен на рис. 79, з.

7. После набивки кусков на обратной стороне модели на нижнюю опоку устанавливают и набивают верхнюю полуформу.

8. Изготовленную верхнюю полуформу снимают. С поверхности модели в нижней опоке снимают куски (рис. 79, и) и прикалывают их в снятой верхней полуформе. В этой же полуформе прорезают литниковую систему.

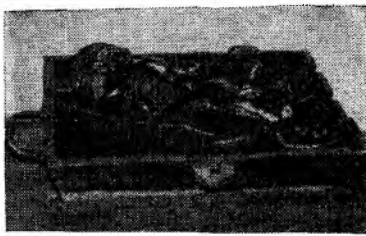


Рис. 79, ж. Подрезанная поверхность разъема формы и границы кусков в нижней опоке

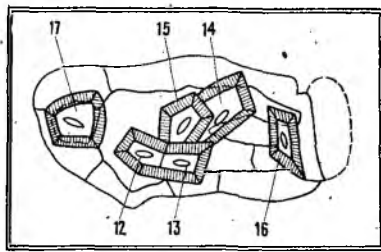


Рис. 79, з. Порядок изготовления и расположения кусков на оборотной стороне модели



Рис. 79, и. Съем куска с модели в нижней опоке

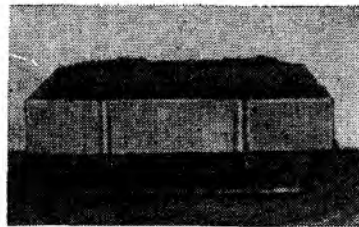


Рис. 79, к. Формовка рамки на нижней опоке



Рис. 79, л. Съем куска с модели после удаления рамки

9. На поверхности разъема нижней полуформы устанавливают деревянную рамку (рис. 79, к), заполняют ее наполнительной смесью и накрывают щитком. Нижнюю полуформу вместе с рамкой перевортывают и снимают с рамки так, чтобы модель и прилегающие к ее поверхности куски остались на смеси в рамке. Затем рамку убирают, куски снимают с модели (рис. 79, л) и укладывают в соответствующие места в нижней полуформе, если стержень для формы предполагается изготовлять в полости формы. В том случае, если стержень изготовляют в стержневом ящике, куски, снятые с модели, укладывают на песчаную постель в специальный тазик, в котором они поступают на сушку. Таким образом куски сушат отдельно от нижней опоки, при этом они просушиваются лучше и быстрее.

10. После сушки куски, стержень, верхнюю и нижнюю полуформы собирают в форму для заливки.



## § 60. Кусковая формовка в стержнях

Наиболее распространенным способом изготовления литейных форм художественных отливок является способ кусковой формовки. Однако вследствие сложности выполняемых операций этот способ требует от формовщика высокой квалификации и большого опыта. Технологический процесс кусковой формовки занимает много времени, поэтому производительность труда формовщика низкая. Способ кусковой формовки в большинстве случаев связан с необходимостью сушки изготовленных форм и их частей (кусков), на что тратится много времени и расходуется топливо; все это повышает стоимость выпускаемых отливок.

В современной практике производства малых скульптур нашел применение известный в производстве машиностроительных отливок способ кусковой формовки в стержнях. Способ состоит в том, что отдельные куски литейной формы изготавливают не на поверхности модели, что собственно и составляет основную сложность способа кусковой формовки, а в специально изготовленных стержневых ящиках. При этом размеры и поверхность стержней соответствуют размерам и поверхности кусков, изготавливаемых ранее на модели способом кусковой формовки.

Металлическую модель для кусковой формовки в стержнях располагают на двусторонней модельной плите. На участках модели, где устанавливают стержни (ранее куски), делают стержневые знаки. Число стержневых ящиков должно быть равно числу кусков — знаков на модели. На плите можно располагать несколько моделей в зависимости от размеров модели и знаков.

При наличии такой модели и стержневых ящиков изготовление литейной формы художественной отливки способом кусковой формовки в стержнях не представляет большой сложности. Опoki формируют по модельной плите с подчеканкой, как при обычном способе, формовочной смесью, применяемой для формовки по-сырому, а стержни-куски изготавливают, как обычные стержни, в металлических стержневых ящиках и, если необходимо, с применением каркасов. Физико-механические свойства стержневой смеси должны соответствовать свойствам смеси для набивки кусков обычной кусковой формовки. Кусковую формовку в стержнях рассмотрим на примере изготовления литейной формы пресс-папье «Чертик».

Пресс-папье формируют по двусторонней модельной плите с расположенными на ней двумя моделями и литниковой системой. Каждая из моделей имеет по два знака, соответствующих размерам изготавливаемых при обычной кусковой формовке двум кускам формы. Куски изготавливают по двум стержневым ящикам. Процесс изготовления литейной формы состоит в следующем:

1. Хорошо очищенную модельную плиту укладывают на перевернутую верхнюю опоку и накрывают нижней опокой так, чтобы штыри ее прошли через втулки плиты и ушки верхней опоки.

2. Поверхность модели в опоке припыливают и насеивают слой облицовочной смеси, предназначенной для форм, заливаемых в сыром виде. Затем оставшуюся часть опоки заполняют наполнительной смесью и уплотняют смесь обычным порядком.

3. Перевертывают обе опоки вместе с модельной плитой и точно так же изготавливают верхнюю полуформу.

4. Снимают верхнюю полуформу с плиты, а плиту — с нижней полуформы. Обе полуформы отделяют, в нижнюю полуформу на соответствующие места устанавливают заранее изготовленные и высушенные стержни-куски. Стержни изготавливают отдельно в стержневом отделении в специальных стержневых ящиках.

После установки стержней форму собирают для заливки. При формовке следует обращать внимание на точность установки стержней в знаках формы. В противном случае могут возникнуть перекосы и увеличенные швы между стержнем и стенкой знака. Перекосы могут возникнуть также при износе втулок плиты или штырей опоки.

Описанная кусковая формовка в стержнях более удобна по сравнению с обычной кусковой формовкой. Во-первых, она упрощает технологический процесс формовки, исключает необходимость иметь формовщиков высокой квалификации, так как формовка производится по модельной плите. Изготавливать куски в стержневых ящиках значительно проще, чем на модели. Во-вторых, способ кусковой формовки в стержнях дает возможность кусковые литейные формы заливать в сыром виде, исключает необходимость их сушки, которая при обычной кусковой формовке составляет значительную часть технологического процесса изготовления литейной формы. Все это повышает производительность труда и снижает себестоимость отливок.

### § 61. Формовка по разборной модели

Сложность технологического процесса изготовления литейной формы художественного изделия определяется возможностью удаления модели из формы. В рассмотренных нами способах кусковой формовки для удаления модели из формы приходилось разбирать форму на части и применять для изготовления отдельных частей прочные формовочные смеси, а форму перед заливкой сушить. Одним из способов упрощения процесса формовки и сокращения его продолжительности является применение разборной модели.

Сущность способа формовки по разборной модели состоит в том, что для удаления модели из формы разбирают по частям не форму, а модель. В этом случае модель художественной отливки делают из отдельных соединяющихся между собой при сборке частей.

При изготовлении разборной модели отливаемого изделия ее делят по плоскости разреза формы на две, по возможности равные части. Одну из частей делают такой, чтобы ее можно было

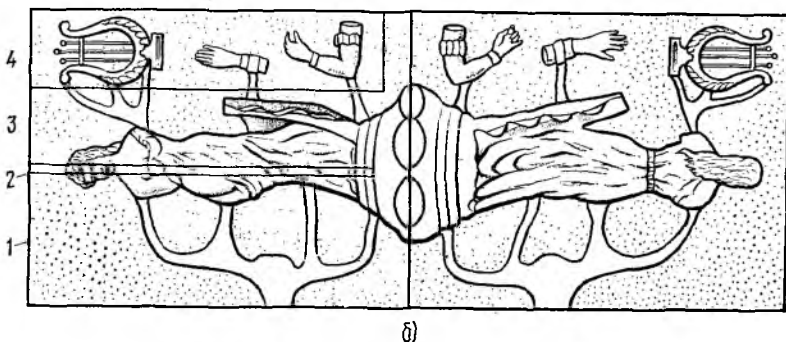
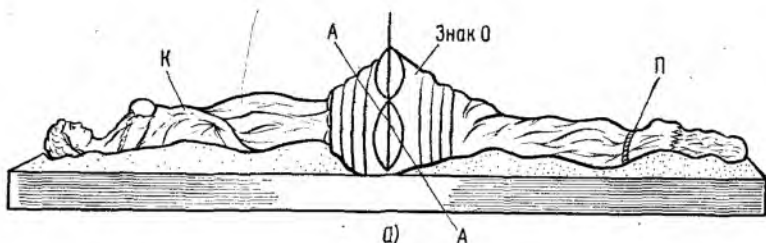


Рис. 80. Разборная модель статуэтки «Муза»

удалить из формы (не деля на части), не повредив отпечатка в форме. Вторую часть модели с более сложным рельефом, на которой при кусковой формовке набивают куски, делят на отдельные части.

Деление производят с таким расчетом, чтобы каждую из частей модели можно было удалить из формы в направлении, соответствующем формовочным уклонам выступов и поднутрений ее лицевой стороны, не повредив отпечатка в форме. На границе соединения отдельных частей модели могут образоваться в форме, а затем и на отливке, швы, величина которых будет зависеть от точности прилегания частей модели между собой. Поэтому части модели при изготовлении должны быть точно подогнаны друг к другу. Должно быть обеспечено необходимое направление их движения при удалении из формы.

Конструкцию разборной модели и процесс формовки по ней рассмотрим на примере изготовления статуэтки «Муза». Для изготовления формы корпуса модель статуэтки без обеих рук и лиры делят по вертикальной плоскости разреза формы, проходящей через плечи, на две части *К* и *П*. Затем обе части укладывают основаниями вместе в фальшивую опоку (рис. 80, а) на некотором расстоянии друг от друга так, чтобы это расстояние могло служить впоследствии знаком 0 для установки общего для двух отпечатков стержня. Там же устанавливают разрезанные модели рук и лиры.

По установленным таким образом половинам модели способом кусковой формовки отливают реверсивную модельную плиту, лицевая сторона которой показана на рис. 80, б. После этого модельную плиту разрезают на две части — левую и правую — по линии АА (рис. 80, а). Поверхность модели, расположенной на правой части плиты, не сложна. Поэтому эту часть модели можно легко удалить из формы, не повредив ее стенок. На второй части плиты (левой) расположена часть модели с более сложной поверхностью. Эту часть плиты (для возможности удаления модели из формы) делят на четыре части 1—4, причем среднюю часть 2 делают клинообразной. На четвертой части плиты расположены модели обеих рук и лиры.

Все части модельной плиты хорошо обрабатывают и тщательно подгоняют друг к другу. Выполняются наделки, компенсирующие удаленный металл при разрезке плиты.

Изготовленные таким образом части реверсивной модельной плиты собирают в рамке с конусными внутренними стенками и закрепляют в ней. Рамку с уложенными частями плиты монтируют на столе формовочной машины с протяжкой модели или с поворотным столом. Изготовить такую модель сложно и дорого, и затраты на нее окупаются только при массовом производстве отливок. Сам же процесс формовки очень прост и заслуживает внимания.

Для изготовления литейной формы по разборной модели на модельную плиту в рамке устанавливают опоку и набивают ее способом обычной формовки по-сырому. Затем стол машины поворачивают так, чтобы модельная плита оказалась на опоке. Раскрепив детали плиты, удаляют их из формы. Удаление модели начинают с деталей левой части плиты. Движением вверх удаляют часть 4 и клинообразную часть 2. Затем в соответствии с направлением конусов поднутрений и выступов лицевой части модели удаляют части 1 и 3. Последней из формы удаляют первую часть плиты. Удаленные из формы части разъемной модели снова собирают в рамку, устанавливают ее на стол формовочной машины и изготавливают аналогично первой вторую полуформу. Для получения пустотелой отливки в полость формы ставят изготовленный в специальном стержневом ящике стержень один для двух отпечатков модели. Крепится стержень в общем знаке 0. При сборке формы верхняя полуформа при спаривании с нижней поворачивается в плоскости разъема на  $180^\circ$  для правильного совмещения отпечатков в полуформах.

Для формовки по разборной модели можно использовать формовочную машину с протяжкой модели. В этом случае части модели из формы удаляют с помощью специальных рычагов, смонтированных в машине.

Способ формовки по разборной модели по сравнению с кусковой формовкой более прост и при массовом производстве выгоден.

Процесс изготовления литейной формы по разборной модели производительнее, так как на разборку модели при удалении ее из формы тратится значительно меньше времени, чем на изготовление и разборку кусковой формы.

При квалифицированном изготовлении разборной модели число частей ее будет всегда меньше числа кусков в кусковой форме. Кроме того, число частей модели не зависит от квалификации и опыта формовщика, как число частей формы при кусковой формовке. Вследствие отсутствия кусков в форме ее можно изготовлять из смесей, предназначенных для форм, заливаемых в сыром виде, т. е. форму перед заливкой не надо сушить. Процесс формовки по разборной модели значительно легче поддается механизации, чем способ кусковой формовки.

#### Вопросы для повторения

1. Почему нельзя изготавливать литейные формы бюстов и статуэток обычным способом формовки?
2. В чем состоит сущность формовки в кусках?
3. Как правильно заложить модель в фальшивую опоку при формовке в кусках?
4. Какие правила следует соблюдать при набивке кусков?
5. Почему при кусковой формовке применяют жирные формовочные смеси?
6. Как подрезают поверхность кусков при формовке?
7. Для чего на поверхности кусков вырезают знаки?
8. Как увеличить резкость отпечатка модели в кусковой форме?
9. Как увеличить прочность крупных кусков в форме?
10. Как изготавливают куски на модели?
11. Как снимают куски с модели при удалении модели из формы?
12. Как крепят куски в верхней полуформе?
13. Когда применяют кусковую формовку по-сырому?
14. Как производится процесс формовки пепельницы «Палубок»?
15. Для чего при кусковой формовке на лицевой поверхности нижней полуформы формируется рамка?
16. Почему кусковые формы перед заливкой сушат?
17. Как изготавливается стержень в полости самой формы?
18. Какие недостатки имеет способ формовки в кусках?
19. В чем сущность кусковой формовки в стержнях?
20. В чем сущность формовки по разборной модели?
21. Как изготавливать разборную модель?
22. Какие преимущества и недостатки формовки по разборной модели?
23. Как производится формовка по разборной модели?

### § 62. Способы формовки по гипсовой модели

Оригиналы художественных изделий различного рода плоских деталей скульптурных групп изготовляют из пластилина, воска или гипса. Эти материалы удобны для лепки, но недостаточно прочны для моделей. Модели, изготовленные из пластилина и воска, легко изменяют свою форму под незначительным давлением. Оригиналы из гипса несколько прочнее, поэтому можно их использовать как модели. Однако при незначительной толщине стенки они тоже недолговечны. Поэтому гипсовые модели для большей прочности изготовляют с обратной стороны плоскими, т. е. без впадин, соответствующих рельефу их лицевой стороны. В противном случае гипсовая модель, имея тонкие стенки, может быть легко разрушена при формовке.

Гипсовая модель (вследствие малой плотности материала) имеет небольшую массу, отливка же, изготовленная по ней из металла, будет тяжелой. Кроме того, массивная отливка будет иметь на поверхности большой пригар формовочной смеси. Для уменьшения массы отливки на обратной стороне ее делают впадину, соответствующую рельефу лицевой стороны, т. е. толщину стенки отливки делают одинаковой по всей ее поверхности. На рис. 81 показаны гипсовая модель барельефа и отлитая по ней отливка. Рельеф на обратной стороне отливки делает в процессе изготовления литейной формы сам формовщик по заданной толщине стенки будущей отливки.

Существует два способа формовки по гипсовой модели: с рамкой и с подрезкой болвана.

### § 63. Формовка с рамкой

Формовку с рамкой применяют при изготовлении литейных форм по гипсовым моделям, имеющим небольшую высоту и пологие стенки типа барельефов. Процесс изготовления формы заключается в следующем.

1. Гипсовую модель укрепляют неподвижно на подмодельной плите с отверстиями для штырей нижней опоки. На модельной плите с укрепленной гипсовой моделью формируют нижнюю опоку с подложенной под края рамкой; при этом смесь уплотняют особенно тщательно (рис. 82, а). Высоту рамки делают равной толщине тела будущей отливки.

2. Заформованную опоку перевертывают вместе с подмодельной плитой.

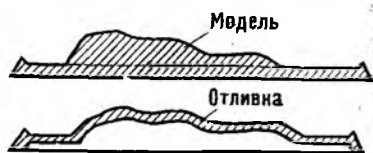
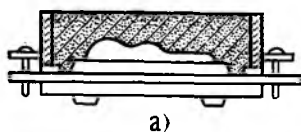


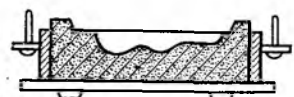
Рис. 81. Барельеф, его гипсовая модель и металлическая отливка

4. Образовавшийся после удаления рамки выступ формочной смеси над краями опоки срезают по всей поверхности разреза формы до уровня краёв опоки (рис. 82, б). Таким образом, в полуформе получают отпечаток, который меньше высоты модели на величину толщины подкладываемой под края опоки рамки или толщины будущей отливки.

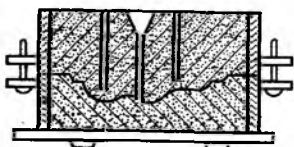
5. По отпечатку в нижней опоке, как по модели, набивают верхнюю полуформу с литниковым каналом и выпором (рис. 82, в).



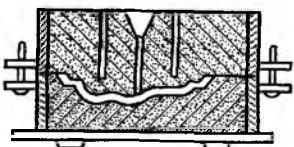
а)



б)



в)



г)

Верхнюю опоку формируют более внимательно и аккуратно, так как непрочную поверхность песчаной модели можно легко повредить при уплотнении смеси трамбовкой.

6. Удалив щелевой литник, верхнюю полуформу снимают, исправляют и отделяют. Заформованную вначале нижнюю опоку с рамкой, служившую моделью для изготовления верхней полуформы, выбивают.

7. Выбитую нижнюю опоку устанавливают на модельную плиту с прикрепленной моделью и формируют ее без рамки.

8. Нижнюю полуформу переворачивают, модельную плиту с моделью снимают, отделяют получившийся отпечаток модели, прорезают питательный литниковый канал.

9. Полуформы барельефа собирают (рис. 82, г).

Рис. 82. Процесс формовки по гипсовой модели с рамкой

## § 64. Формовка по гипсовой модели с подрезкой болвана

Изготовление литейной формы по гипсовой модели способом формовки с рамкой можно применять не всегда. Например, если гипсовая модель имеет высокие вертикальные стенки с малым уклоном, то при формовке ее с рамкой эти стенки отливки получатся значительно тоньше верхних, и металл при заливке может заполнить не всю полость формы, а только ее верхнюю часть.

В таких случаях при формовке по гипсовой модели применяют способ формовки с подрезкой болвана. Процесс формовки сводится к следующему:

1. На подмодельную плиту с прикрепленной моделью, как и прежде, устанавливают верхнюю опоку и формуют ее, сильно уплотняя в ней смесь (рис. 83, а).

2. Заформованную опоку вместе с плитой перевертывают, подмодельную плиту с моделью снимают (рис. 83, б).

3. Полученный отпечаток припыливают и по нему, как по модели, формуют нижнюю опоку, устанавливая элементы крепления болвана (рис. 83, в).

4. Опoки перевертывают, верхнюю снимают с болвана нижней полуформы (рис. 83, г).

5. Сняв нижнюю опоку, выбивают и производят ее повторную формовку на подмодельной плите с моделью, изготавливая на этот раз верхнюю полуформу с литниковой системой (рис. 83, д).

6. Поверхность болвана в нижней полуформе припыливают и накалывают специально приготовленным щупом на глубину, равную толщине стенки будущей отливки (рис. 83, е).

Затем поверхность болвана на глубину наколов срезают и хорошо заглаживают.

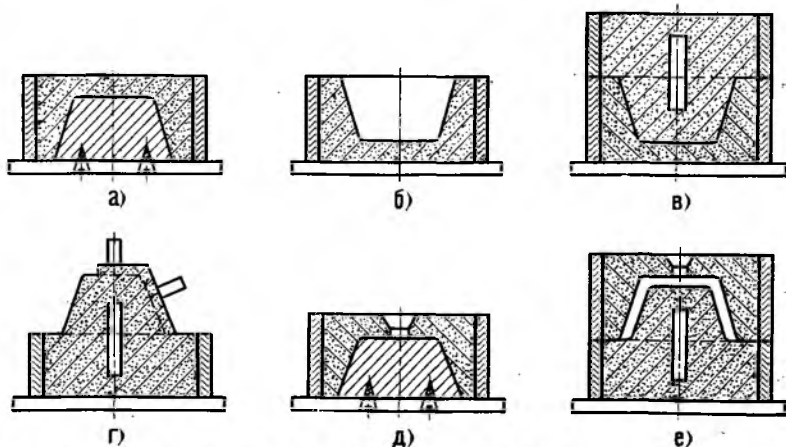


Рис. 83. Формовка по гипсовой модели с подрезкой болвана



7. Нижнюю и верхнюю полуформы спаривают для заливки (рис. 83, е). При массовом или серийном производстве отливок формовку по гипсовым моделям не производят, так как гипсовая модель не прочна и требует от формовщика чрезвычайно аккуратного обращения. Кроме того, при формовке по массивной гипсовой модели приходится иметь дело с формовкой по отпечатку модели, верхней или нижней опоки, что требует от формовщика большого опыта. Все это делает формовку по гипсовым моделям непроизводительной. При большом числе отливок барельефов и подобных им изделий выгоднее и проще отливать описанным выше способом металлическую модель и, обработав ее, изготовлять по ней отливки обычным способом в двух опоках с нижним или верхним болваном.

Литейные формы объемных художественных изделий (бюсты, статуэтки и др.) изготовляют по гипсовым моделям обычным способом, как и по металлическим моделям. Но применение гипсовых моделей при кусковой формовке ограничивается тем, что при подрезке кусков в форме на ее сравнительно мягкой поверхности остаются следы подрезов. Это является причиной того, что модель быстро становится непригодной для дальнейшей работы.

#### Вопросы для повторения

1. Почему гипсовые модели барельефов делают без впадины на обратной стороне?
2. Какие способы формовки по гипсовой модели применяют для получения отливки с равномерной толщиной стенки?
3. Для чего при формовке по гипсовой модели используют рамку и какой толщины?
4. Как изготовляют литейную форму по гипсовой модели с высокими вертикальными стенками?
5. Какие недостатки имеет гипсовая модель при кусковой формовке?

## ГЛАВА 12. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ОТЛИВОК ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

### § 65. Сущность способа

Сущность способа получения отливок по выплавляемым моделям состоит в том, что модель отливки и ее литниковой системы изготовляют из легкоплавких материалов (воска, парафина, стеарина, церезина и др.) путем запрессовки или заливки их в пресс-формы. Затвердевшую модель извлекают из пресс-формы, припаивают к литниковой системе, образуя модельный блок. На поверхность модельного блока наносят несколько слоев суспензии и обсыпки, которые после сушки создают на блоке высокоогнеупорную керамическую оболочку. Выплавив из оболочки модельный состав, получают тонкостенную оболочку литейной формы отливки. Полученную оболочку заформовывают в специальных неразъемных опоках, прокаливают и заливают расплавом.

Способ получения отливок по выплавляемым моделям в производстве художественных отливок не новый, им пользовались для литья скульптур из бронзы еще в древности. Преимущество такого способа — возможность получения тонких по форме, без швов на поверхности, не нуждающихся в особой механической обработке и сборке отливок. Однако трудность и продолжительность процесса изготовления литейной формы, высокая стоимость изготовления разовой модели с участием скульптора делали этот способ невыгодным, и в производстве скульптур применяют его редко. Этот способ заменили более удобным — способом кусковой формовки скульптур (по частям). С развитием промышленности и технического прогресса в XX в. усложнялись конструкции деталей, появились новые сплавы с более высокими свойствами, но часто трудно обрабатываемые резанием. Необходимо было повышать качество отливок, точность их размеров, чистоту поверхности, уменьшать, а иногда и ликвидировать припуск и механическую обработку.

В связи с возможностями получения сложных отливок с высокой точностью способ литья по выплавляемым моделям вновь привлекает внимание литейщиков.

В современном литейном производстве прежний способ получения отливок по выплавляемым моделям значительно усовершенствован. Изменились процесс изготовления выплавляемой модели, материалы модели, способы изготовления формы и удаления модели. Все это дало возможность:

- 1) получать отливки с высокой точностью размеров и чистой поверхности, с минимальным припуском на обработку из любых сплавов, в том числе не поддающихся ковке и штамповке и трудно обрабатываемых механической обработкой;
- 2) освободить оборудование, ранее применяемое для механической обработки заготовок;
- 3) экономно расходовать дорогостоящие материалы отливки;
- 4) сократить стоимость выпускаемых изделий.

В производстве художественных отливок применение современной технологии литья по выплавляемым моделям пока ограни-

чено трудоемкостью изготовления пресс-форм для сложных моделей, размером и массой скульптурных отливок. Однако нет сомнения, что дальнейшее совершенствование технологического процесса позволит более широко применять этот способ литья и в производстве художественных отливок.

Литье по выплавляемым моделям имеет следующие преимущества:

1. Использование неразъемной формы исключает образование на отливке швов и перекосов.

2. Высокоогнеупорная, механически прочная, с точным отпечатком поверхности модели внутренняя поверхность керамической формы позволяет получать отливки с чистой, не требующей сложной механической обработки и чеканки поверхности.

3. Значительно сокращается процесс сборки художественного изделия, так как возможность получения более сложных отливок позволяет сократить число отдельно отливаемых частей изделия.

4. Заливкой расплава в горячие формы обеспечивается хорошее их заполнение, снижаются внутренние напряжения в металле, уменьшается возможность коробления отливки. Кроме того, заливка в горячие формы чугуна обеспечивает получение отливок без отбела, сокращает дорогостоящий процесс ее термической обработки — отжиг.

5. Упрощается опочное хозяйство, сокращается стоимость опок.

6. При литье небольших изделий можно формовать в одной опоке несколько деталей, укрепленных на одном стояке.

7. При правильном использовании технологического процесса значительно сокращается стоимость получаемых изделий.

## § 66. Пресс-формы и их изготовление

Пресс-формой называют оснастку для изготовления выплавляемых моделей. По внешнему виду пресс-форма для моделей художественных отливок представляет собой стержневой ящик с глухой полостью. Внутреннее устройство пресс-формы аналогично устройству литейной формы, изготовленной способом кусковой формовки, с большим числом отъемных частей. Поэтому сложной и ответственной частью технологического процесса изготовления отливок по выплавляемым моделям является изготовление пресс-форм.

В зависимости от сложности отливаемых изделий и их числа пресс-формы могут изготавливаться из стали, чугуна, легкоплавких сплавов, гипса и пластмассы. Применять для изготовления пресс-форм медные и алюминиевые сплавы, особенно для внутренних частей, соприкасающихся с поверхностью модели, не рекомендуется. Медные сплавы, окисляясь, создают на поверхности модели налет, вызывающий пороки на отливке. Алюминиевые сплавы из-за низкой твердости не дают чистой и прочной

внутренней поверхности пресс-формы. В производстве кабинетных художественных отливок пресс-формы чаще всего изготавливают из чугуна или комбинированные. Внутренние части комбинированных пресс-форм делают из чугуна и легкоплавких сплавов на основе олова, свинца, висмута, сурьмы, а наружные оболочки — кожух — из чугуна или алюминия. Прочностью, чистотой поверхности и значительной износостойкостью отличаются пресс-формы, изготовленные из чугуна.

Точность размеров и чистота поверхности изготавливаемых в пресс-формах моделей зависит в основном от точности изготовления пресс-формы и ее конструкции.

При конструировании пресс-форм для моделей художественных отливок необходимо учитывать следующее:

1. Материал пресс-формы должен обеспечить ее прочность, четкость рисунка поверхности модели, хорошо чеканиться.

2. Расположение внутренних частей-кусков пресс-формы должно быть таким, чтобы обеспечивалась свободная сборка и разборка пресс-формы и легкое удаление из нее модели.

3. Литниковое отверстие, через которое производится заполнение пресс-формы модельным составом, должно подходить к толстому сечению модели во избежание на поверхности модели усадки.

4. Необходимо обеспечить возможность свободного выхода воздуха из полости пресс-формы в момент заполнения ее верхней части модельным составом.

5. Конструкция пресс-формы должна обеспечить прочность крепления ее частей. Недостаточная прочность крепления может вызвать выход модельного состава при запрессовке его под давлением. Неудачная конструкция крепления частей пресс-формы приводит к потере времени на крепление и разборку пресс-формы.

В зависимости от сложности формы и поверхности отливаемых изделий части пресс-формы могут быть изготовлены путем механической обработки специальной заготовки, литьем по металлической модели изделия или его оригиналу. Заготовки для пресс-формы можно также получать литьем по выплавляемым моделям. Для отливки небольшого числа моделей пресс-форму можно изготовить из формопласта.

Способ механической обработки пресс-формы применяют для моделей, имеющих более правильные геометрические формы. Для моделей художественных отливок пресс-формы удобнее изготавливать литьем.

Пресс-форму, как правило, отливают по оригиналу, приготовленному с учетом усадки модельного состава и отливки. В отливках художественных изделий линейная усадка, от которой зависит точность размеров изделия, не влияет на качество отливки. Поэтому при изготовлении пресс-формы для моделей художественных отливок нет необходимости в изготовлении специального оригинала, для этой цели можно использовать металлическую модель изделия.

Процесс отливки пресс-формы с применением легкоплавких сплавов состоит в следующем:

1. Очищенную металлическую модель изделия, для отливки которого делают пресс-форму, укладывают в фальшивую опоку, приготовленную из глины.

2. Поверхность модели заформовывают кусками из гипса обычным способом кусковой формовки. Общий контур всех кусков подрезают в виде конусного болвана, поверхность которого служит для изготовления внутренней поверхности половины кожуха отливаемой пресс-формы.

3. На гипсовом болване, как на модели, формируют опоку; получаемый в ней отпечаток болвана для получения внешней поверхности подрезают на глубину, равную толщине стенки будущего кожуха пресс-формы. Подрезкой же выполняют приливы для крепления и площадки для установки пресс-формы на столе при запрессовке модельного состава.

4. После подрезки опоку устанавливают на место. В образовавшееся пространство между гипсовым болваном и подрезанной поверхностью его отпечатка в опоке заливают алюминиевый сплав. Полученная отливка будет половиной кожуха пресс-формы.

5. Вторую половину кожуха отливают на нижней половине модели аналогично первой. Отливки обеих половин кожуха подвергают механической обработке, устанавливают детали крепления их между собой. После изготовления кожуха приступают к изготовлению внутренних частей-кусков пресс-формы.

6. Модель с прилегающими к ее поверхности гипсовыми кусками располагают в нижней половине кожуха пресс-формы, как в фальшивой опоке. Затем от гипсового болвана верхней части модели снимают один из кусков. На оставшуюся часть гипсового болвана устанавливают верхнюю часть кожуха. В кожухе над полостью снятого куска сверлят отверстие, через которое заливают легкоплавкий сплав, содержащий 87 % свинца и 13 % сурьмы.

7. Половину кожуха снимают, удаляют от модели отлитый металлический кусок, проверяют его исправность и, убрав с модели следующий гипсовый кусок, укладывают отлитый на прежнее место.

8. Кожух снова устанавливают на болван, в образовавшееся пространство от снятого с модели второго гипсового куска, через отверстие над ним в кожухе, заливают сплав, как и при отливке первого куска, чтобы исключить возможность сваривания кусков; поверхность соприкосновения у отлитого ранее куска смачивают окисью цинка.

9. Далее так отливают все оставшиеся вокруг модели куски, в том числе и на нижней половине модели.

10. В половинках кожуха пресс-формы, после отливки всех кусков, заделывают отверстия, используемые ранее для заливки

сплава, выполняют литниковое отверстие для запрессовки модельного состава.

Описанный способ литья пресс-форм удобен тем, что для отлитых на модели их частей-кусков не требуется большой механической обработки — чеканки лицевой поверхности и подгонки их между собой в кожухе пресс-формы. Пресс-формы с частями из легкоплавких сплавов удобны в изготовлении и дешевы, но недолговечны.

Слабая поверхность кусков быстро изнашивается, теряя четкость изображения поверхности модели.

Наиболее прочны пресс-формы, изготовленные из чугуна и латуни. Чугунные пресс-формы с кусками из латуни сложнее в изготовлении и дороже, однако продолжительный срок службы и удобства в работе вполне окупают затраты на их изготовление. Процесс литья пресс-форм из чугуна отличается от ранее описанного тем, что их части отливают не на поверхности модели, а в отдельных формах, изготовленных по гипсовым моделям (кускам гипсового болвана). Отлитые таким образом части после тщательной обработки и доводки собирают в кожухе пресс-формы, как в предыдущем способе.

При массовом производстве отливок по выплавляемым моделям изготовление пресс-форм литьем по выплавляемым моделям значительно упрощает технологию и сокращает стоимость отливки. Процесс изготовления пресс-формы при этом состоит, как и прежде, из двух этапов: отливки кожуха пресс-формы и внутренних ее частей.

Литье кожуха пресс-формы. 1. Модель изделия (рис. 84, а) укладывают на щиток со слоем пластилиновой подстилки *К*, габаритные размеры которой делают равными габаритным размерам опорной плоскости отливаемого кожуха с приливами для крепления частей пресс-формы (рис. 84, б).

2. На поверхности модели делают пластилиновый болван (рис. 84, в) подобно гипсовому болвану, выполняемому при литье частей пресс-формы из легкоплавких сплавов. Поверхность болвана подрезают, хорошо заглаживают и смазывают трансформаторным маслом.

3. На болван наносят слой гипса, поверхность которого подрезают вровень с краями подстилки *К* (рис. 84, г), так как габаритные размеры ее выполнены по внешнему контуру отливаемого кожуха. Верхнюю часть гипсового слоя срезают так, чтобы оставшийся слой имел толщину будущей стенки модели кожуха. Подрезанный слой гипса после снятия его с пластилинового болвана будет гипсовой моделью нижней части кожуха пресс-формы.

4. Гипсовую модель нижней части кожуха с расположенным внутри пластилиновым болваном и моделью изделия перевертывают вместе со щитком. Щиток снимают и удаляют пластилиновую подстилку с поверхности разъема.

5. Смазав поверхность разъема маслом, на нее, как и при изготовлении гипсовой модели нижней половины кожуха, наносят слой гипса, равный толщине стенки модели верхней части кожуха (рис. 84, *д*).

6. Края гипсового слоя подрезают по контуру нижней половины кожуха.

7. Гипсовые модели кожуха снимают (рис. 84, *е*).

По этим моделям отливают половины кожуха из чугуна. Полученные части обрабатывают и собирают. Готовый кожух пресс-формы изображен на рис. 84, *ж*.

Литье внутренних частей пресс-формы.

1. Модель изделия устанавливают на нижнюю часть готового кожуха пресс-формы (рис. 85, *а*). Накрывают модель верхней частью кожуха. Через отверстие в верхней половинке кожуха в полость между его стенками и моделью изделия запрессовывают модельный состав (рис. 85, *б*).

2. После затвердевания модельного состава верхнюю часть кожуха снимают, и от образовавшегося болвана отрезают часть, равную первому куску (рис. 85, *в*). Поверхность среза болвана и модели смазывают трансформаторным маслом, кожух устанавливают на место (рис. 85, *г*).

3. В образовавшуюся полость через отверстие над ней в кожухе запрессовывают модельный состав. После затвердевания получают выплавляемую модель первого куска пресс-формы.

4. Кожух снимают, от болвана отрезают часть, равную следующему куску (рис. 85, *д*). Установив кожух на место, в обра-

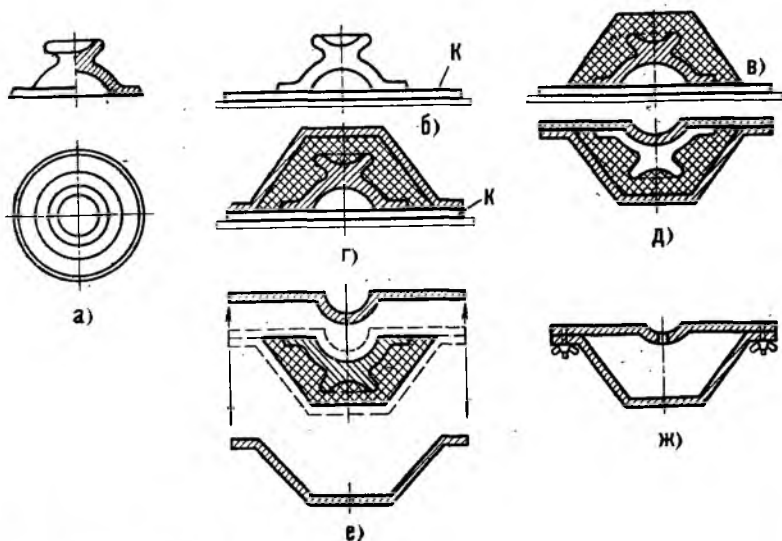


Рис. 84. Процесс отливки корпуса пресс-формы

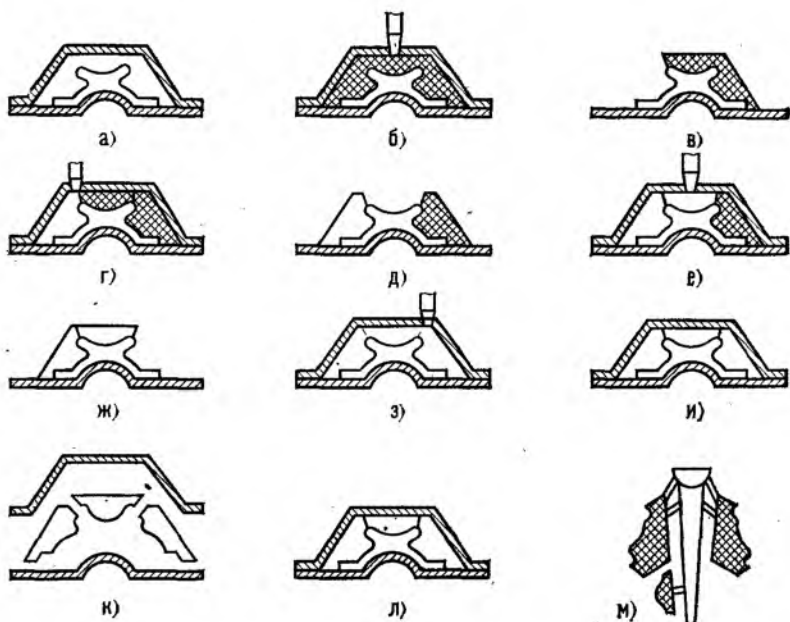


Рис. 85. Отливка внутренних частей пресс-формы

зовавшуюся под ним полость запрессовывают модельный состав (рис. 85, е) для получения модели второго куса пресс-формы.

5. Таким же образом изготавливают модель третьего и всех последующих кусков (частей) пресс-формы (рис. 85, ж, з, и).

6. Сняв верхнюю часть кожуха, снимают с модели парафино-стеариновые куски (рис. 85, к).

7. К полученным частям пресс-формы припаивают модели питателей и затем каждую часть припаивают к стояку (рис. 85, м). Модельный комплект готов для дальнейших операций получения отливки по выплавляемой модели.

Полученные литьем по выплавляемым моделям части пресс-формы удобны тем, что они имеют точные размеры и не требуют большого объема механической обработки, подгонки в кожухе, имеют четкий рисунок поверхности модели. Общий вид пресс-формы изображен на рис. 85, л. Для удобства работы верхний кусок пресс-формы крепят к верхнему кожуху, в дальнейшем они составляют одно целое. Крепление частей пресс-формы в процессе изготовления в ней модели производится клиньями, болтами с барашковыми гайками, прикрепленными к стенкам пресс-формы.

При массовом производстве отливок по выплавляемым моделям для изготовления моделей применяют многогнездные механизированные и автоматизированные пресс-формы, с пневматическими или гидравлическими механизмами открывания и закрывания



Таблица 15

Модельные составы,  
применяемые в производстве  
кабинетных художественных  
отливок

№ по пор.	Содержание компонентов в составах, % не менее			
	Стеарин	Парафин	Воск	Переплав
1	50	50	—	—
2	25	25	50	—
3	8	12	—	80
4	17	17	—	66

пресс-формы, с механизмами выталкивания готовых моделей. Для получения чистой поверхности модели рабочие поверхности пресс-формы полируют.

### § 67. Модельные составы

Выплавляемые модели изготавливают из легкоплавких материалов. В качестве исходных материалов

таких смесей, называемых модельными составами, используют парафин, церезин, буроугольный и торфяной воски, канифоль и другие материалы.

Для получения выплавляемых моделей высокого качества модельные составы должны обладать следующими основными свойствами:

1. Иметь достаточную прочность, твердость и теплостойкость, не размягчаться при температуре рабочего помещения.

2. Иметь необходимую жидкотекучесть, хорошо заполнять полость пресс-формы, четко воспроизводя ее рабочую поверхность.

3. Быстро затвердевать в пресс-форме, хорошо удаляться из нее при разборке.

4. Хорошо смачиваться суспензией, не взаимодействовать с ней и материалом пресс-формы.

5. Не прилипать к поверхности пресс-формы и рукам рабочего.

6. Иметь минимальные и стабильные усадку при охлаждении и расширение при нагревании.

7. Иметь возможность многократного использования.

8. Быть безвредным и безопасными для работающих.

9. Иметь невысокую стоимость.

Применяемые модельные составы подразделяют по температуре плавления — на легкоплавкие и тугоплавкие; по состоянию при введении в пресс-форму — на жидкие и пастообразные; по способу удаления из оболочки — на выплавляемые, выжигаемые и растворимые.

Легкоплавкие составы применяют для моделей небольших отливок и готовят в основном из парафина и стеарина (ПС 50-50, ПСВ 17-17-66). Преимущество таких модельных составов, имеющих низкую температуру плавления, — удобство выплавления моделей, возможность повторного использования выплавленного из форм модельного состава, недостаток — низкая температура размягчения и невысокая прочность моделей. Тугоплавкие модельные составы применяют для моделей крупных

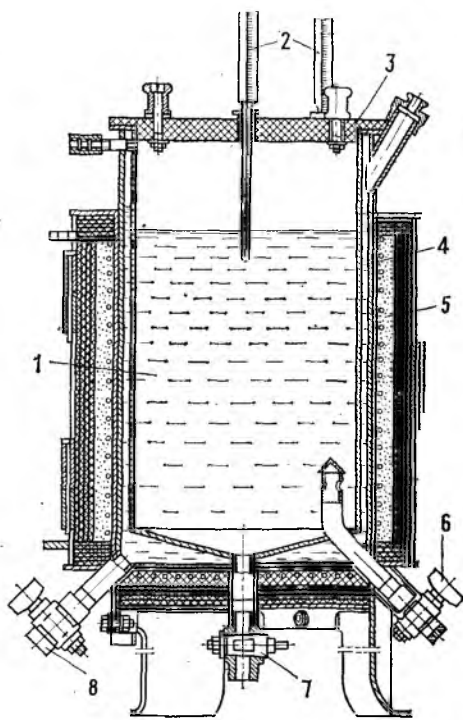
Рис. 86. Электрованна для плавления модельного состава

отливок с повышенной точностью размеров и прочностью поверхности. Наиболее часто используют состав КПсЦ 50-30-20 (50 % канифоли, 30 % полистирола, 20% церезина). Растворимые модельные составы готовят на основе технической мочевины с добавкой в качестве пластификатора 2%-ной борной кислоты.

В производстве кабинетных художественных отливок для изготовления выплавляемых моделей наибольшее применение получили парафино-стеариновые модельные составы (табл. 15) с использованием возврата (модельного состава, выплавленного из оболочек). Преимуществом таких составов является легкость выплавления моделей, позволяющая использовать такие способы выплавления, при которых модельный состав значительно теряет свои свойства и может быть использован вновь для изготовления моделей.

Приготовление модельного состава. Технология приготовления модельного состава зависит от применяемых для него материалов, объема производства отливок и степени его механизации. Парафино-стеариновые модельные составы готовят в водяных электрованнах или термостатах. Рабочий бак 1 такой ванны (рис. 86) помещают в резервуар 4, заполненный водой. Дно и боковая поверхность резервуара обогреваются электрической нихромовой спиралью 5. В дно рабочего бака вмонтирован обогреваемый кран 6, предназначенный для выпуска готового модельного состава, кран 7 для спуска загрязненного состава и кран 8 для слива обогревающей бак воды. Температура модельного состава и обогреваемой воды контролируется термометрами 2, установленными в крышке 3 ванны.

Процесс приготовления модельного состава состоит в следующем. Очищенные от механических загрязнений куски парафина, стеарина и возврата размером  $100 \times 100 \times 100$  мм в определенных соотношениях (по массе) закладывают в рабочий бак электрованны и расплавляют. При температуре  $80-86^\circ\text{C}$  состав выдер-



живают 5—10 мин для осаждения попавших загрязнений. После отстоя расплав фильтруется и переливается в мешалку. Здесь модельный состав охлаждается до пастообразного состояния (до 42—45 °С) и для уменьшения усадки насыщается воздухом. Готовый состав подается для запрессовки моделей.

### § 68. Изготовление моделей

Выплавляемые модели изготавливают в пресс-формах путем заполнения их полости модельным составом. Модельный состав вводится в полость пресс-формы в жидком состоянии путем свободной заливки или в пастообразном состоянии путем запрессовки.

Способ свободной заливки полости пресс-формы жидким модельным составом прост, не требует применения специального оборудования, дает возможность получать прочные, с внутренними пустотами большие модели, экономно расходовать модельный состав. Однако он имеет и существенные недостатки: 1) малая производительность вследствие медленного охлаждения модельного состава, залитого в пресс-форму с высокой температурой; 2) большая объемная усадка модельного состава из-за высокой температуры заливки; 3) ограниченные возможности получения моделей с четким рельефом внутренней поверхности пресс-формы; 4) необходимость хорошей герметичности пресс-формы.

В производстве художественных отливок наиболее распространен способ изготовления выплавляемых моделей путем запрессовки модельного состава в пресс-форму в пастообразном состоянии. При этом способе модели получают четкий рельеф поверхности с наименьшей объемной усадкой, так как значительная часть ее происходит в период охлаждения расплавленного модельного состава до пастообразного состояния. Более быстрое охлаждение модели в пресс-форме по сравнению с заливкой ее жидким модельным составом увеличивает оборачиваемость пресс-форм и повышает производительность изготовления моделей.

Оборудование участка изготовления выплавляемых моделей зависит от сложности отливаемых изделий, объема их производства и степени механизации процесса. В мелкосерийном производстве художественных отливок при изготовлении моделей из пастообразного модельного состава применяют шприц, в цилиндре которого помещается модельный состав, пневматический пресс для запрессовки модельного состава в полость пресс-формы, ванну с холодной водой и устройство для обдува деталей пресс-формы перед ее сборкой.

При наличии такого оборудования процесс изготовления модели состоит из следующих операций:

1. Части (куски) пресс-формы очищают от пыли и остатков модельного состава струей сжатого воздуха. Смазав поверхность внутренних частей пресс-формы трансформаторным маслом, укладывают их в половинках кожуха. Затем пресс-форму собирают, укрепляют и устанавливают на стол 2 пресса (рис. 87).

Рис. 87. Пневматический пресс для изготовления моделей

2. В цилиндр шприца, наполненный необходимым количеством модельного состава, устанавливают поршень.

3. Носок шприца 4 (см. рис. 87) вставляют в литниковое отверстие пресс-формы 1. В пневмоцилиндр пресса подается сжатый воздух, при этом шток 3 поршня пневмоцилиндра опускается вниз на поршень шприца, выдвигая из него модельный состав в полость пресс-формы.

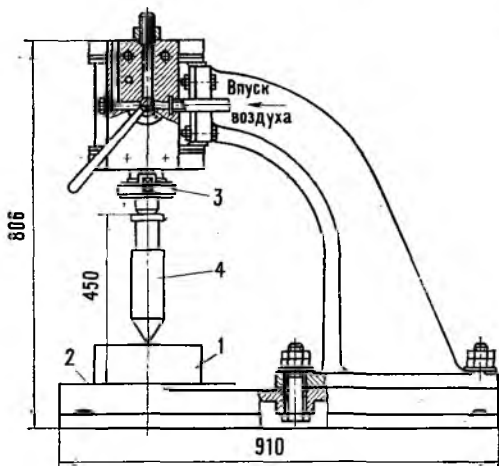
4. После небольшой выдержки под давлением пресс-форму снимают со стола и охлаждают в ванне с холодной водой или обдувают воздухом до затвердевания в ней модели.

5. Охлажденную пресс-форму раскрывают, разбирают ее части, извлекают модель и укладывают ее для окончательного охлаждения на 30—40 мин в корзину с мягкой подстилкой.

При массовом производстве отливок для запрессовки модельного состава в пресс-форму применяют пневматические, гидравлические и механические установки. Пневматические и гидравлические установки применяют для прессования парафино-стеариновых моделей, механические установки, подающие модельный состав в полость пресс-формы шестеренчатым насосом, для запрессовки моделей из более вязких составов, содержащих буроголистый и торфяной воск.

**Чеканка моделей.** Удаленные из пресс-формы модели подвергают чеканке, процесс который сводится к следующему. Рукой в хлопчатобумажной перчатке берут модель из корзины и специальным стальным ланцетом-скальпелем очищают ее поверхность от облоев и швов, срезают питатель и тщательно заглаживают на поверхности модели его следы. Гладкую поверхность модели обрабатывают капроновой тканью, поверхность модели в местах снятия швов и питателей прочеканивают гребенчатой насечкой под общую поверхность модели. После чеканки модели поверхность ее очищают колонковой или барсучьей кистью от остатков модельной массы.

**Сборка моделей.** Модели сложных художественных изделий изготавливают (для упрощения конструкции пресс-формы) обычно по частям. Такие модели, кроме чеканки, еще и собирают, при этом к корпусу модели плоскими электропаяльниками припаивают отдельно изготовленные ее части, обработанные и собранные мо-



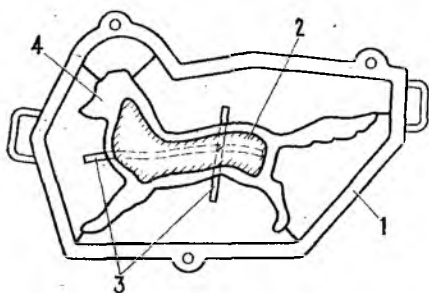
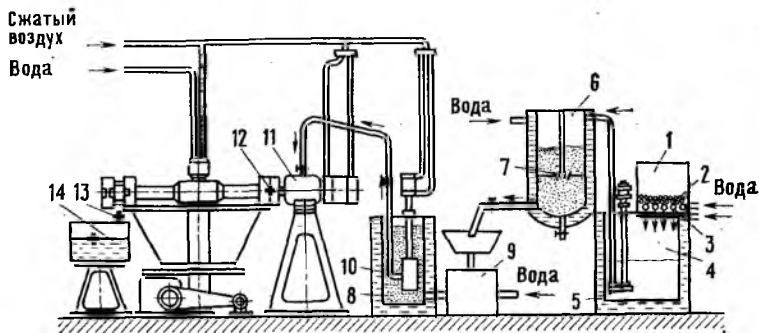


Рис. 88. Установка стержня в пресс-форме:  
1 — пресс-форма; 2 — стержень; 3 — концы каркаса стержня; 4 — полость

Рис. 89. Схема комплексной автоматической линии изготовления выплавляемых моделей



дели укладывают на специальные стеллажи в положение, исключающее возможность их поломки, коробления, загрязнения и искажения поверхности.

В художественной отливке чистота поверхности и соответствие ее оригиналу зависит от толщины стенки отливки. Чем тоньше стенка отливки, тем чище поверхность, меньше масса и возможность искажений от усадки.

При изготовлении пустотелых отливок обычными способами литья в полость формы при сборке устанавливают стержни. В литье по выплавляемым моделям неразборная форма не позволяет использовать этот способ получения полости в отливке. Полость в такой отливке может быть получена при наличии стержня в самой модели, который останется в полости керамической формы после выплавления модели.

Процесс получения выплавляемой модели со стержнем состоит в том, что перед заполнением пресс-формы модельным составом в нее вставляют стержень (рис. 88). Фиксация стержня в пресс-форме осуществляется концами его каркаса, размещающимися в специальных вырезах-знаках, сделанных в стенках пресс-формы на ее разъеме.

Для изготовления выплавляемых моделей со стержнем применяют массивные песчаные стержни и пустотелые стержни из керамической обмазки. Пустотелые стержни изготавливают обычным способом получения керамических форм по выплавляемым

моделям. Для этой цели по внутренним размерам проектируемого пустотелого стержня изготавливают выплавляемую модель с выступающими концами каркаса для крепления стержня в пресс-форме. На модель наносят необходимое число слоев суспензии, образующих после выплавления модели стенку пустотелого керамического стержня. Пустотелые стержни выгодны тем, что позволяют получить легкие отливки, однако из-за частых случаев разрушения их при запрессовке модельного состава, заливке формы применение таких стержней в производстве художественных отливок пока невелико. Чаще применяют массивные песчаные стержни, изготавливаемые обычным способом (в стержневых ящиках с последующим покрытием их поверхности суспензией в один слой без обсыпки).

В моделях с массивными стержнями (для обеспечения выхода из стержня газа и выбивки из отливки) трубкой диаметром 5—10 мм в модели делают вырез до поверхности стержня. В этом вырезе в теле стержня на глубину 10—15 мм диаметром 2—4 мм делают отверстие, в которое вставляют металлическую шпильку длиной до 50 мм, образующую впоследствии в теле стержня канал для выхода газа. Сам вырез в теле модели образует в стенке отливки полость, через которую из нее выбивается стержень.

Для изготовления выплавляемых моделей в условиях поточно-массового производства машиностроительных отливок применяют установки, выполняющие все операции, от приготовления модельного состава до изготовления модели автоматически. Принцип работы такой установки показан на рис. 89. В баке 1 загруженный на обогреваемые водой трубки 2 модельный состав плавится и через трубку 3 стекает в бак 4, откуда насосом 5 перекачивается в бак 6. При закрытом клапане 7 отмеренное количество состава переливается в лопастную мешалку 9. Здесь модельный состав доводят до необходимой температуры и консистенции, затем он перекачивается в раздаточный бак 8, откуда насосом 10 подается к прессу 11 для запрессовки в установленную на карусели пресс-форму 12. Охлажденные водой пресс-формы автоматически открываются, модель 13 выталкивается в ванну 14 с холодной водой.

**Изготовление литниковой системы.** Литниковая система изготавливается из модельного состава в специальных металлических формах способом свободной заливки. С целью экономии модельного состава и ускорения выплавления его из формы наиболее массивные части литниковой системы (стояки, выпоры и прибыли) делают пустотелыми.

Пустотелые стояки изготавливают способом обмакивания в жидкий модельный состав металлического стержня. Для этого изготавливают металлический стержень в виде модели стояка с размерами, уменьшенными на толщину слоя наносимого на него модельного состава. Трехкратным погружением стержня в жидкий модельный состав на его поверхность наносится слой, равный толщине стенки стояка. В целях экономии модельного состава

Рис. 90. Модельный блок



на стержень стояка наносят расплавленный возврат модельного состава. В начале процесса выплавления модели тонкий слой модельного состава вокруг стержня стояка быстро плавится и освобождает его для дальнейшего использования.

**Сборка модельного блока.** В производстве литья по выплавляемым моделям небольшие изделия отливают по нескольку штук в одной форме при общем стояке. Такой стояк с прикрепленными к нему моделями называют *модельным блоком* (рис. 90), а процесс крепления моделей на стояке — *сборкой модельного блока*. Для сборки модельного блока стояк устанавливают в специальном приспособлении, обеспечивающем устойчивость его в положении вертикальном или горизонтальном, удобном для работы.

Далее, пользуясь эталонным модельным блоком, как оригиналом, сборщик плоским электрическим паяльником припаяет в нужном месте к поверхности стояка необходимое число моделей с питателями. Просветы между моделями на стояке делают не менее 10 мм, а верхняя точка модели должна быть ниже воронки стояка на 15—20 мм. При припайивании модели к стояку необходимо учитывать прочность крепления модели на стояке; возможность полного выхода из формы модельного состава при выплавлении модели; удобства дальнейшей работы с модельным блоком в процессе обмазки и обсыпки его; устойчивость положения модельного блока при сушке и хранении.

Для обеспечения прочности крепления модели на стояке и устранения зазоров между стенкой стояка и питателем в местах их спайки должен быть образован из модельного состава шов. Наиболее полное удаление модельного состава из формы при выплавлении модели достигается присоединением питателей и моделей к стояку с определенным наклоном и устройством дополнительных каналов для выхода модельного состава. Части моделей, которые должны давать в отливке чистую, четкую поверхность, рекомендуется при сборке моделей на стояке располагать внизу.

### § 69. Изготовление керамических оболочек

Стенка оболочковой формы, изготовленной по выплавляемой модели, представляет собой прочную керамическую корочку, полученную нанесением на модель нескольких слоев суспензии и об-

сыпки. Суспензия представляет собой смесь жидкого связующего и огнеупорного наполнителя. Слой суспензии на модели должен обладать достаточной прочностью, быть огнеупорным, иметь хорошую способность точно воспроизводить сложный рельеф поверхности модели отливки.

В качестве связующего в суспензии применяют гидролизованные растворы этилсиликата, жидкое стекло, ацетоновый раствор кремнекислоты и др. В производстве художественных отливок чаще всего применяют этилсиликат в виде гидролизованного раствора. Связующие свойства этилсиликата объясняются его взаимодействием с водой, но вода почти не смешивается с этилсиликатом, и реакция гидролиза идет медленно. Поэтому для введения воды в этилсиликат применяют различные растворители (ацетон, этиловый спирт и др.), хорошо растворяющие воду и этилсиликат. Для ускорения гидролиза, увеличения прочности оболочек формы и сокращения времени ее сушки применяют соляную кислоту 0,2—0,3 %. Для проведения гидролиза этилсиликата необходимо знать расход воды растворителя и соляной кислоты. Определение их количества производится расчетом и зависит от химического состава этилсиликата. Примерный состав гидролизного этилсиликата марки 32, содержащего: 30—34 %  $\text{SiO}_2$ ; 30 % этилового спирта (гидролизный) марки АиБ; 62,7 % этилсиликата; 7,3 % воды; 100 мл соляной кислоты плотностью 1,18—1,19 г/см<sup>3</sup> (сверх 100 %). Жидкое стекло, как связующее суспензии в производстве художественных отливок, не получило широкого распространения вследствие меньшей огнеупорности получаемого слоя покрытия.

В качестве наполнителя суспензии применяют пылевидный кварц — маршаллит, искусственную кварцевую муку, получаемую размолом чистого кварцевого песка, молотый плавный кварц. Наиболее распространенным из них является маршаллит марки КП-1, КП-2, КП-3 с содержанием кремнезема не менее 98 %, окислов железа не более 0,05 %, влаги не более 2 %. Содержание щелочей не допускается. Зернистость кварца соответствует размеру стороны ячейки сит 01—005 мм (номера сит 01—005).

Перед употреблением пылевидный кварц прокаливают в течение 3—4 ч при температуре 850—900 °С. После прокалки кварц охлаждают до 18—22 °С и для обеспечения необходимого зернового состава просеивают через сито 005. Недостаток пылевидного кварца, как наполнителя суспензии, в том, что при нагревании он претерпевает полиморфные превращения, связанные с увеличением его объема, что приводит к изменению линейных размеров оболочек. При нагревании до 1000 °С размер их увеличивается на 1,4 %. Поэтому кварцевый песок в ряде случаев стали заменять другим высокоогнеупорным материалом, более постоянного объема (плавленный кварц, циркон и др.).

Для обсыпки слоев суспензии применяют кварцевый песок марок Об1К016—Об2К025 с содержанием кремнезема не менее



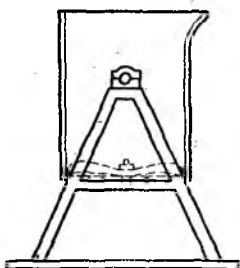
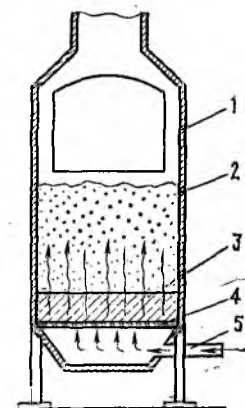


Рис. 91. Бачок для суспензии

Рис. 92. Пескосып с кипящим слоем



97 %. Кварцевый песок перед употреблением прокаливают при температуре 850—900 °С и просеивают через сито с ячейками 0,630—1,0 мм.

Огнеупорную суспензию готовят в бачках из коррозионно-стойкой стали или алюминия с ручным перемешиванием или в специальных механических мешалках-бачках (рис. 91). Вместимость бачка должна быть такой

чтобы в него свободно погрузился модельный блок. Для удобства рекомендуется иметь два бачка с суспензией: один — с раствором для слоя первого покрытия, второй — для последующих. Для приготовления суспензии в бачок заливают гидролизovaný раствор до уровня, позволяющего полностью погружать в него модельные блоки. Перемешивая раствор, в бачок мешалку медленно засыпают маршаллит до получения однородной массы установленной плотности. Плотность суспензии для первого слоя покрытия блоков рекомендуется 1,74—1,78 г/см<sup>3</sup>, для второго и последующих 1,68—1,72. Перед употреблением приготовленную суспензию отстаивают в течение 5—10 мин до прекращения выделения из нее пузырьков воздуха.

Процесс нанесения слоя суспензии на модельный блок сводится к следующему. Модельный блок берут за литниковую чашу или подставку стояка (если стояк приготовлен с металлическим стержнем) и погружают в бачок с суспензией (см. рис. 91). Затем блок вынимают из бачка и, медленно поворачивая, добиваются образования на его поверхности равномерного слоя суспензии. После этого модельный блок (с целью закрепления слоя суспензии и связи его с последующим слоем) переносят в струю песка для обсыпки. Обсыпка модельных блоков производится в специальных установках. На рис. 92 показана схема установки для обсыпки в кипящем слое.

Принцип работы установки состоит в том, что в металлический цилиндр 1 (рис. 92), заполненный кварцевым песком 2, снизу через металлическую сетку 4 и слой войлока 3 по трубе 5 подается сжатый воздух. Проходя через слой песка, воздух рыхлит его, образуя кипящий слой, в который и погружается модельный блок. После обсыпки модельный блок подвергают естественной сушке в течение 30—35 мин при температуре 20—25 °С. Затем на модельный блок наносят аналогично первому последующие слои суспензии и обсыпки. Число слоев покрытия зависит от размера модельного блока. На моделях кабинетных художественных отли-

вок достаточно иметь три-четыре слоя покрытия. После последнего покрытия и обсыпки модельный блок устанавливают на стеллаж для естественной сушки на 4—5 ч при температуре 20—25 °С. Сушка с принудительной циркуляцией воздуха сокращает процесс до 2—3 ч. Для сушки модельных блоков после нанесения суспензии и обсыпки применяют также вакуумно-аммиачные камеры. Оболочки выдерживают в камере под действием паров влажного аммиака в течение 2 мин. После откачки аммиака оболочки проветривают воздухом, прокачкой его через камеру. Общая продолжительность сушки одного слоя оболочки 15—20 мин.

Процесс нанесения огнеупорного покрытия на поверхность песчаного стержня такой же, как и для модельного блока, с той лишь разницей, что обсыпка слоя суспензии не производится во избежание возможности попадания кварцевого песка в отливку. Сушка слоя суспензии на стержне производится в электрическом шкафу при температуре 50—60 °С.

## § 70. Выплавление моделей

В практике существует несколько способов выплавления модельного состава из форм: 1) в ваннах с горячей водой; 2) с помощью подогретого воздуха или пара, направляемого в литниковую чашу оболочки модельного блока; 3) нагретым модельным составом и 4) в печах, применяемых для прокаливания форм. Последний чаще используют не как способ выплавления, а как способ выжигания, так как модельный состав при этом не только расплавляется, но и выгорает.

В зависимости от размера формы и типа модельного состава модели могут выплавляться непосредственно из корочки огнеупорного покрытия или из форм, приготовленных для прокаливания.

В производстве художественного литья наиболее часто применяют способ выплавления модели в ваннах с горячей водой. Преимущества этого способа следующие:

1. Возможность более полного (на 80—95 %) использования выплавляемого модельного состава для изготовления моделей и литниковой системы (многократное использование).

2. При выплавлении моделей в ваннах с горячей водой модельный состав начинает плавиться у стенок формы раньше, чем вся остальная масса, что дает возможность остальной части модели свободно расширяться при нагревании, не оказывая давления на форму.

3. Появляющийся на внутренней поверхности формы после выплавления модели (от взаимодействия этилсиликата со стеарином поверхностного слоя модели) белый налет — «пепел» при выплавлении моделей в водяных ваннах легко смывается горячей водой.

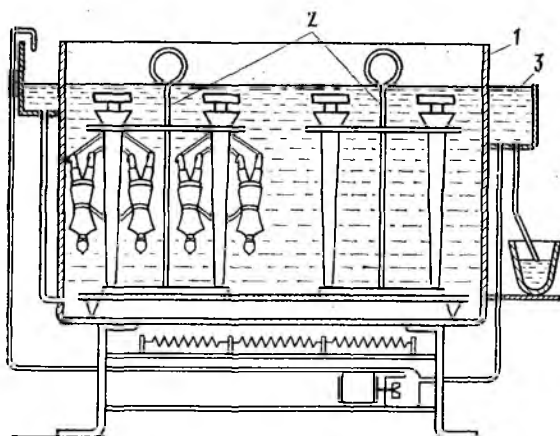


Рис. 93. Ванна для выплавления моделей горячей водой

Для выплавления моделей горячей водой модельные блоки устанавливают в специальное приспособление — комплектодержатель 2 (рис. 93) литниковой чашей вверх и погружают в ванну 1 с температурой воды 85—90 °С. Через 1—2 мин после погружения модельного блока в ванну металлический стержень стояка прогревается и освобождается от слоя модельного состава; после чего стержень удаляют для дальнейшего использования, а модельный блок продолжают выдерживать до полного выплавления из формы модельного состава. При этом модельный состав, будучи легче воды, поднимается из формы (в виде капелек) на поверхность воды в ванне и по мере скопления в ней сливается в отделитель 3 модельного состава, расположенный сбоку ванны. После выплавления моделей комплектодержатель с формами вынимают из ванны. Керамические формы вынимают из приспособления, сливают из них воду и не менее двух раз промывают их внутреннюю поверхность горячей водой. Промытые керамические формы устанавливают на стеллажах для сушки. Сушку производят в течение 3 ч при температуре 20—25 °С. В керамических формах с расположенными внутри стержнями удаляют вставленные при чеканке модели шпильки, образующие каналы для выхода из стержня газов при заливке формы металлом.

**Восстановление выплавленного модельного состава.** В процессе выплавления модельного состава свойства стеарина ухудшаются, он омыляется и становится хрупким, модели при этом получают с шероховатой поверхностью. Для восстановления прежних свойств выплавленный парафин-стеариновый модельный состав подвергают специальной обработке (восстановлению). Для этого в ванну из коррозионно-стойкой (нержавеющей стали) заливают 5 %-ный водный раствор соляной кислоты. Плотность 1,19 г/см<sup>3</sup>. Раствор нагревают до 70—80 °С и загружают в него предназначенный для восстановления модельный состав. В ванне раствор доводят до кипения и кипятят в течение 25—30 мин. На-

грев ванны прекращают, раствор с возвратом отстаивают в течение 20 мин. Затем обработанный возврат спускают через кран и разливают в форму для охлаждения.

### § 71. Формовка оболочек

Процесс формовки керамических оболочек не представляет сложности. Он сводится к простому заполнению пространства опоки (с установленными в ней оболочками) применяемым при формовке наполнителем. В зависимости от размеров отливаемых изделий и требований, предъявляемых к ним, применяют сухие, влажные и комбинированные наполнители. Опоки, используемые для формовки, представляют собой сварные из листов или литые из жароупорной стали коробки. Размер опоки должен превышать габаритные размеры формируемых оболочек на 20—30 мм с каждой стороны.

В зависимости от размера формы и применяемого наполнителя опоки могут быть с дном и без дна. В последнее время для формовки с жидким наполнителем нашли применение и разъемные опоки. В производстве художественных отливок наиболее распространенным способом формовки оболочек является формовка с сухим и комбинированным наполнителем.

**Формовка с сухим наполнителем.** Для небольших форм кабинетных художественных отливок в качестве наполнителя при формовке оболочек применяют кварцевый песок 1К02, предварительно прокаленный при температуре 750—900 °С и просеянный через сито 04—01. Вместо кварцевого песка рекомендуется использовать шамотную крошку, которая незначительно расширяется при высоких температурах прокаливания форм.

Опоки больших размеров для форм средней сложности заполняют тем же наполнителем с добавлением в качестве связующего 1—2 % технической буры или борной кислоты. Борная кислота и бура, имеющие температуру плавления 575 и 741 °С, при прокаливании форм расплавляются и, обволакивая зерна, скрепляют всю массу наполнителя в опоке.

Преимущество сухих наполнителей — возможность их многократного использования. Вследствие легкой выбиваемости из опок они меньше подвергаются разрушению. Кроме того, формы с сухим наполнителем требуют меньшей тепловой обработки. Форма с сухим наполнителем прокаливается в течение 3—6 ч, с жидким — 8—24 ч.

Формовку с сухим наполнителем производят в следующем порядке: на дно коробчатой опоки 1 (рис. 94) насыпают слой 2 наполнителя толщиной 20—30 мм. В слой наполнителя 5 литниковой чашей вверх устанавливают один или несколько блоков 3 оболочек так, чтобы зазор между блоками и стенкой опоки был не менее 10—20 мм. Чтобы избежать попадания наполнителя при формовке, в полость оболочки в канал стояка закладывают ватку,

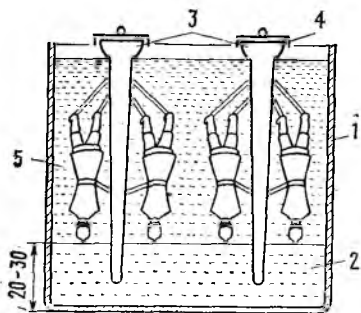


Рис. 94. Опока с оболочками в сухом наполнителе

а литниковую чашу закрывают алюминиевым колпачком 4. Пространство опоки между блоками и ее стенкой заполняют наполнителем, для лучшего заполнения опоки по ее стенкам при формовке слегка постукивают молотком или уплотняют наполнитель на вибрационном или встряхивающем столе. После заполнения опоки наполнителем

литниковая чаша блока должна возвышаться над уровнем наполнителя на 15—20 мм. Заформованные таким образом оболочки поступают на прокаливание.

**Формовка с комбинированным наполнителем.** Такая формовка позволяет применять опоки без дна, упрочняет форму и упрощает процесс ее выбивки. При формовке оболочек опоки заполняют влажным и сухим наполнителем. Для приготовления литейной формы оболочки с очищенной торцовой частью литниковой чаши устанавливают на смазанную маслом плиту и накрывают опокой. Нижнюю часть опоки на  $\frac{2}{3}$  высоты литниковой чаши заполняют влажным наполнителем, состоящим из тщательно перемешанных 90 % кварцевого песка и 10 % жидкого стекла. Среднюю часть опоки заполняют сухим наполнителем прежнего состава, а верхний слой (на 25—30 мм) — снова тем же влажным наполнителем. Для увеличения газопроницаемости формы в верхнем слое выполняют вентиляционные каналы. После формовки влажные заделки в течение 1—3 ч сушат, после чего опока поступает на прокаливание.

В настоящее время применяют способы заливки оболочек без опорного наполнителя. Чтобы увеличить прочность керамического слоя оболочки, на нее наносят дополнительно до трех слоев специального состава: 70 % кварцевой муки зернистостью 010—00; 30 % жидкого стекла плотностью 1—2 г/см<sup>3</sup>.

Оболочки перед дальнейшей операцией подвергают естественной сушке в течение 2—3 ч. Использование упрочненных оболочек в производстве скульптурных отливок вызывает некоторые сомнения. В производстве кабинетных художественных отливок, где вес их незначителен, способ заливки без опорного наполнителя может найти применение.

## § 72. Прокаливание форм

При существующих способах выплавления модельного состава из форм полностью его удалить не удастся. Трудность вызвана обычно сложной конфигурацией модели. Поэтому полное удаление модельного состава из формы и придание форме окончательной проч-

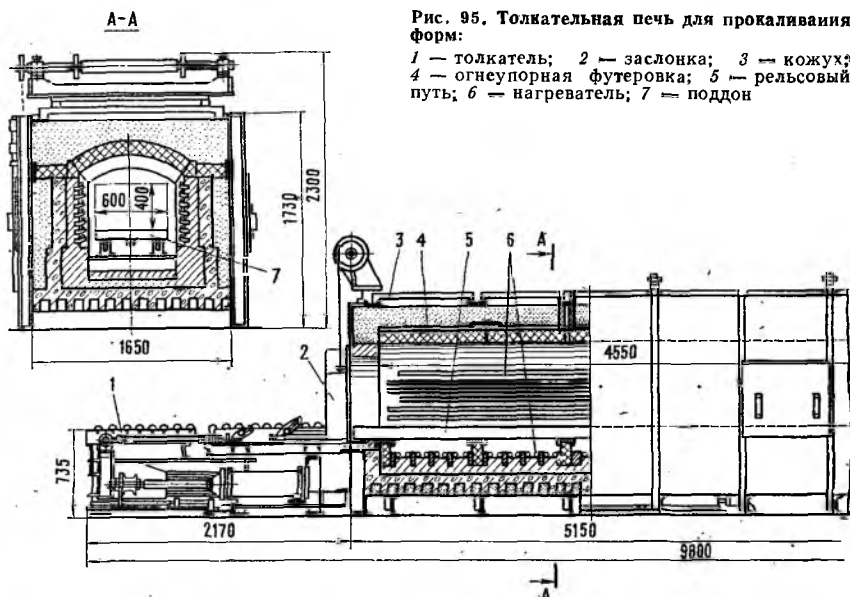


Рис. 95. Толкательная печь для прокаливания форм:

1 — толкатель; 2 — заслонка; 3 — кожу; 4 — огнеупорная футеровка; 5 — рельсовый путь; 6 — нагреватель; 7 — поддон

ности достигается в процессе дальнейшей операции — прокаливания формы. Кроме того, заливка чугуна в горячие формы после прокаливания дает возможность получить отливки без отбела. Это практически исключает необходимость операции отжига, облегчает механическую обработку отливок и снижает их стоимость.

При массовом производстве для прокаливания форм применяют специальные печи, нагрев которых производится чаще всего электричеством или газом, а передвижение нагреваемых в печи форм — специальным механизмом-толкателем. Конструкция такой нагревательной печи представлена на рис. 95. Печь имеет три зоны с максимальной температурой нагрева до 950 °С. Размеры рабочего пространства печи 4500×600×400 мм.

Формы для прокаливания устанавливают на жаропрочные поддоны, расположенные на рольгангах у загрузочной дверцы печи. С рольгангов толкателем формы проталкиваются на рельсы, расположенные внутри печи — от загрузочного окна до окна выгрузки. Скорость продвижения поддонов с установленными на них формами в печи зависит от размера форм и

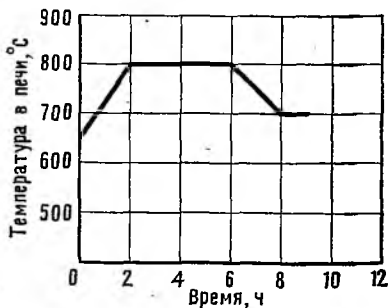


Рис. 96. График режима прокаливания форм кабинетного художественного литья с сухим наполнителем опоки

применяемого при формовке наполнителя. График режима прокаливания форм для кабинетных художественных отливок в опоках 350×350 показан на рис. 96. После окончания прокаливания формы в горячем состоянии подаются на площадку для заливки.

#### Вопросы для повторения

1. В чем заключается сущность способа литья по выплавляемым моделям?
2. Какие преимущества имеет способ литья по выплавляемым моделям?
3. Чем отличается современный способ литья по выплавляемым моделям от способа получения отливок по выжигаемым моделям в прошлом?
4. Что представляет собой пресс-форма для изготовления моделей художественных отливок?
5. Какие Вы знаете способы изготовления пресс-форм для моделей художественных отливок?
6. Какие материалы применяют для изготовления выплавляемых моделей?
7. Как изготавливают пресс-форму?
8. Как изготавливают выплавляемую модель?
9. Какие материалы применяют для приготовления состава огнеупорного покрытия моделей?
10. Для чего и как производится обсыпка модельного блока после его обмазки?
11. Как изготавливают выплавляемые модели для получения пустотелых отливок?
12. Как выплавляется модельный состав из формы?
13. Что такое модельный блок и как его изготавливают?
14. Как восстанавливается парафино-стеариновый модельный состав, выплавленный из форм для дальнейшего использования?
15. Какие существуют способы формовки керамических оболочек?
16. Как производится формовка с сухим наполнителем?
17. Как изготавливают форму с комбинированным наполнителем?
18. Как и для чего прокаливают формы перед заливкой?

### § 73. Способы формовки скульптур

Процесс получения крупных художественных отливок в основном тот же, что при производстве кабинетных отливок, с некоторыми особенностями в выполнении технологических операций формовки, связанными с увеличением размеров формы и ее частей. К таким особенностям следует отнести: применение каркасов при изготовлении крупных частей формы для увеличения их прочности и удобства съема, изготовление литейных форм без опок (ямная—кессонная формовка), изготовление стержней путем заливки жидкой стержневой массой в полость формы, сушка форм на месте. Своеобразным способом изготовления литейных форм для литья скульптур является формовка по выплавляемым моделям. Таким образом, при литье скульптур применяют формовку по выплавляемым (восковым) моделям—массивным, оболочковым и пустотелым, кусковую формовку без опок (ямную—кессонную формовку), кусковую формовку с глиняной рубашкой и кусковую формовку в опоках.

### § 74. Формовка по восковой модели

Одним из существенных недостатков кусковой формовки является то, что на поверхности отлитого изделия остаются следы соединений отдельных кусков в форме в виде швов. Это осложняет процесс механической обработки отливки, чеканку ее поверхности. Кроме того, как указывалось ранее, такую формовку должен выполнять формовщик высокой квалификации.

Для изготовления литейной формы художественной отливки наиболее простым является способ формовки по восковой модели, так как модель вместе с литниковой системой и выпором (которые также изготавливают из воска) удаляется из формы путем выплавления или выжигания модели в процессе сушки (а не путем разборки).

Для небольших, менее сложных художественных изделий восковые модели изготавливает скульптор (путем лепки). Для получения пустотелой отливки внутри восковой модели в процессе ее изготовления устанавливают отдельно приготовленный, с удлиненными концами каркаса песчаный стержень. Бывают случаи изготовления моделей литьем их в гипсовых формах целыми или по частям с последующей сборкой и обработкой.

Изготовление литейных форм по восковым моделям, не имеющих тонких деталей на поверхности, сводится к следующему: восковую модель укладывают в специально приготовленную, с хо-



рошо припыленной поверхностью, фальшивую опоку. На поверхности фальшивой опоки в нужных местах к модели прикладывают восковую литниковую систему и каналы для вытекания воска. На фальшивую опоку с моделью устанавливают опоку формы. Модель припыливают, засеивают облицовочной смесью, применяемой для кусковой формовки, и, слегка уплотнив ее вокруг модели рукой, продолжают изготовление полуформы. В этом случае при уплотнении смеси в опоке следует иметь в виду малую прочность поверхности модели аналогично тому, как и при кусковой формовке по пластилинному оригиналу. Затем заформованную опоку вместе с фальшивой опокой перевертывают, фальшивую осторожно снимают так, чтобы не повредить модель и литниковую систему, устанавливают и формуют вторую опоку. Форму, не разбирая, вместе с моделью подвергают сушке, в процессе которой восковая модель плавится, вытекает из формы, оставляя в ней полость для заливки металла.

Способ формовки по восковой модели несложен, позволяет получить чистую (без швов) поверхность отливки. Однако он имеет ряд недостатков. Во-первых, при формовке по восковой модели сама модель, как художественное произведение, уничтожается в процессе приготовления одной формы и в случае необходимости повторения ее модель нужно изготавливать вновь. Во-вторых, отливка по восковой модели обходится дорого, так как в стоимость ее, кроме стоимости работ и материалов, для изготовления литейной формы и механической обработки включается и полная стоимость изготовления восковой модели, затраты на которую превышают все предыдущие. В-третьих, формовка по восковой модели неудобна и ограничивает производительность труда формовщиков из-за возможности поломки модели или повреждения ее непрочной поверхности.

В современном производстве художественных отливок (малой скульптуры) формовку по восковой модели почти не применяют. Ее используют иногда лишь при получении разовых отливок, необходимых для изготовления металлической модели.

## § 75. Формовка скульптур по восковой модели

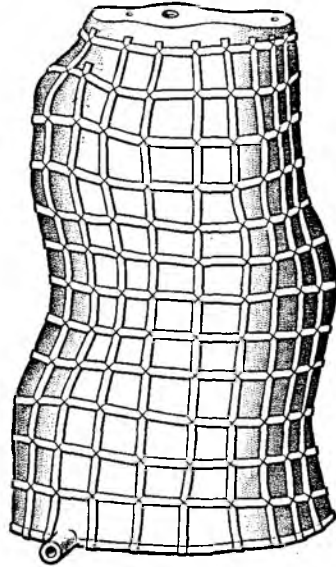
Способ формовки скульптур по восковой модели является самым древним и до начала XIX столетия считался единственным способом отливки скульптур. У нас в России по восковым моделям были отлиты хорошо известные памятники: Петру I в Ленинграде, Минину и Пожарскому в Москве, группа укротителей коней на Аничковом мосту в Ленинграде и многие другие уникальные отливки.

Процесс изготовления литейных форм таких отливок в прошлом, описанный в трудах профессора Н. Н. Рубцова, состоял в следующем:

1. Изготовление модели и стержня. Вокруг изготовленного скульптором и установленного на кирпичном постаменте гипсового оригина-



а)



б)

Рис. 97. Формовка по восковой модели:

а — восковая модель с литниковой системой; б — изготовленная по ней литейная форма

нала отливки приготавливали кусковую гипсовую форму. Оригинал для удобства отделения от него кусков смазывали жировым составом. На куски, облегчающие поверхность оригинала, наносили гипсовый слой — раковины, объединяющие несколько кусков гипсовой формы и позволяющие впоследствии точнее собирать форму для модели. Затем раковины снимали, убирали с оригинала куски гипсовой формы. На внутреннюю поверхность кусков, смазанную тонким слоем жирового состава, наносили кистью слой воска, соответствующий толщине стенки будущей отливки. Далее, гипсовый оригинал убирали и на его место на постаменте устанавливали металлический каркас для стержня. Вокруг каркаса в прежнем положении собирали гипсовую форму, полость которой заполняли жидкой стержневой массой, состоящей из кирпичной муки и гипса. После затвердевания стержневой массы гипсовую форму разбирали так, чтобы восковой слой ее остался на поверхности стержня. Такой слой воска на стержне и представлял собой выплавляемую модель. Изготовленную модель перед формовкой осматривал скульптор, ее исправляли в поврежденных местах, чеканили. Вокруг модели устанавливали литниковую систему и выпоры, представляющие собой вертикальные восковые стояки, ответвления от них, примыкающие к телу модели, — питатели (рис. 97, а). В таком виде модель была готова для формовки.

2. Изготовление литейной формы. Процесс формовки состоял из приготовления на модели глиняной формы. Материалом для изготовления формы были хорошо размолотые и пропаренные конский навоз, глина и коровья шерсть, приготовленные в виде мастики. В несколько приемов кисточкой такую мастику наносили на поверхность модели слоем 12—15 мм.

После просушки на слой мастики наносили слой глины до 200 мм. Для прочности формы вокруг обмазанной модели клали кирпичную стенку, устраи-

ство между обмазкой модели и кирпичной кладкой заполняли землей и утрамбовывали. Снаружи кирпичную кладку обмазывали глиной и стягивали металлическими стяжками (рис. 97, б). В таком положении форму сушили на месте. В процессе сушки из формы выплавлялись восковая литниковая система и модель. Воск протекал вниз по специально устроенным каналам; выплавленная модель оставляла после себя в форме полость, заполняя которую металлом получали отливку.

Достоинством такого способа формовки является получение отливки с чистой (без швов) поверхностью, не требующей особой механической обработки. Говоря о механической обработке скульптур, следует заметить, что она значительно проще по сравнению с обработкой поверхности кабинетных отливок (из-за менее жестких требований, предъявляемых к ней). Это связано с тем, что на нее смотрят с большого расстояния. Например, лицо статуи памятника Вы рассматриваете с расстояния 5—10 м, статуэтки с 50 см и менее.

К недостаткам описанного способа формовки относится продолжительность изготовления литейной формы (литейную форму для отливки конной статуи Петра I изготовляли в течение года), высокая стоимость отливки вследствие уничтожения в процессе отливки дорогостоящей разовой модели.

В настоящее время по восковой модели, но по новой технологии отливают бронзовые скульптуры. Например, на Мытищинском заводе художественного литья в отличие от прежнего стацию отливают по частям, что позволяет уменьшить габаритные размеры литейной формы. Применен новый способ приготовления смеси и изменен ее состав. Изменен способ крепления кусковой гипсовой формы при изготовлении стержня. Применен новый способ наращивания стенки формы на восковой модели (обливание модели). Сушка формы и выжигание модели производится не на месте, как прежде, а в специальных камерных сушильных печах периодического действия, работающих на газе. Измененный способ формовки позволил сократить процесс изготовления литейной формы, уменьшить ее трудоемкость и стоимость отливки.

## § 76. Формовка по пустотелой выплавляемой модели

Более совершенным способом формовки по выплавляемой модели является способ, при котором оригинал изделия, как художественное произведение, не уничтожается в процессе изготовления литейной формы, а является моделью для изготовления пустотелых выплавляемых моделей. Такой способ отливки изделия состоит также из двух процессов: 1) изготовление по оригиналу изделия пустотелой выплавляемой модели, 2) изготовление по пустотелой выплавляемой модели литейной формы изделия. Процесс изготовления пустотелой модели состоит из следующих операций:

1. Гипсовый оригинал укладывают в фальшивую опоку (рис. 98, а). Поверхность оригинала покрывают тонкой мокрой бумагой и обкладывают слоем глины (рис. 98, б).

2. На фальшивую опоку с оригиналом устанавливают опоку и заливают ее гипсом. В слое гипса оставляют два отверстия, соединяющие гипсовый слой в опоке со слоем глины на оригинале (рис. 98, в).

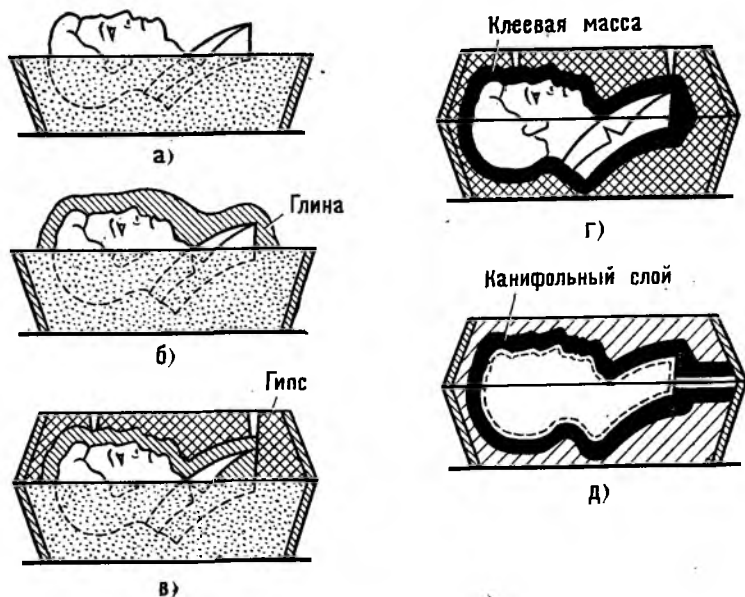


Рис. 98. Изготовление пустотелой выплавляемой модели

3. После затвердевания гипса опоки перевертывают, фальшивую снимают и устанавливают вместо нее вторую опоку.

4. Вторую половину оригинала, находившуюся ранее в фальшивой опоке, таким же образом покрывают бумагой во избежание прилипания глины к поверхности оригинала. Наносят слой глины и заливают гипсом, оставляя в нем два отверстия, как и в первой опоке.

5. После затвердевания гипса опоку снимают, с поверхности оригинала удаляют слой глины и бумагу. Снятую опоку устанавливают на место.

6. В образовавшееся пространство между поверхностью оригинала и гипсом опоки, ранее занимаемое слоем глины, через отверстия в гипсе заливают особый клеевой раствор, основную массу которого составляет столярный клей. После застывания такой раствор приобретает свойства эластичной резины.

7. После остывания слоя клеевого раствора обе опоки перевертывают и снимают нижнюю опоку; затем удаляют с поверхности оригинала, как и в первой опоке, слой глины и бумагу, устанавливают снятую опоку вновь и таким же порядком заливают в образовавшееся в ней пространство клеевой раствор (рис. 98, з).

8. Форму разбирают и удаляют оригинал. При этом эластичность клеевого раствора, несмотря на наличие на поверхности оригинала различного рода извилин и углублений, дает возможность снять верхнюю опоку и удалить оригинал из нижней опоки,

не повредив стенок клеевой рубашки и оригинала. Внутреннюю поверхность клеевой рубашки обеих полуформ покрывают лаком и наносят на нее кистью подкрашенный слой воска.

9. Форму снова собирают (рис. 98, д) и заливают в ее полость расплавленную канифоль. Залитую канифоль выливают из формы, при этом часть ее остается на стенках полости формы. Повторяя несколько раз такую операцию (заливку и выливание), наносят на внутреннюю поверхность формы слой канифоли, равный желаемой толщине стенки модели и будущей отливки.

10. После затвердевания слоя канифоли осторожно снимают с него опоку с гипсом и клеевой рубашкой. Образовавшийся таким образом канифольный слой и является пустотелой выплавляемой моделью, изготовленной по оригиналу отливаемого изделия. Освободившиеся опоки с гипсом и клеевой рубашкой готовят для изготовления следующей модели.

Изготовление литейной формы по такой модели начинают с изготовления в ней стержня. В полость модели устанавливают специальный каркас, концы которого выходят из модели и служат для крепления стержня в форме, затем в полость модели с установленным каркасом заливают жидкую стержневую массу. После затвердевания стержня модель поступает на формовку.

Полученная таким образом выплавляемая модель имеет небольшую прочность и при формовке требует особой осторожности. Поэтому небольшие литейные формы по таким моделям часто готовят из заливаемой жидкой формовочной смеси. Затем опоку вместе с моделью подвергают сушке, в процессе которой канифольная оболочковая модель выплавляется. Вытекающая из опоки по приготовляемым для этой цели каналам, модель оставляет в форме полость для заливки металла. При выплавлении модели часть канифоли впитывается в стенки формы и стержня. Такой слой при соприкосновении с жидким металлом сгорает, оставляя на стенке формы копоть, улучшающую чистоту поверхности отливки.

Преимущество описанного способа получения отливок художественных изделий состоит в том, что отливки получаются без швов на поверхности (вследствие неразъемной формы), сохраняется оригинал модели и уменьшается расход материала на модель. Однако этот способ имеет ряд недостатков. Во-первых, пустотелая выплавляемая модель, изготовленная способом заливки, имеет менее четкий рельеф поверхности, ее трудно исправлять и чеканить, во-вторых, сушка стержня и формы, изготовленной из жидкой стержневой и формовочной смеси, более длительна и неудобна.

### § 77. Кусковая формовка с глиняной рубашкой

Такая формовка скульптур производится по гипсовым моделям без опоки в кессоне, представляющем собой яму в полу литейного цеха, стенки которой выкладывают водонепроницаемой кирпичной кладкой, металлическими плитами или бетонируют. Литейную форму готовят в кусках из жирной формовочной смеси, поз-

воляющей снимать их с модели без повреждения. Процесс изготовления формы сводится к следующему:

1. Поверхность установленной в кессоне гипсовой модели делят на отдельные участки, предназначенные для изготовления кусков формы.

2. Куски начинают готовить снизу модели, постепенно заполняя всю ее поверхность. Подрезанную поверхность каждого из кусков, перед изготовлением следующего, во избежание прилипания их друг к другу припыливают древесноугольным порошком или графитом. На поверхности каждого куска вырезают углубления — знаки, обеспечивающие впоследствии правильность сборки формы. Куски подсушивают на месте.

3. На слой кусков наносят второй слой. Сглаженная первым слоем кусков поверхность модели позволяет делать куски второго слоя большими по величине, чем первые, т. е. каждый из них может прикрывать несколько кусков первого слоя. Для увеличения прочности куски изготавливают со специальными металлическими каркасами и проушинами, облегчающими удаление куска с модели.

4. На поверхность второго слоя наносят упрочняющий слой гипса.

5. Форму разбирают, куски первого слоя (лицевые) укладывают и закрепляют в снятых кусках второго слоя. Делают литниковую систему, укрепленные части формы подсушивают.

6. Освобожденную от кусков модель убирают, на ее место устанавливают металлический каркас для стержня формы.

7. На лицевую поверхность подсушенных кусков первого слоя кистью накладывают слой глины, равный толщине будущей отливки.

8. Изготовленные таким образом части формы укладывают вокруг каркаса в прежнем положении, образуя полость формы. Скрепив части формы, в ее полость сверху заливают жидкую стержневую массу, приготовленную из кварцевых песков, маршаллита и цемента.

9. После затвердения стержня форму разбирают, слой глины с лицевой части кусков и рубашку снимают. Части формы и стержень хорошо просушивают и собирают форму для заливки.

10. Кессон, где установлена собранная форма, заполняют песком с целью предупреждения разрушения формы в момент заливки ее металлом.

Описанный способ формовки по сравнению с формовкой по плавящейся модели проще и дешевле. Однако он имеет ряд недостатков. Операции по изготовлению глиняной рубашки, наносимой на лицевую поверхность кусков, отрицательно влияют на качество отпечатка в них поверхности модели. Слой глины, нанесенный на поверхность глиняных кусков, увлажняет и размывает ее. Кроме того, снимая с кусков слой глины (после изготовления стержня), можно повредить их поверхность. Естественно, это приводит к повреждению поверхности будущей отливки.

## § 78. Кусковая формовка в опоках

Наиболее удобной по сравнению с описанными выше способами формовки скульптур является кусковая формовка в опоках. Преимущества такой формовки: 1) куски изготавливают на модели, расположенной в наиболее удобном для этой операции горизонтальном положении; 2) стержни для форм можно изготавливать путем набивки смеси, а не путем заливки, которая затрудняет условия сушки стержня; 3) при кусковой формовке скульптур в опоках сушку стержней и форм, имеющих значительно меньшие размеры, чем форма целой скульптуры, можно производить в сушильных печах; 4) формовка в опоках обеспечивает более удобное и надежное крепление формы для заливки, чем крепление ее в почве, в кессоне.

Способ кусковой формовки является одним из основных способов изготовления литейных форм, обеспечивающих более высокую производительность и качество отливок.

Отливать скульптуру целиком неудобно, так как необходимо иметь крупные, тяжелые опоки и для перемещения их в процессе формовки специальное крановое оборудование. Процесс изготовления литейной формы усложняется из-за необходимости изготовления большого числа кусков формы. Поэтому такие отливки, как правило, отливают не целыми, а частями, которые затем собирают в скульптуру в процессе ее механической обработки.

Для этой цели модель скульптуры изготавливают отдельными частями. Деление скульптуры на части удобнее делать по таким местам, где швы соединения их в скульптуре менее заметны. Например, голову отделять по воротнику рубашки, ноги — по поясу брюк, руки — по шву рукава одежды в плече и т. д. Каждая из частей модели для удобства сборки отливки в местах соединений имеет соответствующие углубления или выступ (замок), обеспечивающий точную сборку и надежное крепление частей в процессе сборки.

Процесс изготовления кусковой литейной формы для скульптур в опоках аналогичен описанному ранее способу формовки статуэток с некоторыми особенностями, связанными с размерами модели, формы и ее частей.

Рассмотрим порядок формовки одной из частей четырехметровой статуи памятника (рис. 99, а). Для удобства изготовления литейной формы гипсовая модель статуи изготовлена из восьми частей (рис. 99, б): голова, две руки, туловище, ноги, молот, винтовка и постамент.

Процесс формовки состоит в следующем:

1. Часть модели статуи (туловище) укладывают спиной в фальшивую опоку, полость модели с торцов заделывают смесью. Поверхность модели разделяют на отдельные участки и после припыливания, начиная с поверхности фальшивой опоки, изготавливают на них из жирной формовочной смеси куски. Для обеспечения проч

Рис. 99. Деление модели скульптуры на части

ности кусков, имеющих в этом случае большую массу и размеры, в них заформовывают металлический каркас в виде рамки, используемой в дальнейшем и для снятия куска с модели.

При изготовлении кусков формовочную смесь уплотняют трамбовками, поверхностный слой — деревянным молотком. На верхней плоскости каждого куска, при подрезке его, вырезают необходимое число знаков, обеспечивающих правильное положение куска в опоке при сборке формы. Болван, образованный на модели кусками, после подрезки припыливают древесноугольным порошком с целью устранения возможности прилипания к нему формовочной смеси в процессе формовки опоки (припыливание графитом делает поверхность кусков скользкой, неудобной в работе)

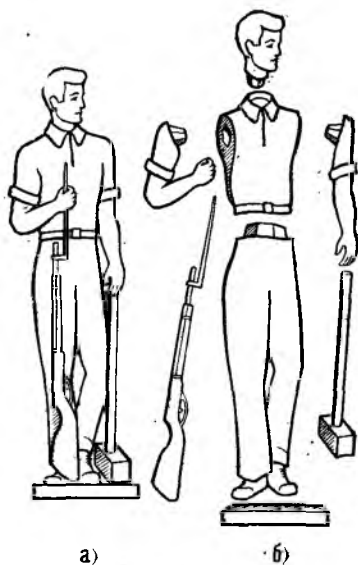
2. На фальшивую опоку с болваном устанавливают нижнюю опоку. Поверхность модели и болвана в опоке припыливают, засыпают в опоку и уплотняют формовочную смесь. При уплотнении смеси в верхней части опоки можно применять пневматические трамбовки.

3. Опоки перевертывают, фальшивую снимают, дополнительно уплотняют основания кусков, подрезают поверхность разъема формы. Припылив поверхность разъема и модели, изготавливают куски на поднутренных местах модели, как и в нижней полуформе. Поверхность кусков и оставшуюся незакрытой кусками часть поверхности модели припыливают, устанавливают верхнюю опоку, элементы литниковой системы и формируют опоку.

4. Заформованную верхнюю опоку снимают и устанавливают отпечатком вверх. С поверхности модели, оставшейся в нижней опоке, снимают куски и, уложив их в соответствующие по знакам места в верхней опоке, прикалывают.

5. На нижнюю полуформу с моделью устанавливают рамку или соответствующих размеров свободную опоку, заполняют ее наполненной смесью и слегка уплотняют.

6. Прикрыв верхнюю опоку (рамку) деревянным щитком, обе опоки перевертывают, нижнюю снимают так, чтобы модель с прилегающими к ее поверхности кусками осталась на смеси в рамке. Снимают с модели куски (небольшие куски снимают съемниками, куски больших размеров, — используя каркасную рамку)



а)

б)



ку). Снятые с модели куски укладывают по знакам в полости нижней полуформы.

7. Перед изготовлением стержня готовят с учетом размеров полости формы, каркас стержня. Основной частью каркаса является труба с отверстиями в стенках. Подгоняют ее в полости формы так, чтобы концы ее опирались на поверхность разъема формы, а средняя часть проходила в центре ее полости. К трубе в зависимости от величины и формы стержня крепят один или два прутка (поперечника), удерживающие стержень в форме от поворотов. Концы поперечников, как и трубы, должны опираться на поверхность разъема формы. При изготовлении больших стержней к трубе и поперечникам крепят различные по величине дополнительные прутки, создающие корпус каркаса. После приготовления и подгонки каркас убирают. Полость формы в нижней полуформе припыливают, заполняют ее стержневой смесью и производят ее уплотнения. На поверхности стержневой смеси укладывают смазанный раствором глины каркас так, чтобы концы трубы и поперечников встали на свое место по разъему формы.

Постепенно заполняя полость формы стержневой смесью, уплотняют ее трамбовкой, стараясь избегать ударов по каркасу и стенки формы. Верхний слой смеси стержня уплотняют и выравнивают (по необходимому профилю полости формы) накрыванием припыленной верхней полуформы на нижнюю.

8. Закончив изготовление стержня, верхнюю полуформу снимают. Поверхность стержня припыливают и накалывают специальным шаблоном на глубину, равную толщине стенки будущей отливки. Затем с поверхности стержня снимают слой смеси, равный глубине наколов. После подрезки поверхность стержня хорошо заглаживают и для увеличения поверхностной прочности примачивают жидким раствором глины.

9. При удалении стержня из нижней полуформы поступают так же, как и при извлечении модели. На полуформу устанавливают рамку, припылив подрезанную поверхность стержня, рамку заполняют наполнительной смесью, легко уплотняя ее. Над стержнем в рамку закладывают пластину (плиту), на которой стержень будет помещен в сушку. На рамку накладывают деревянный щит и все это вместе с нижней опокой перевертывают. Затем опоку снимают так, чтобы куски, прилегающие к стержню, остались в рамке со стержнем. Куски со стержня снимают и укладывают на драйер для сушки. При отсутствии стационарного сушилка куски, очищенные от остатков стержневой смеси, укладывают в опоку и вместе с ней сушат на месте, используя переносные сушилки. Сушка на месте менее качественна и не позволяет получить хорошую поверхность в отливке.

10. Освобожденную от кусков поверхность стержня накалывают шаблоном, подрезают, заглаживают, примачивают раствором глины, как и первую половину. Затем стержень с пластиной удаляют из рамки. Внутреннюю поверхность обеих полуформ для

увеличения огнеупорности красят графитовыми чернилами. Поверхность стержня удобнее красить несколько подсушив ее. Сушка таких форм в сушильных печах производительнее, качественнее и гигиеничнее.

11. После сушки внутреннюю поверхность формы хорошо очищают от лишней копоти и пыли. То же самое проделывают со стержнем. В нижнюю полуформу с уложенными кусками вставляют стержень, выполняя газоотводные каналы для свободного выхода из него газов при заливке формы, устанавливают верхнюю полуформу, скрепляют и готовят форму для заливки.

Аналогичным порядком изготавливают литейные формы для всех других частей отливки. Отлитые части статуи обрабатывают, подгоняют друг к другу и собирают на постаменте.

Отливка статуи по частям упрощает процесс формовки, сокращает трудоемкость изготовления литейной формы, позволяет заменять стержни в форме песчаными болванами (отливка без стержней).

#### Вопросы для повторения

1. Какие отливки относятся к скульптурному литью?
2. Каковы особенности изготовления форм для скульптур по сравнению с кабинетными отливками?
3. Какие Вы знаете способы формовки скульптур?
4. Как производится формовка скульптур по выплавляемым моделям?
5. Как изготавливается восковая модель?
6. Как изготавливают стержень при формовке по выплавляемой модели?
7. Как устраивают литниковую систему при формовке по выплавляемой модели?
8. Какой недостаток имеет формовка скульптур по выплавляемой модели?
9. Как производится формовка скульптур способом с глиняной рубашкой?
10. Каковы преимущества способа литья скульптур в кусковых формах в опоках?
11. Как изготавливают пустотелые выплавляемые модели?
12. Как изготавливают форму по пустотелой выплавляемой модели?
13. Каковы преимущества и недостатки формовки по пустотелой выплавляемой модели?

## ГЛАВА 14. ФОРМОВКА АРХИТЕКТУРНЫХ ОТЛИВОК

### § 79. Особенности архитектурных отливок

Архитектурными отливками называют отливки, идущие на отделку и украшение зданий, мостов и других сооружений. К таким отливкам относятся крупные барельефы, балясины для балконов и лестниц зданий, решетки мостов, набережных, садов, колонны, фонарные столбы и другие так называемые малые архитектурные формы. Отливки архитектурных изделий отличаются от рассмотренных ранее нами художественных отливок тем, что они имеют большие размеры, толщину стенок и менее сложны по форме. Кроме того, отливки архитектурных изделий в процессе эксплуатации часто являются деталями, несущими определенную силовую нагрузку в архитектурном сооружении (брусья, поручни, колонны и др.), поэтому в отличие от художественных отливок они должны иметь большую прочность.

Способы получения архитектурных отливок разнообразнее и в техническом оснащении более совершенны по сравнению со способом получения скульптур. Если в производстве художественных отливок до сих пор применяют в основном способы ручной формовки, то при изготовлении литейных форм архитектурных отливок широко применяют способы машинной формовки, литье в металлические формы и другие перспективные способы получения отливок.

Ниже приводится несколько примеров формовки архитектурных отливок.

### § 80. Формовка решеток

Формовка газонной решетки (рис. 100, а) производится по неразъемной чугунной модели на гладкой модельной плите. Процесс изготовления литейной формы состоит из операций, рассмотренных нами ранее в § 29 «Формовка по неразъемной модели».

1. К торцам 1 модели (рис. 100, а) на модельной плите (рис. 100, б) укладывают металлические модели литниковой системы, а в местах 2 — выпор. При этом шлакоуловители и основания стоек углубляются в специальные вырезы модельной плиты 3 (рис. 100, б).

2. Модель накрывают опокой и изготавливают в ней нижнюю полуформу.

3. Заформированную нижнюю полуформу перевертывают вместе с модельной плитой, устраивают в ней поверхность разъема формы.

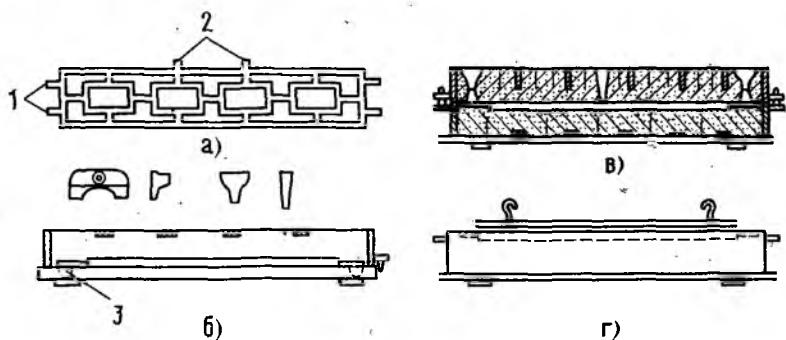


Рис. 100. Процесс формовки газонной решетки

4. Установив модели стояков и выпора, накрывают опоку, изготавливают в ней верхнюю полуформу (рис. 100, в). В верхней полуформе, как и в нижней, накальвают вентиляционные каналы, извлекают модели стояков и выпора.

5. Снимают верхнюю полуформу и отделяют ее. В нижней полуформе снимают модели питателей. Смочив смесь у краев модели, приглаживают болваны в просветах модели, затем, ввернув в модель подъемы и легко растолкав ее, удаляют из формы (рис. 100, г).

Особенностью формовки газонной решетки является наличие в нижней полуформе большого числа небольших болванов, образующих звенья модели. Целость этих болванов в форме при удалении из нее модели обеспечивается наличием у модели хороших формовочных уклонов, применением при формовке прочной облицовочной смеси и дополнительным прикальванием их перед удалением модели специальными формовочными гвоздями-шпильками.

6. Обе полуформы припыливают и собирают форму для заливки.

**Формовка садовой решетки.** Сложность формовки садовой решетки состоит в том, что отливка ее имеет большие размеры и сравнительно небольшую толщину стенки с большим числом проветов. Следовательно, формовщику при изготовлении литейной формы приходится иметь дело с большим числом болванов различных размеров, которые не только затрудняют удаление модели из формы, но могут быть легко смыты металлом при заливке. Поэтому отливку садовой решетки производят обычно звеньями (общая длина до 4 м) по неразъемным, разъемным моделям, а иногда и моделям с отъемными частями. В зависимости от сложности композиционного рисунка модель решетки для удобства формовки можно разделить на отдельные части, представляющие собой повторяющуюся деталь композиций орнамента. В процессе

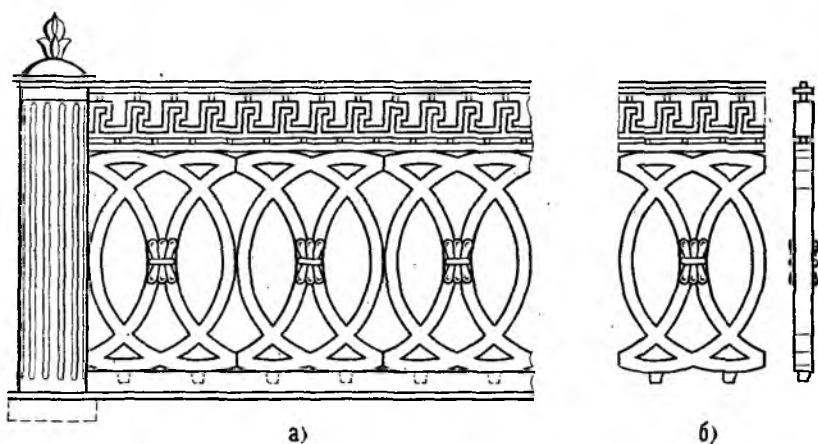


Рис. 101. Садовая решетка (а) и ее модель (б)

монтажа отдельные части решетки собирают в звено. Один из видов такой решетки показан на рис. 101, а.

Формовку сборной решетки производят по разъемной модели в следующем порядке:

1. Половину металлической модели (рис. 101, б) укладывают на гладкую подмодельную плиту с моделями питателей в центре больших просветов модели и основания выпоров с торца. Накрывают нижней опокой, производят изготовление в ней нижней полуформы.

2. Заформованную полуформу перевертывают вместе с модельной плитой, устраивают поверхность разъема формы. Устанавливают вторую половину модели с ввернутыми в нее подъемами и верхнюю опоку. В основании питателей и выпоров ставят модели стоек.

3. Изготавливают верхнюю полуформу с вентиляционными каналами.

4. Укрепив на поверхности опоки подъемы модели, верхнюю полуформу снимают вместе с верхней половиной модели.

5. Поставив опоку на ребро, вывертывают подъемы, затем опоку устанавливают разъемом кверху. Во избежание обрыва болванов при удалении модели их крепят в просветах модели гвоздями. В модель ввертывают подъемы и, слегка растолкав, ее удаляют из формы.

6. В нижней полуформе прорезают питатели, удаляют из нее модель.

После отделки полуформ форму собирают для заливки. При формовке решеток по разъемным моделям следует обращать особое внимание на надежность крепления болванов в верхней полуформе и точность соединения опок на штырях.

## § 81. Формовка брусьев и поручней решеток

**Формовка бруса.** Брус (рис. 102, а), имеющий трапециевидное или Т-образное сечение, является основанием монтируемой решетки. На верхней части бруса расположены гнезда, в которые при монтаже входят выступы нижней части решетки. Длину бруса делают равной длине звена решетки с припуском для крепления его в гнездах колонки. Модель бруса из алюминиевого сплава для удобства удаления из формы и предотвращения коробления делают разборной, состоящей из четырех частей, которые собирают на металлической подмодельной плите (рис. 102, б). Модельная плита имеет цапфы для подъема плиты краном. В плиту ввернуты центрирующие штыри для установки опоки. Стержневые знаки на модели для удобства удаления модели из формы делают съемными.

Процесс изготовления литейной формы бруса состоит из следующих операций:

1. Части модели собирают на плите. В верхней части модели устанавливают стержневые знаки, с торцов ее располагают модели питателей и зумфа, а сбоку — основание выпора (рис. 102, б).

2. Собранную на плите модель накрывают нижней опокой и формуют ее (рис. 102, в). При формовке нижней опоки следует обращать внимание на расположенные на модели съемные знаки, которые при небрежности могут быть сбиты.

3. После наколов вентиляционных каналов заформованную опоку перевортывают вместе с модельной плитой, плиту снимают так, чтобы модели питателей и основания выпора остались в опоке. В полужоформе заглаживают поверхность разъема формы и присыпают ее разделительным песком.

4. Устанавливают верхнюю опоку, скрепляют ее с нижней, ставят модели стояков и выпора, изготавливают верхнюю полуформу (рис. 102, г).

5. Заформованную полуформу снимают, производят отделку в ней отпечатка модели.

6. Из нижней полуформы по частям удаляют модель, а затем модели

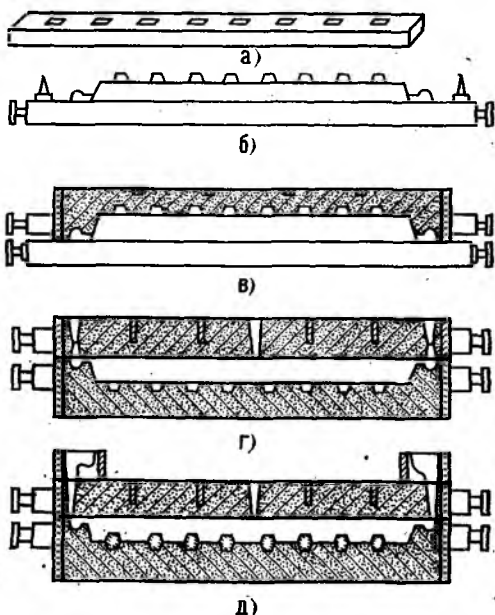


Рис. 102. Формовка бруса решетки

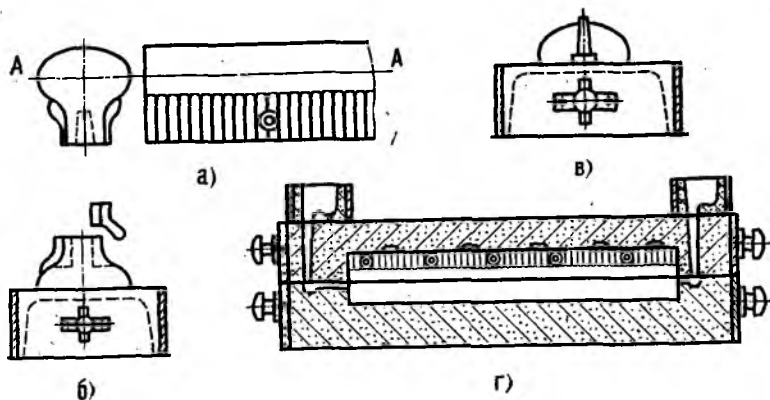


Рис. 103. Формовка поручня решетки

знаков, питателей и выпора. В отпечатки знаков вставляют стержни. Стержни следует укрепить во избежание их всплывания при заливке формы.

7. Форму собирают для заливки. Для лучшего заполнения полости формы металлом литниковую чашу устанавливают в наращалке (рис. 102, д), на место отверстия выпора устанавливают выпорные чаши такой же высоты.

**Формовка поручня.** Поручень решетки является венчающей ее частью. Изготовление литейной формы поручня из-за сложности профиля модели сложнее, чем формы бруса. Рассмотрим устройство и формовку одного из видов поручней решетки моста.

Металлическая модель поручня делается разъемной по линии AA (рис. 103, а). Верхняя (рис. 103, в) и нижняя (рис. 103, б) части модели располагаются на самостоятельных модельных плитах. Гофрированная боковая поверхность нижней части модели выполняется отъемной в виде полосок, которые крепятся к корпусу самой модели шипами в виде «ласточкиного хвоста». Приготовление литейной формы поручня из-за сложности профиля модели несколько сложнее, чем формовка бруса.

Поручень, как и брус, формируют в двух опоках по двум модельным плитам, причем верхнюю часть поручня [для получения более чистой лицевой поверхности располагают в нижней полуформе (рис. 103, г)]. Изготавливают формы следующим образом:

1. На плите с моделью — верхней части поручня формируют опоку. Заформованную опоку снимают с модели и после отделки устанавливают на место заливки формы.

2. Отъемные части второй половины модели (рис. 103, б) хорошо очищают и крепят на корпусе модели. На плите с собранной моделью формируют верхнюю опоку.

3. Заформованную верхнюю опоку перевертывают вместе с плитой. Плиту снимают, вместе с ней удаляют из полуформы и корпус

модели, укрепленный на плите. Отъемные части боковой поверхности модели остаются на месте в полости полуформы.

4. Отъемные части модели удаляют из полуформы. В отпечатки знаков устанавливают стержни. При установке стержней следует иметь в виду, что при заливке формы они будут находиться в верхней опоре и могут выпасть, поэтому их нужно надежно укрепить.

5. Производят отделку формы и сборку ее для заливки. Разрез готовой формы показан на рис. 103, г.

## § 82. Формовка колонок

Колонка (рис. 104, а) в системе ограждения является связующим элементом отдельных звеньев решетки и крепления их в вертикальном положении. Колонка представляет собой полый цилиндр, оканчивающийся внизу квадратным основанием (подземная часть колонки). Верхняя часть колонки закрывается отдельно отливаемой декоративной головкой. На уровне верхнего края основания

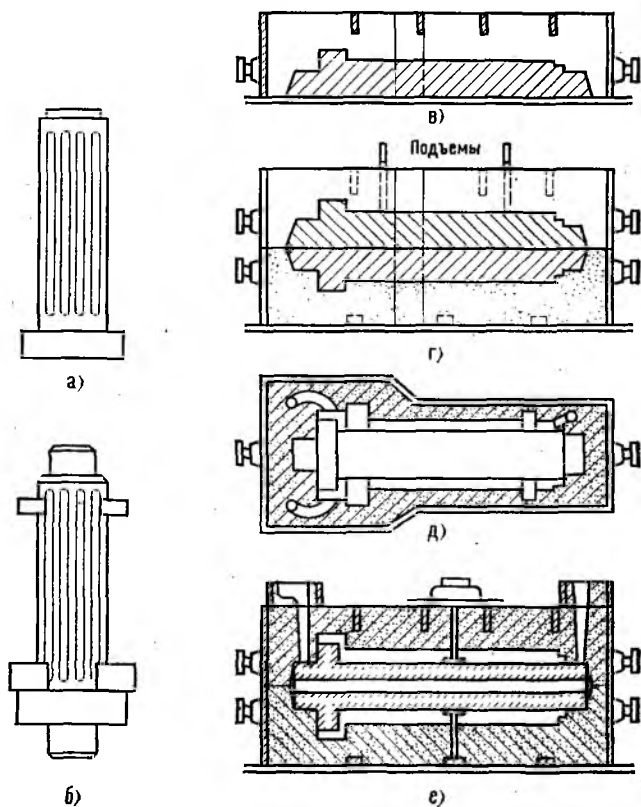


Рис. 104. Процесс формовки колонки садовой решетки



в колонке делается сквозное отверстие, предназначенное для укладки концов бруса решетки.

В верхней части под основанием головки устроены вырезы для концов поручня, боковая поверхность колонки ребристая.

Для удобства изготовления литейной формы металлическую (чугунную) модель колонки (рис. 104, б) делают разъемной по вертикальной плоскости. Для уменьшения массы и снижения стоимости модель изготавливают пустотелой, а стержневые знаки боковых и центрального стержня делают деревянными. Особенность формовки колонок заключается в том, что формовщику при изготовлении литейной формы приходится устанавливать в форму стержни различных размеров и применять при этом различные способы их крепления.

Рассмотрим в качестве примера изготовление литейной формы колонки садовой решетки.

1. Для изготовления литейной формы колонки используют гладкую модельную плиту. Поставив на нее половинку модели (без шпилек), приставляют к ней модели питателей, как показано на рис. 104, в. Устанавливают опоку, изготавливают в ней нижнюю полуформу (рис. 104, г). Перевертывают заформованную полуформу вместе с модельной плитой, плиту снимают.

2. Приготавливают поверхность разъема формы, устанавливают вторую половину модели с свернутыми в нее подъемами, ставят модели стоек и выпора. Производят формовку верхней полуформы (рис. 104, з).

3. Закрепляют на верхней поверхности полуформы подъемы и снимают ее так, чтобы верхняя половина модели поднялась с полуформой. Вывернув подъемы, устанавливают полуформу разъемом вверх и удаляют из нее модель.

4. В нижней полуформе прорезают канал к выпору, удаляют модель. Затем устанавливают в форму стержни. Во избежание прогиба центральной стержень в форме устанавливают на жеребейки. В данном случае применяют жеребейки с длинной стойкой и одной полочкой, повторяющей профиль стержня. Длина стойки жеребейки определяется внизу расстоянием от поверхности стержня до ребра нижней опоки, а сверху — до уровня смеси на поверхности полуформы (рис. 104, д). Толщина стенки отливки определяется половиной разницы диаметров модели и ее знаков для центрального стержня. Определив длину стойки, устанавливают жеребейки в нижней и верхней полуформах, в местах предполагаемого прогиба стержня так, чтобы полочка жеребейки, на которую будет опираться стержень, возвышалась над дном полости формы на высоту, равную толщине стенки будущей отливки. При этом конец стойки жеребеек должен опираться в нижней полуформе — в ребро опоки, а в верхней — в пластину, установленную на поверхности полуформы (рис. 104, е).

5. На поставленную таким образом жеребейку в знаки нижней полуформы укладывают центральной стержень.

6. Проверив правильность поставленного стержня шаблоном, устанавливают в знаки стержни боковых отверстий колонки, подгоняя их торец плотно к поверхности центрального стержня.

7. Подготовленные нижнюю и верхнюю полуформы собирают для заливки. Разрез готовой литейной формы колонки показан на рис. 104, *е*.

Аналогичным образом изготавливают литейные формы более крупных колонн, где стержни в форме крепятся большим числом жеребеков.

### § 83. Формовка по шаблонам

Рассмотренные выше способы изготовления литейных форм по модели не всегда выгодны и удобны. Например, для отливки фонтанной чаши диаметром 2 м и высотой 0,5 м изготовление модели потребует много времени.

Для изготовления литейных форм крупных единичных отливок, поверхность которых представляет собой тело вращения и может быть образована вращением вокруг оси ее образующей, удобнее пользоваться не моделью, а специальными приспособлениями-шаблонами. Шаблоны вращения (рис. 105, *б*) изготавливают из доски. Они имеют вырез, представляющий собой по размерам и форме полупрофиль отливаемого изделия (рис. 105, *а*). Причем шаблон *Н* имеет вырез, соответствующий размерам и форме наружной поверхности отливаемого изделия, шаблон *В* — размерам и форме его внутренней поверхности. Поэтому шаблон *Н* называют наружным, шаблон *В* — внутренним. Разница в размерах выреза наружного и внутреннего шаблона равна толщине стенки отливки.

При помощи шаблонов можно изготавливать литейные формы для отливок с прямоугольным сечением. Шаблоны при изготовлении литейных форм таких изделий не вращают вокруг шпинделя приспособления, а протягивают вдоль направляющей рамки. Поэтому такие шаблоны называют *протяжными шаблонами*.

**Формовка с шаблоном вращения.** В процессе формовки для вращения шаблонов применяют специальное приспособление, состоящее из четырех частей (рис. 106, *а*). Первая часть — подпятник *1* — он имеет вид опорной плиты с конической втулкой,

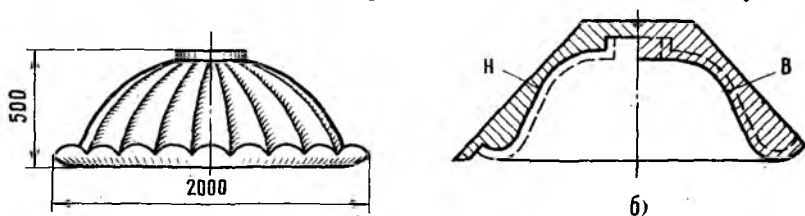


Рис. 105. Фонтанная чаша и шаблоны для изготовления ее литейной формы

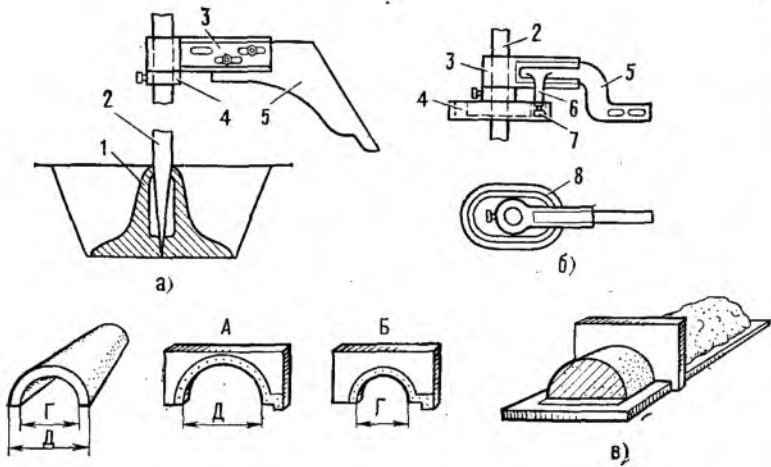


Рис. 106. Приспособления для формовки по шаблону

в центре которой сделано отверстие для установки шпинделя. Вторая часть — шпиндель 2 — стальной стержень. Нижний конец его делается в виде конуса и при сборке приспособления вставляется в отверстие втулки подпятника. Третья часть — надеваемый на шпиндель рукав 3, к нему болтами крепят шаблон 5. Отверстие втулки рукава и втулки подпятника делают с выточками в середине (для уменьшения трения при вращении рукава на шпинделе и шпинделя в подпятнике). Четвертой частью приспособления является опорное кольцо 4, которое крепится на шпинделе. Оно удерживает рукав с шаблоном на шпинделе на заданной высоте. При вращении рукава с шаблоном вокруг шпинделя шаблон обтачивает уплотненную под ним формовочную смесь в виде болвана или углубления по профилю, соответствующему очертанию поверхности отливки.

В связи с тем, что по шаблону изготовляют литейные формы для больших отливок и в небольшом количестве, чаще всего применяют комбинированную формовку, т. е. нижнюю часть формы изготовляют в почве, верхнюю в опоке.

Формовка по шаблону включает следующие операции:

1. Подготовка почвы (постели) для формовки и установка приспособления для вращения шаблона.

2. Вытачивание болвана — «песчаной модели» в почве для формовки верхней части литейной формы.

3. Формовка верхней части формы на «песчаной модели».

4. Изготовление нижней части формы — срезание поверхности «песчаной модели» внутренним шаблоном на толщину тела отливаемого изделия.

5. Сборка формы и подготовка ее к заливке.

Рассмотрим процесс формовки по шаблону чаши фонтана (см. рис. 105, а). Для изготовления формы применяют два шаблона — наружный и внутренний. Формовку начинают с подготовки почвы. Для этого в почве вырывают яму размером несколько больше подпятника. Дно ямы плотно и ровно утрамбовывают. В середине ямы устанавливают подпятник, приспособления для вращения шаблона. В подпятник вставляют шпindel, на шпindel надевают опорное кольцо и рукав с шаблоном. Проверяют правильность установки приспособления. Для этого, закрепив на шпинделе опорное кольцо, на рукав шаблона устанавливают уровень.

Поворачивая рукав в различных направлениях, проверяют вертикальность положения шпинделя. Обнаруженную неточность устраняют осаживанием подпятника в нужном месте. Правильно и прочно установленное приспособление может служить для нескольких формовок, однако проверку его следует проводить перед изготовлением каждой новой формы. После проверки приспособления устанавливают наружный шаблон в рабочее положение. При этом шаблон укрепляют на рукаве так, чтобы верхняя кромка его выреза была над плоскостью краев ямы на высоте 0,5 м, а нижняя часть выема отстояла от шпинделя на расстоянии 1 м (радиус чаши).

Сняв со шпинделя рукав с шаблоном, яму плотно утрамбовывают уплотненной формовочной смесью вровень с ее краями. Вокруг шпинделя до уровня верхнего края опорного кольца насыпают и уплотняют формовочную смесь в виде болвана (рис. 107, а). Внутреннюю часть его изготавливают из коксового слоя для увеличения газопроницаемости дополнительной смеси и наружного слоя из облицовочной смеси.

Вращая надетый на шпindel рукав с шаблоном *H*, обтачивают уплотненный болван. Он должен иметь форму и размеры наружной поверхности отливаемой чаши (рис. 107, б). После обточки болвана рукав с шаблоном снимают. На поверхности болвана с помощью специального протяжного шаблончика *K* (рис. 107, в) вырезают, хорошо заглаживают и закрашивают графитом лепестки наружной поверхности отливаемой чаши. Затем по готовому болвану, как по модели, формируют опоку (рис. 107, г). Положение опоки фиксируется колышками, вбитыми в почву у стенок опоки. Заформованную опоку по колышкам, как по штырям, снимают и отделяют. Отверстие, оставшееся в опоке от шпинделя, заделывают.

На шпindel надевают рукав с прикрепленным шаблоном *B*, имеющим профиль внутренней поверхности отливаемой чаши (рис. 107, д). Вращая рукав с шаблоном вокруг шпинделя, обтачивают болван, снимая с него слой, равный толщине стенки будущей отливки. Поверхность выточенного болвана хорошо заглаживают, припыливают графитом. Снятую опоку по колышкам устанавливают на место. На поверхности опоки, на отверстиях

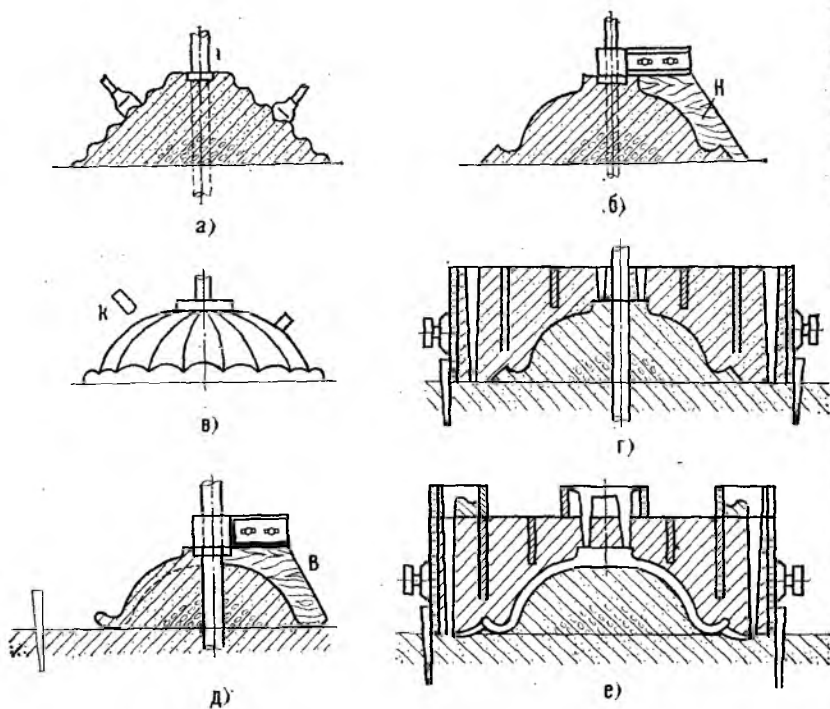


Рис 107. Процесс формовки по шаблону чаши фонтана

стояков и выпоров, делают наращалки. Разрез готовой литейной формы фонтанной чаши показан на рис. 107, *е*.

Пустотельные отливки при формовке по шаблону отливают не только в формах с песчаным болваном, но и со стержнями. В этом случае для получения в литейной форме знаков для крепления стержня в профиле шаблона предусматривают профиль стержневых знаков или стержневые знаки заформовывают в форме дополнительно по моделям.

**Формовка по шаблону овальных отливок.** При изготовлении литейных форм по шаблону овальных отливок применяют приспособления для вращения шаблона несколько иной конструкции. В отличие от предыдущего (см. рис. 106, *а*) это приспособление (см. рис. 106, *б*) вместо опорного кольца на шпинделе имеет фасонную шайбу 4 с канавкой 8, имеющей профиль отливаемого изделия. Рукав 3 шаблона имеет прорезь, в которую вставляется основание держателя шаблона 5 со стойкой 6, на конце которой укреплен ролик 7. Таким образом, шаблон, закрепленный на держателе, при вращении может одновременно перемещаться в прорезе рукава по радиусу, описывая траекторию, задаваемую канавкой 8.

При подготовке приспособления для работы на шпиндель, установленный в подпятнике, надевают фасонную шайбу и укрепляют на нем, как опорное кольцо, на высоте, равной высоте отливаемого изделия. Сверху шайбы на шпиндель надевают рукав со вставленным в него держателем шаблона. При установке рукава ролик стойки держателя шаблона должен входить в канавку фасонной шайбы. При вращении рукава вокруг шпинделя ролик будет двигаться в направляющей канавки шайбы, как в копире, а шаблон будет повторять эту траекторию движения при вытачивании поверхности формы отливки. Все остальные операции изготовления литейной формы аналогичны описанным при формовке по шаблону чаши фонтана.

**Формовка с протяжным шаблоном.** Протяжные шаблоны в отличие от шаблонов вращения имеют полный профиль сечения отливаемого изделия. Протяжка шаблонов по уплотненному из формовочной смеси болвану производится по специальной направляющей рамке (см. рис. 106, в).

Процесс формовки с протяжными шаблонами следующий:

1. Установка направляющей рамки, внутренние размеры которой должны соответствовать размерам будущей отливки.
2. Изготовление внутри рамки из формовочной смеси болвана.
3. Установка на рамке шаблона и срезание лишней смеси с уплотненного болвана протяжкой шаблона *A* для получения песчаной модели отливаемого изделия.
4. Формовка на болване, как по модели верхней опоки.
5. Снятие заформованной опоки и отделка ее.
6. Удаление с поверхности «песчаной модели» шаблоном *B* слоя смеси, равного толщине стенки будущей отливки.
7. Отделка болвана и накрывание его верхней полуформой.

Полученную форму готовят для заливки.

Таким образом, при помощи шаблонов можно изготавливать литейные формы различных крупных изделий, профиль сечения которых не меняется по длине.

**Изготовление по шаблону стержней.** При изготовлении пустотелых архитектурных отливок (колонн, фонарных столбов), имеющих форму тел вращения, и других подобных изделий с полостью применяют стержни. Такие большие стержни неудобно и невыгодно изготавливать в стержневых ящиках: ящик будет тяжелым и неудобным в работе. Поэтому стержни больших размеров чаще всего изготавливают по шаблонам. Стержни, как и формы, изготавливают путем обтачивания и протягивания.

Изготовление стержней с шаблоном обтачивания. Способом обтачивания изготавливают стержни, имеющие форму тел вращения. Шаблон *1* (рис. 108) делается из доски с вырезом, равным половине профиля стержня. При изготовлении большого числа стержней на рабочей кромке шаблона укрепляют металлическую планку *4* для уменьшения его истирания (износа) при обтачивании стержня.

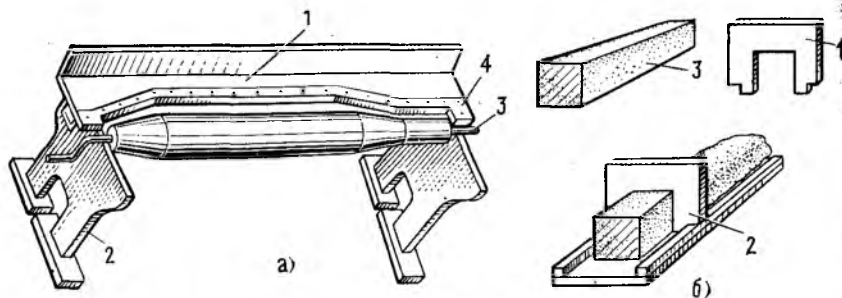


Рис. 108. Изготовление стержней по шаблону  
 а — с шаблоном обтачивания; б — с протяжным шаблоном

Для изготовления стержня по шаблону способом обтачивания применяют специальное приспособление (рис. 108, а), состоящее из двух стоек 2 с треугольными вырезами на торцах. Эти вырезы предназначены для укладки каркаса 3, представляющего собой трубу с отверстиями на поверхности для вывода газов из стержня. В процессе изготовления стержня на каркас, смазанный глиной, наматывают соломенный жгут, который обеспечивает легкость, газопроницаемость и податливость стержня при усадке отливки. Число слоев жгута на трубе делают с таким расчетом, чтобы слой глины, наносимый на его поверхность, был от 15 до 30 мм в зависимости от размеров стержня.

После навивки на каркас соломенного жгута, вращая каркас (специальным приводом или ручкой), наносят на поверхность жгута слой жирной глины. Излишек глины срезают кромкой шаблона, укрепленного на стойках, придвинутого к стержню. Покрыв соломенный жгут первым слоем глины, стержень снимают со стоек и сушат. После этого стержень снова устанавливают на станок, очищают его поверхность щеткой, слегка смачивают водой, заделывают образовавшиеся при сушке трещины и наносят на него, как и в первый раз, слой, но из более тощей стержневой смеси и снова обтачивают, проверяя его размеры специальными шаблонами. Затем поверхность стержня окончательно отделывают и стержень сушат.

Для повышения огнеупорности поверхность стержня после сушки в горячем состоянии красят специальными формовочными красками, в состав которых чаще всего входят графит, глина и связующие вещества. После окраски стержень слегка подсушивают.

Изготовление стержней с протяжными шаблонами. Этот способ используют при изготовлении единичных пустотелых отливок с полостью, имеющей прямоугольное, полуовальное или полукруглое сечение. В этом случае стержень получают путем протягивания шаблона вдоль предварительно уплотненного болвана стержневой смеси по специальной на-

Рис. 109. Приготовление мягкой постели

правляющей рамке. Протяжной шаблон в отличие от шаблона обтачивания имеет полный профиль изготавливаемого стержня. Протяжной шаблон 1, процесс протягивания шаблона по уплотненной стержневой смеси 2 и готовый стержень 3 изображены на рис. 108, б.

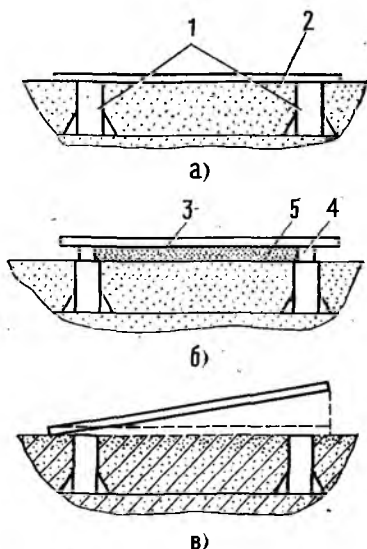
### § 84. Формовка в почве

Литейные формы для простых отливок, не требующих большой точности размеров и чистоты одной из поверхностей, можно изготовлять без опок в специально подготовленной почве пола литейного цеха. Такой способ изготовления литейных форм называют *почвенной формовкой*, а место, предназначенное для размещения формы в почве, *постелью*. Постель для изготовления формы должна иметь ровную и плотную поверхность. К формовочной смеси постели предъявляются те же требования, что и к смеси для формовки в опоках, а в некоторых случаях даже большие. Например, газопроницаемость постели должна быть лучше, чем газопроницаемость стенок закрытой формы, так как толщина формовочной смеси вокруг отливки больше, чем в форме, изготавливаемой в опоках. Улучшение газопроницаемости постели достигается специальной подготовкой почвы.

В зависимости от массы формируемого изделия для нее в почве готовят мягкую или твердую постель. Первая служит для форм небольших отливок, вторая — для форм крупных отливок.

Мягкую постель (рис. 109) готовят в почве в вырытой яме, размеры которой немного больше размеров формируемой модели, глубина ямы больше высоты модели на 200 мм. На дно ямы устанавливают два бруска 1 (рис. 109, а), горизонтальность которых по длине и между собой проверяют по уровню. Бруски укрепляют, пространство между ними заполняют наполнительной смесью 2. Поверхность смеси выравнивают линейкой 3 (рис. 109, б) на уровне высоты брусков. На бруски кладут планки 4 высотой 10 мм. Вровень с ними на поверхность наполнительной смеси насеивают слой облицовочной смеси 5. Убрав планки, слой облицовочной смеси уплотняют линейкой до уровня брусков (рис. 109, в).

На мягкой постели можно отливать изделия небольшой массы. Масса металла большой отливки может продавить слабый слой





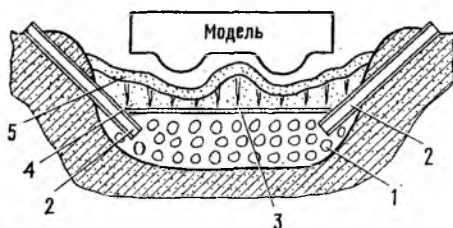


Рис. 110. Приготовление твердой постели

формовочной смеси мягко постели, и изделие может получить «раздутие».

Чтобы отливать в почву крупные отливки, при изготовлении форм применяют твердую постель (рис. 110). Ее готовят следующим образом. В почве вырывают яму, длина и ширина которой больше модели на 200—300 мм, а глубина 300—400 мм. Дно ямы уплотняют и засыпают слоем мелкого кокса 1. Для вывода газов, образующихся в почве при заливке формы, из слоя кокса на поверхность устанавливают трубы 2. Слой кокса закрывают сеткой 3, препятствующей засорению его при формовке. Затем слоями толщиной до 100 мм в несколько приемов заполняют яму наполнительной смесью 4 до тех пор, пока до верхнего края не останется расстояние больше высоты модели на 100 мм. Каждый слой смеси утрамбовывают и накалывают вентиляционной иглой до коксового слоя. На поверхность верхнего слоя смеси насыпают слой облицовочной смеси 5.

Твердая постель отличается от мягкой тем, что при ее изготовлении для увеличения газопроницаемости применяют коксовый слой и делают наколы вентиляционных каналов, а для увеличения прочности слой смеси уплотняют. Рельеф верхнего слоя постели делают в соответствии с формой нижней поверхности укладываемой в нее модели.

**Изготовление открытых форм.** Рассмотрим формовку на примере изготовления литейной формы отливки плиты для настилки полов. У этой отливки должны быть ровными и гладкими лицевая и боковые поверхности, чистота нижней стороны не важна. Поэтому такую отливку можно получить в форме с открытой верхней поверхностью. Такую формовку в почве называют *открытой формовкой*.

При изготовлении открытых литейных форм, чтобы устранить возможность перелива металла через край формы при заливке, получают отливку с ровными краями, модели делают несколько выше их нормальной высоты. При этом нормальную высоту модели на ее торце отмечают рискуй.

Процесс формовки плиты состоит из следующих операций  
1. Деревянную модель плиты укладывают на подготовленную в почве мягкую постель и легкими ударами молотка по деревянной планке, положенной на модель, равномерно осаживают ее в почву (рис. 111, а).

2. Уровнем проверяют горизонтальность положения модели в почве. Формовочную смесь вокруг модели уплотняют, излишек ее срезают вровень с поверхностью модели (рис. 111, б).

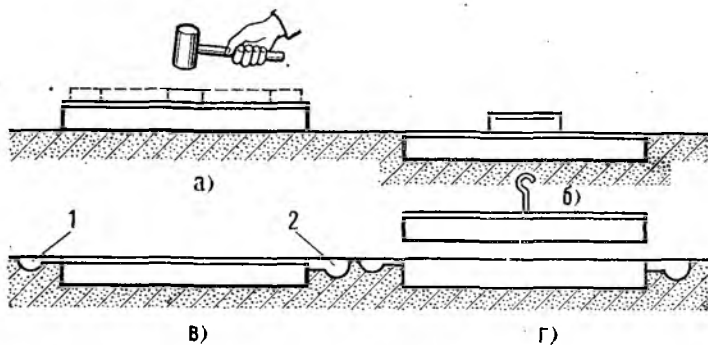


Рис. 111. Процесс формовки в почве

3. С одного торца модели прорезают питатель *1* с приемной чашей, у другого на уровне риски на модели — отводной канал *2* (рис. 111, в). Если питатели выполняют с двух торцов полости формы, отводной канал прорезают сбоку.

4. Для увеличения газопроницаемости почвы вокруг модели накалывают вентиляционные каналы.

5. Перед удалением модели из формы формовочную смесь вокруг нее слегка смачивают водой для увеличения прочности стенок формы. В центре модели ввертывают подъем, ударяя по нему с разных сторон, расталкивают модель и вынимают ее из формы (рис. 111, з).

6. Поверхность формы отделяют. Для увеличения огнеупорности ее стенок полость формы припыливают или присыпают мелким кварцевым песком. Заливку металла в форму производят до тех пор, пока он не появится в отводном канале, т. е. когда форма заполнится на должную высоту отливки.

**Формовка в почве с опокой.** Более сложные отливки с наличием выступов и углубления на верхней и нижней поверхностях отливать в почве в открытой форме невозможно. Для таких отливок в почве изготавливают закрытые, или комбинированные формы, когда нижнюю часть формы изготавливают в почве, а верхнюю — в опоке. Для изготовления комбинированной формы поступают так:

1. Приготовленную для формовки модель осаживают в почву (как при формовке в почве); при этом строго выравнивать положение модели в почве по уровню не следует, так как полость формы при заливке будет закрытой и уровень металла в ней будет определяться поверхностью полости формы в опоке.

2. Уплотняют смесь вокруг модели, заглаживают поверхность разъемной формы, посыпают ее разделительным песком.

3. Заформованную в почве модель перекрывают опокой и фиксируя положение ее колышками, вбитыми в почву у стенок опоки, формируют опоку.

4. Заформованную опоку снимают, отделяют, как верхнюю часть формы. У модели в почве прорезают питатели, удаляют из формы модели.

5. Опоку по колышкам устанавливают на место, нагружают ее и готовят форму для заливки.

Правильная нагрузка опоки при формовке в почве имеет особое значение. Так, например, нагруженную малым грузом опоку давлением металла при заливке может поднять и металл выйдет наружу. Чрезмерный груз на опоке может вдавить опоку в нижнюю часть формы и поломать ее. Поэтому массу груза для крепления формы перед заливкой рассчитывают, исходя из подъемных сил, возникающих при заливке металла в форму и соответственно массы верхней части формы. По практическим данным, масса груза на опоке должна быть примерно в 3 раза больше массы отливаемого изделия.

**Формовка с твердой постелью.** Закрытую формовку в почве применяют и для более высоких моделей крупных отливок; при этом формовку производят на твердой постели. Кроме того, осаживание высоких моделей в почву молотком недопустимо. Это может привести к разрушению модели и высокой степени уплотнения смеси в нижней поверхности.

Высокие модели после установки и проверки в почве утрамбовывают, подбивая формовочную смесь под модель с боков. При формовке в почве разъемных моделей нижнюю часть модели заформовывают в почве, верхнюю, установленную на поверхности разъема формы — в опоке. Все последующие операции приготовления формы аналогичны обычной формовке по разъемной модели.

Собранную форму нагружают. Чтобы не повредить при этом почвенную полуформу, под углы опоки укладывают опоры.

## § 85. Машинная формовка архитектурных отливок

Архитектурные отливки по сравнению с художественными значительно проще, их литейные формы во многом аналогичны формам обычных машиностроительных отливок. Технологический процесс изготовления форм для таких отливок состоит из следующих основных операций: подготовки модели, установки опоки, заполнения опоки формовочной смесью и уплотнения ее в опоке, извлечения модели из формы, отделки формы, изготовления стержня, сборки и транспортировки формы к месту заливки.

В настоящее время основные, наиболее трудоемкие и сложные операции изготовления формы механизированы.

Машинная формовка имеет по сравнению с ручной ряд преимуществ. При ручной формовке по одной и той же модели у разных формовщиков отливки могут получаться разных размеров. Например, более опытный формовщик равномернее уплотняет формовочную смесь в опоке и аккуратнее расталкивает модель при извлечении ее из формы. Поэтому у него получаются более

правильные отливки. Кроме того, у одного и того же формовщика в зависимости от его физического состояния (в различное время рабочей смены — в начале, в конце) формы и отливки могут быть разными. Формовочные машины дают хороший отпечаток модели, не требующий отделки формы, большую точность размеров отливки, сокращают процесс изготовления литейных форм, облегчают труд формовщика, повышают производительность и культуру его труда, позволяют лучше использовать площади литейного цеха.

### § 86. Классификация формовочных машин

В современных литейных цехах применяют различные формовочные машины. Формовочные машины классифицируют по виду энергии, применяемой для приведения в действие машин, способу уплотнения формовочной смеси в опоке и удалению модели из формы (табл. 16).

Кроме того, формовочные машины различают по маркам, обозначаемым тремя цифрами: первая обозначает группу машины, вторая — тип, третья — порядковый номер машины. Все формовочные машины, как машины литейного производства, относятся ко второй группе.

**Выбор формовочных машин.** При выборе формовочных машин учитывают: 1) размеры опок, применяемых для изготовления форм на машине; 2) конструктивные особенности формовочной машины для изготовления нижних полуформ — наличие механизма поворота полуформ; 3) сложность модели и особенности технологического процесса изготовления по ней литейных форм.

Для удобства изготовления форм, снижения трудоемкости и увеличения производительности труда на рабочем месте устанавливают две или три формовочные машины различного типа: машины со штифтовым подъемом опоки для формовки верхних полуформ, машины с поворотной плитой для нижних полуформ. При использовании в формах сырых стержней на рабочем месте устанавливают третью машину для изготовления стержней.

Таблица 16  
Классификация машин

По приведению в действие	По уплотнению смеси в опоке	По удалению модели из формы
Пневматические Механические Гидравлические Электромагнитные	Прессовые Вибропрессовые Встряхивающие Встряхивающие с до- прессовкой Пескометы Пескодуювно-прессовые	Со штифтовым подъемом С протяжной рамкой С поворотной плитой С перекидным столом

## § 87. Конструкция и работа формовочных машин

**Прессовые формовочные машины.** Такие машины уплотняют формовочные смеси путем прессования ее в опоку сверху или снизу. Машины с верхним прессованием уплотняют формовочную смесь вдавливанием ее в опоку сверху. Формовочный стол 3 (рис. 112, а), на котором крепится модельная плита 4, представляет собой поршень 2 прессового цилиндра 1. Над формовочным столом машины на неподвижной траверсе 8 крепится прессовая колодка 7.

Для изготовления полуформы опоку 5 устанавливают на модельную плиту стола. Сверху на опоку устанавливают дополнительную рамку 6. Высота рамки должна быть такой, чтобы после прессования формовочная смесь имела необходимую плотность, а уровень ее совпадал с верхним краем опоки. Установленную опоку с рамкой заполняют формовочной смесью, траверсу машины устанавливают над опокой так, чтобы его прессовая колодка была над рамкой опоки с зазором 1 мм. Подачей воздуха в цилиндр 1 машины стол с опокой поднимается кверху (рис. 112, б) до упора рамки в траверсу. При этом прессовая колодка входит в рамку и выпрессовывает из нее смесь в опоку, уплотняя ее. После выпуска воздуха из цилиндра (рис. 112, в) стол машины возвращается в первоначальное положение.

Верхнее прессование обеспечивает большую плотность в верхних слоях смеси в опоке и меньшую — у модели. Технологически правильнее нижнее прессование, при нем наибольшая плотность формы получается у модели и меньшая — наверху опоки. Это обеспечивает получение плотной поверхности полости формы, чистой поверхности отливки, нормальных условий выхода газа из формы при заливке.

В литейных цехах в настоящее время применяют пневматические прессовые машины с нижним прессованием мод. ПФ-3—ПФ-4 и гидравлические мод. 763.

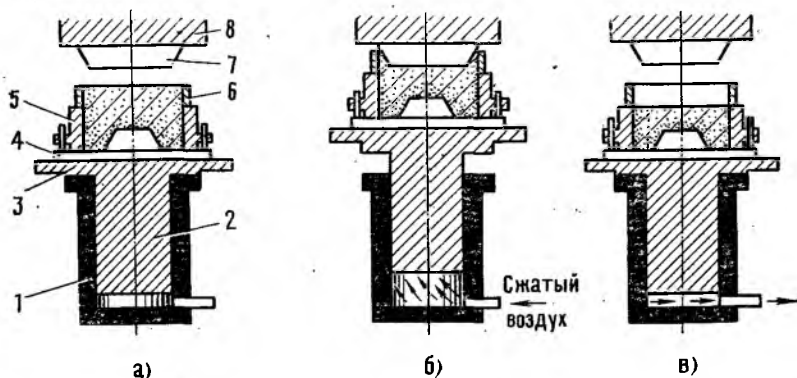


Рис. 112. Процесс уплотнения смеси в опоке на формовочной машине с верхним прессованием

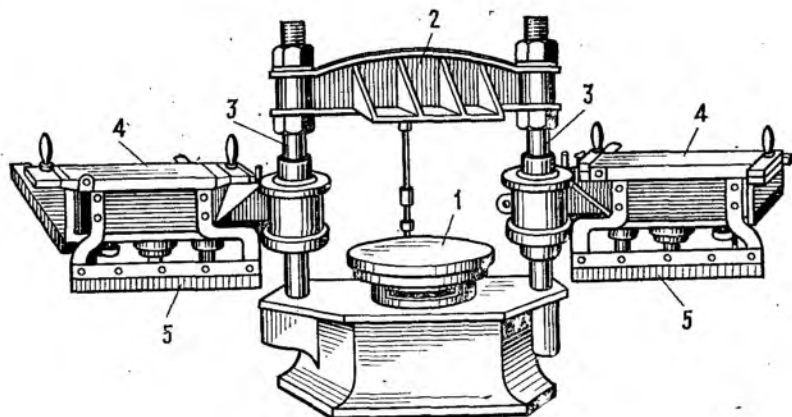


Рис. 113. Формовочная машина с нижним прессованием мод. ПФ-3

Прессовая машина ПФ-3 (рис. 113) имеет стол 1 с прессовым механизмом. В станине машины на стойках 3 укреплена неподвижная траверса 2. Ниже траверсы на стойках расположены вращающиеся вокруг стоек два формовочных стола 4 с щетками 5 (с расчетом работы на машине одновременно двух формовщиков).

Для изготовления полуформы модельную плиту 4 (рис. 114, а), расположенную на столе 1, обдувают сжатым воздухом и опрыскивают разделительной жидкостью. На рамке стола устанавливают опоку 2 и заполняют ее смесью. Выровняв смесь сверху по уровню краев опоки, стол с опокой, поворачивая на стойке 3, устанавливают на позицию прессования (рис. 114, б). Поворотом клапана управления подают под поршень прессового цилиндра сжатый воздух. При этом поршень, поднимаясь вверх, вытесняет смесь в опоку, уплотняя ее (рис. 114, в). Из прессового цилиндра выпускают воздух, поршень опускается, извлекая

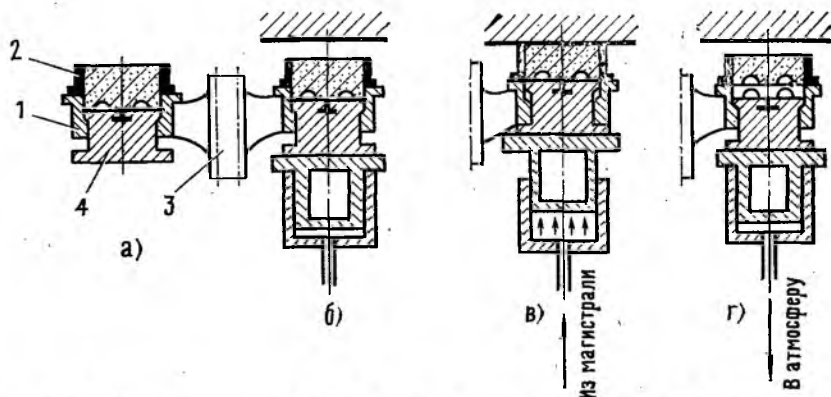


Рис. 114. Процесс уплотнения смеси в опоке на формовочной машине ПФ-3

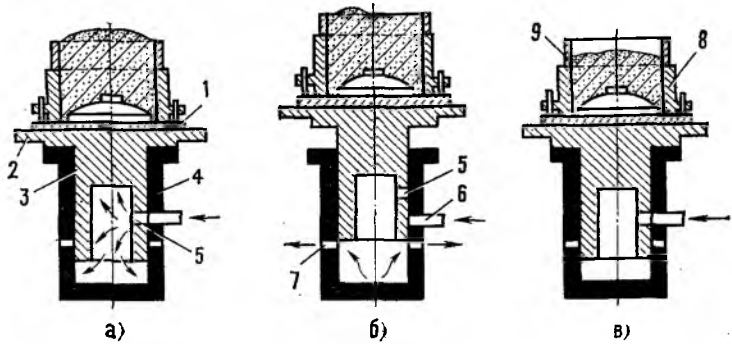


Рис. 115. Процесс уплотнения смеси в опоке на встряхивающей формовочной машине

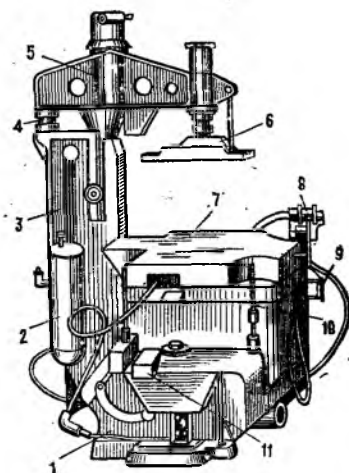
модель из формы (рис. 114, г). Стол выводится из-под траверсы в исходное положение, готовую полуформу снимают со стола. Аналогично первой, на втором столе машины изготавливают вторую полуформу.

Прессовые машины бесшумны, обеспечивают высокую производительность труда. В настоящее время в литейных цехах применяются прессовые машины, в которых процесс прессования формовочной смеси в опоке происходит одновременно с вибрацией. Такие машины называют *вибропрессовыми*. Преимущество вибропрессовых машин — возможность более качественно уплотнять смесь в форме с более сложными изделиями. Недостатком вибропрессовых машин является их шум. В производстве архитектурных отливок вибропрессовые машины применяют для формовки деталей больших габаритных размеров.

**Встряхивающие формовочные машины** механизмируют процесс уплотнения смеси в опоке, а современные встряхивающие машины, оборудованные дополнительными механизмами, и допрессовку верхних слоев смеси в опоке и удаление модели из формы или снятие ее с модели. На рис. 115 показана одна из схем встряхивающего механизма. Модельная плита 1 (рис. 115, а) крепится на массивном столе 2, который оканчивается полым поршнем 3 с боковым отверстием 5 для впуска сжатого воздуха. Поршень стола входит в цилиндр 4 основания машины. На уровне с отверстием 5 в поршне цилиндр имеет отверстие 6 (рис. 115, б) для впуска сжатого воздуха, а несколько ниже расположены выхлопные отверстия 7.

Принцип работы встряхивающей пневматической формовочной машины состоит в том, что сжатый воздух, входящий через отверстия 5 и 6 (рис. 115, а) в полость поршня, поднимает его на высоту выхлопных отверстий 7 цилиндра (рис. 115, б) и открывает их. При этом сжатый воздух выходит через эти отверстия, давление в цилиндре резко уменьшается, поршень со столом и расположенной на нем опокой, падая, ударяется в торец цилиндра

Рис. 116. Встряхивающая формовочная машина мод. 271 с допрессовкой и протяжкой модели:  
 1 — станна; 2 — резервуар для масла; 3 — колонка; 4 — упор; 5 — траверса; 6 — прессовая колодка; 7 — стол; 8 — воздухораспределитель; 9 — коленный клапан; 10 — штифты; 11 — штифтоподъемный механизм



(рис. 115, в). В момент удара поршня формовочная смесь, находящаяся в опоке 8 с наполнительной рамкой 9, уплотняется. Поршень стола, вернувшись в прежнее положение (см. рис. 115, а), открывает входное отверстие 6 для сжатого воздуха, и процесс встряхивания повторяется. Таким образом, с каждым ударом высота уплотненного слоя смеси на модели увеличивается.

Степень уплотнения формовочной смеси в опоке зависит от высоты подъема машины и числа его ударов. Встряхивающие формовочные машины могут совершать от 150 до 300 ударов в минуту. Необходимое число ударов для уплотнения смеси колеблется от 30 до 60, высота подъема стола от 25 до 80 мм. Наибольшее уплотнение смеси при набивке встряхиванием получается у модели, верхние же слои смеси в опоке требуют дополнительного уплотнения. Дополнительное уплотнение верхних слоев смеси в опоке выполняют вручную или при помощи специальных допрессовочных механизмов, применяемых в формовочных машинах.

Встряхивающая формовочная машина мод. 271 (рис. 116) предназначена для изготовления полуформ по односторонним модельным плитам. Верхнюю и нижнюю полуформы изготавливают обычно раздельно на двух рядом стоящих машинах. Встряхивающий и прессовый механизмы машины располагаются в ее стане 1, на колонке 3 находится поворотная траверса 5 с прессовой колодкой 6. При включении механизма встряхивания сжатый воздух поступает по каналу 1 (рис. 117, б) под поршень 2 цилиндра встряхивающего механизма, поднимает стол 3 с модельной плитой и опокой, наполненной формовочной смесью. При подъеме стола до высоты выхлопного отверстия 4 он открывает его, вследствие чего давление воздуха под поршнем резко снижается, и поршень со столом падает вниз. В результате удара всей системы о торец цилиндра происходит уплотнение смеси в опоке.

Допрессовка верхнего слоя смеси в опоке производится подачей воздуха через отверстие 5 (рис. 117, в) под поршень цилиндра прессового механизма. Стол машины поднимается, смесь в опоке, соприкасаясь с прессовой колодкой траверсы, уплотняется. Штифты 6 для снятия полуформы с модели поднимаются подачей масла в канал 7 под поршень цилиндра штифтоподъемного механизма 8, связанного с траверсой 9.



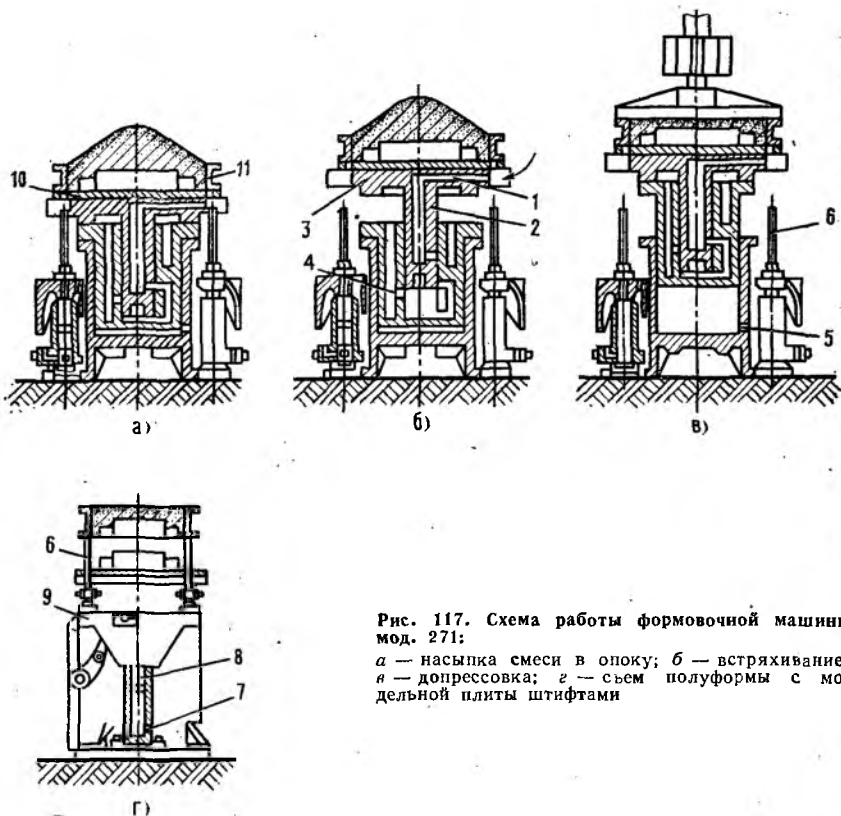


Рис. 117. Схема работы формовочной машины мод. 271:

а — насыпка смеси в опоку; б — встряхивание; в — допрессовка; г — сьем полуформы с модельной плиты штифтами

Процесс изготовления полуформы на машине мод. 271 состоит из следующих операций:

1. Модельную плиту 10 (рис. 117, а) обдувают сжатым воздухом и опрыскивают разделительной жидкостью из пульверизатора.

2. На модельную плиту устанавливают опоку 11 и наполняют ее формовочной смесью.

3. Включая механизм встряхивания (рис. 117, б), производят уплотнение смеси в опоке, после чего смесь в опоке разравнивают, излишек ее срезают, оставляя необходимый слой для допрессовки.

4. Траверсу с прессовой колодкой устанавливают над опокой. Под поршень прессового механизма подают свежий воздух, производят допрессовку верхнего слоя формовочной смеси в опоке.

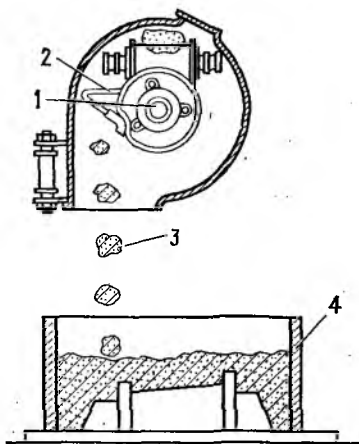
5. Траверсу с прессовой колодкой отводят в сторону. Переключают рукоятку воздухораспределителя в положение «вытяжка» для включения вибратора и подъема штифтов.

6. Готовую полуформу снимают со штифтов.

7. Рукоятка воздухораспределителя ставится в положение «стоп», штифтовой механизм опускается.

Рис. 118. Схема устройства и работы метательной головки пескомета;

1 — вал электродвигателя; 2 — ковш; 3 — смесь; 4 — опока



**Пескометы.** Формовочные машины, механизующие процесс наполнения опоки и уплотнение в ней формовочной смеси путем забрасывания ее в опоку, называют пескометами. Основная часть пескомета — его метательная головка, схема работы которой показана на рис. 118. Пескометы могут быть стационарными и передвижными. Стационарный пескомет устанавливают в определенном месте цеха и применяют для набивки формы в опоках средней величины, подаваемых к нему. Пескомет работает более производительно при наличии карусельного многопозиционного станка. Такой станок представляет собой вращающийся круглый стол, площадь которого разделена на секторы (позиции). Каждый из секторов оборудован механизмами и приспособлениями, необходимыми для выполнения определенной операции. Например, на первом секторе устанавливается на модель опока, на втором эта опока набивается смесью, т. е. подводится к головке пескомета, на третьем — из опоки удаляется модель, на последнем — опока снимается для сборки формы. Так, вращаясь, стол четырехпозиционной машины подает под головку пескомета пустые опоки, обеспечивая его бесперебойную работу.

Для изготовления крупных форм (садовые решетки, тумбы, фонарные столбы, колонки, постаменты) чаще всего применяют пескометы консольного типа, приспособленные для обслуживания нескольких рабочих мест, расположенных в ряду.

Консольный пескомет (рис. 119) состоит из вертикальной тележки 10, верхняя часть которой движется по подкранному пути 12, а нижняя — по рельсу 11. В головке пескомета 7 внутри на валу 1 (см. рис. 118), вращающемуся от электродвигателя, посажен ковш 2. В процессе работы в головку пескомета по транспортеру 6 (см. рис. 119) непрерывно подается формовочная смесь. Вращающийся с частотой 1500 оборотов в минуту ковш отсекает порции поступающей смеси и через выходное отверстие головки выбрасывает ее в опоку 8. Формовочная смесь, движущаяся из головки с большой скоростью, встречая на своем пути модель, уплотняется на ее поверхности, постепенно заполняя опоку. Вследствие шарнирного крепления рычагов гидравлического цилиндра 9 подъема и опускания головки пескомета свободно перемещается в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Формовщик, передвигая головку, может направлять струю смеси в нужное место опоки.

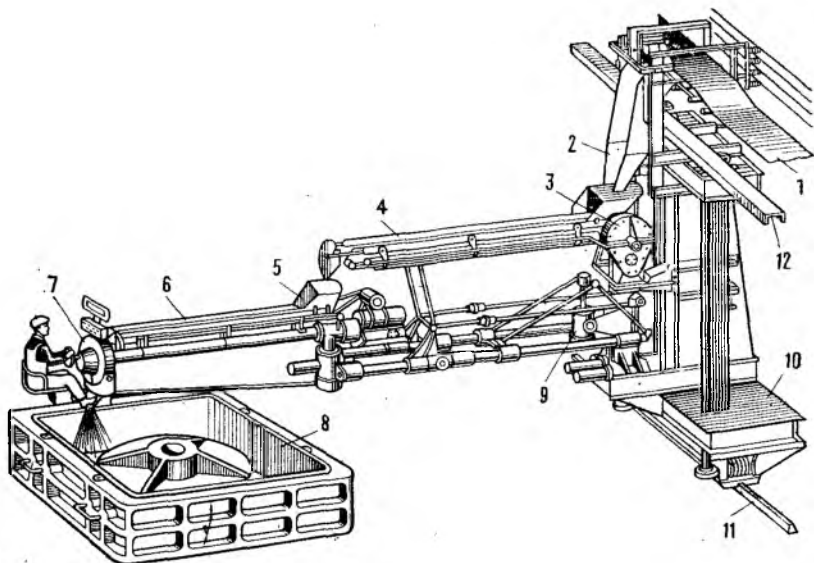


Рис. 119. Коисольный пескомет 296М

Непрерывность подачи смеси на транспортеры 4 и 6 и в головку пескомета обеспечивается цеховым транспортером 1 через воронки 3 и 5.

Плотность набивки форм на пескомете зависит от частоты вращения ковша головки пескомета, высоты расположения ее над поверхностью модели и скорости передвижения над опокой.

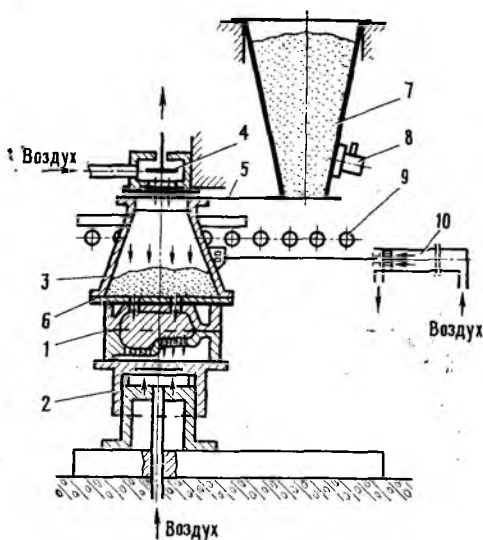
Благодаря высокой производительности (пескомет уплотняет в час от 5 до 40 м<sup>3</sup> смеси), равномерному уплотнению смеси в опоке и экономичности в расходе электроэнергии пескомет по сравнению с другими формовочными машинами является наиболее удобной формовочной машиной для изготовления крупных форм.

**Пескодувные машины.** При крупносерийном производстве архитектурных отливок формовочные машины применяют и для изготовления крупных стержней. Для изготовления стержней применяют стержневые машины, которые по принципу уплотнения смеси в стержневом ящике подразделяются на мундштучные, пескодувные и пескострельные. Наиболее современными являются пескодувные и пескострельные машины, на которых можно изготавливать стержни любой конфигурации. Производительность таких машин более 200 стержней в час. Стержни, изготовленные на пескодувных машинах, отличаются прочностью, чистотой поверхности и хорошей газопроницаемостью.

Принцип работы пескодувной машины состоит в том, что стержневая смесь из пескодувного резервуара вместе с сжатым воздухом вдувается в полость стержневого ящика и уплотняется в нем. На рис. 120 показан принцип работы стержневой песко-

Рис. 120. Принцип работы стержневой пескодувной машины мод. С-216:

1 — стержневой ящик; 2 — рабочий стол; 3 — рабочий резервуар; 4 — клапан дутья; 5 — шибер; 6 — подвижная плита; 7 — бункер со смесью; 8 — пневматический вибратор; 9 — рольганг; 10 — пневматический толкатель.



дувной машины мод. С216, предназначенной для изготовления стержней по ящикам с горизонтальным разъемом. Изготавливаемые на машине стержни массой до 10 кг имеют гладкую поверхность и высокую точность размеров.

Для изготовления стержня на машине мод. С216 подготовленный стержневой ящик 1

устанавливают на рабочий стол 2 (рис. 120). В рабочий резервуар 3 из бункера 7 загружают стержневую смесь, с целью устранения возможности застывания смеси включают вибратор 8. Загруженный смесью рабочий резервуар из-под бункера по рольгангу 9 пневматическим толкателем 10 перемещается под клапан дутья 4. Поднимается рабочий стол до упора стержневого ящика в надувную плиту 6. Рабочий резервуар с кареткой поднимается до упора в механизм подачи воздуха. Плотность прилегания рабочего резервуара к механизму подачи воздуха обеспечивается резиновым уплотнительным кольцом. Включением механизма дутья открывается шибер 5, производится надув смеси в стержневой ящик через надувную плиту 4. После надува смеси стол со стержневым ящиком опускается вниз, ящик снимают со стола, извлекают из него вентиляционные шомпола, при необходимости накалывают дополнительные вентиляционные каналы в отверстие для надува. Стержневой ящик раскрывают для удаления стержня. Недостатки пескодувных стержневых машин: большой расход воздуха, использование стержневых смесей только с низкой прочностью в сыром состоянии и сравнительно слабое уплотнение крупных стержней. Более экономичными являются пескострельные стержневые машины. По принципу работы пескодувные и пескострельные машины имеют много общего; те и другие изготавливают стержни путем надува смеси в стержневой ящик сжатым воздухом. Однако пескострельные машины позволяют использовать смеси с достаточно высокой прочностью в сыром состоянии, что облегчает последующие операции со стержнями до сушки. Кроме того, на пескострельных машинах можно изготавливать крупные стержни, используя для этого несколько выстрелов, т. е. заполнять стержневой ящик порциями смеси.

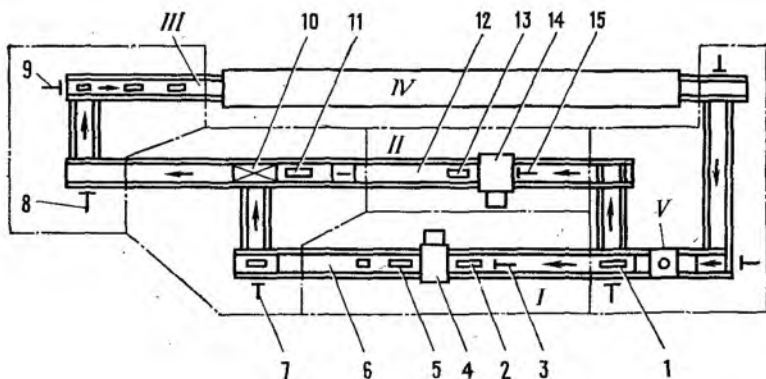


Рис. 121. Схема автоматической формовочной линии конструкции НИИ тракторсельхозмаш

### § 88. Формовочные автоматические линии

В последние годы создано много различных конструкций высокопроизводительных формовочных автоматов и полуавтоматов, обеспечивающих получение отливок массой от 0,1 до 200 кг, производительностью от 80 до 300 форм в час. На базе формовочных автоматов созданы и широко внедряются в литейных цехах автоматические линии. На рис. 121 представлена схема одной из формовочных автоматических линий конструкции НИИ тракторсельхозмаш. В процессе работы автоматической линии опоки после выбивки поступают в распаровщик 1, где отделяется верхняя опока от нижней. Первая по приводному рольгангу-накопителю подается на участок II формовки верхних полуформ, вторая — на участок I формовки нижних полуформ. Нижняя опока по рольгангу поступает на кантователь 2, переворачивается на 180° (в рабочее положение для формовки) и толкателем 3 подается на формовочный пресс 4 с пневматическим приводом и рычажным усилителем давления. Далее заформованная нижняя опока поступает на кантователь 5, переворачивается на 180° и подается на приводной рольганг-накопитель 6 для установки стержней. Верхняя опока толкателем 15 подается на аналогичный первому формовочный пресс 14. Готовая верхняя полуформа поступает через кантователь 13 на рольганг-накопитель 12 для контроля отпечатка модели. Нижняя полуформа с рольганга-накопителя 6 толкателем 7 подается в автомат сборки 10. Верхняя полуформа перед сборкой проходит кантователь 11 и затем поступает в автомат сборки.

Собранные литейные формы проходят по рольгангу и толкателем 8 подаются на участок заливки III. Здесь формы автоматически устанавливаются на подопочные плиты, загружаются гру-

Рис. 122. Схема автоматической линии «Дизаматик»

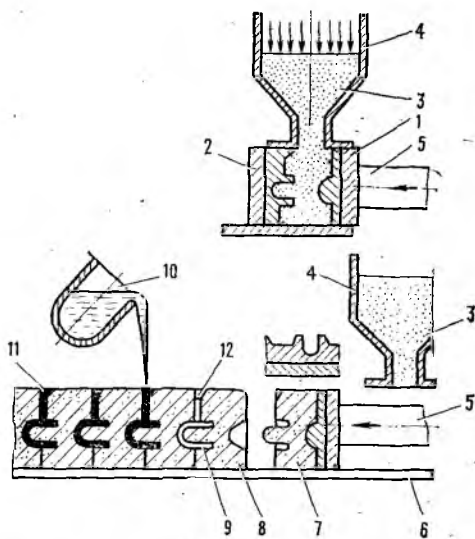
зовыми плитами и заливаются. После заливки грузовые плиты с форм снимаются пневмоприводом. Залитые формы толкателем 9 подаются на рольганг охлаждающей ветви (участок IV). Проходя под вентиляционным кожухом, формы охлаждаются и поступают под пресс усилием 5 тс для выбивки (участок V). Выдавленная прессом из опок формовочная смесь с отливкой поступает на встряхивающую решетку, где отливка отделяется от смеси. Пустые опоки с решеткой поступают на распаровку. Подопочные плиты перед поступлением форм на выдавливание возвращаются на участок заливки.

Производительность автоматической линии 180 форм в час, число обслуживающих (без заливщика и установщика стержней) 4 человека.

На формовочной автоматической линии Датской фирмы Disa—«Дизаматик» изготавливаются небольшие фасонные отливки из чугуна, стали и сплавов цветных металлов в безопасных литейных формах. Материалом для изготовления форм являются высокопрочные формовочные смеси, прочность которых в сыром виде более 100 МПа. Для уплотнения смеси в форме используется пескоструйно-прессовый способ.

Литейные формы изготавливаются в формовочной камере с модельными плитами 1 и 2 (рис. 122). Камера заполняется формовочной смесью 3 из резервуара 4 под давлением сжатого воздуха. В заполненной формовочной камере смесь прессуется плунжером 5 с модельной плитой 1. После этого модельная плита 2 отходит и поворачивается. Уплотненная полуформа 6 плунжером 5 проталкивается по плите 7 до соприкосновения с предыдущей полуформой 8 и образует полость формы 9 с литниковой системой 12.

Повторяя процесс изготовления литейной формы, получают непрерывный ряд форм, который заполняется расплавом из ковша 10. Залитые формы поступают на выбивку, где отливки 11 освобождаются от формовочной смеси. Отливки, полученные на линии, имеют чистую поверхность с минимальным припуском на обработку. Производительность автоматической линии 300 форм в час.



### Вопросы для повторения

1. Какие отливки относятся к архитектурным?
2. Каковы особенности формовки архитектурных отливок?
3. Как изготовляют модели поручней и брусьев?
4. Как изготовляют форму садовой решетки?
5. Для чего при установке стержня в форме применяют жеребейки?]
6. В чем состоит процесс формовки по шаблону?
7. Какие приспособления применяют при формовке по шаблону?
8. Как изготовляют литейную форму чаши для фонтана?
9. Возможно ли формовать по шаблону изделия, имеющие форму овала?
10. Как изготовляют по шаблону стержни?
11. Когда и как изготовляют литейную форму в почве?
12. Что такое машинная формовка и какие ее преимущества перед ручной?
13. Как классифицируются формовочные машины?
14. Как устроены и работают прессовые формовочные машины?
15. Как устроены и работают встряхивающие формовочные машины?
16. Принцип работы и применение пескометов.
17. В чем состоит принцип работы пескодувных стержневых машин?
18. Какие Вы знаете формовочные автоматические линии?

### § 89. Окраска форм и стержней

На поверхности отливок художественных изделий не должно быть пригара и раковин, поэтому полость формы художественной отливки следует хорошо защищать от действия заливаемого в нее расплавленного горячего металла. Поверхность полости сырых форм для защиты от пригара припыливают порошком древесного угля или графита. Древесноугольный порошок применяют для форм тонкостенных отливок, графит — для форм толстостенных отливок. На стенках сухих форм порошок не удерживается, поэтому на стенки таких форм наносят защитный слой в процессе сушки их в камере сушильной печи. Коптящее пламя смолистого топлива, взаимодействуя с формовочной смесью стенки формы, образует на них защитный слой, который, не ухудшая четкости сложной поверхности полости формы, препятствует пригару смеси к стенкам отливки. Полость сырых форм ажурных отливок покрывают таким слоем, подкапчивая их в течение нескольких минут копящим пламенем смолистого топлива. Подкапчивание поверхности стенок формы в сочетании с ее легким подсушиванием дает хорошую заполняемость формы расплавом и красивую поверхность отливки.

Полости форм архитектурных отливок с менее сложной поверхностью и большей толщиной стенки предохраняет от пригара нанесение на стенки формы противопригарного слоя, окрашивание их специальными красками, в состав которых входит вода, графит, древесноугольная пыль и (для увеличения клейкости) небольшой процент связывающих веществ. Слой краски наносят на поверхность формы и стержня кистью или специальными распылителями. После окраски формы и стержни подсушивают.

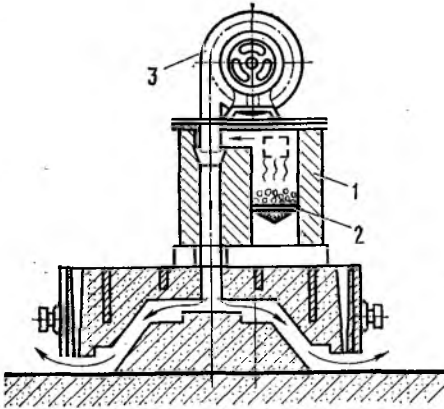
При производстве крупных архитектурных отливок повышают противопригарные свойства формовочной смеси путем введения в нее специальных добавок (каменноугольного и древесноугольного порошка, графита, пылевидного кварца).

### § 90. Сушка форм и стержней

Прочность форм художественных отливок обеспечивается высоким содержанием глины в применяемых для их изготовления формовочных смесях. В стержневой смеси для повышения прочности стержней применяют специальные связующие. И в том, и в другом случае высокая прочность формы и стержня достигается после сушки.



Рис. 123. Переносной сушильный агрегат



нии скрепляют массу смеси. В смесях на декстрине происходит процесс клейстеризации. Сульфитная барда образует смолу, обладающую клеящей способностью. Формы, изготовленные из жирных формовочных смесей, обладают плохой газопроницаемостью, так как глина и влага уменьшают пористость смеси в форме. В процессе сушки большая часть влаги испаряется, при этом пары ее, расширяясь при нагревании, прорываются через стенки формы и стержня, оставляя в них небольшие каналы, от чего газопроницаемость стенок формы и стержня увеличивается. Кроме того, в процессе сушки форм и стержней при взаимодействии с газами от сгорания смолистого топлива в топке сушильной печи на их стенках отлагается налет сажи, который создает защитный слой от воздействия заливаемого в форму металла.

Таким образом, в процессе сушки форм и стержней повышается их прочность, газопроницаемость и огнеупорность.

Продолжительность сушки формы часто равна времени процесса изготовления самой формы, а в отдельных случаях и превосходит его. С целью сокращения процесса получения отливки осуществляют не сквозную сушку форм, а поверхностную. При сквозной сушке форма просушивается полностью, при поверхностной — на глубину 10—40 мм.

В зависимости от способа изготовления формы и ее размера процесс сушки осуществляют на месте изготовления формы или в сушильных печах.

**Сушка форм на месте.** Литейные формы больших размеров и формы, изготовленные в почве, сушат обычно на месте переносными сушильными агрегатами и устройствами с инфракрасными лучами.

Переносной сушильный агрегат (рис. 123) устанавливают на форму. Внутри корпуса 1 печи в топке 2 сжигается топливо, продукты горения которого (горячие газы) вентилятором 3, установленным в верхней части, прогоняются через выпор в полость формы

Рис. 124. Камерная сушильная печь периодического действия

и подсушивают ее. Наиболее рациональным способом подсушки форм на месте является использование инфракрасных лучей специальных электроламп мощностью 250—500 Вт.

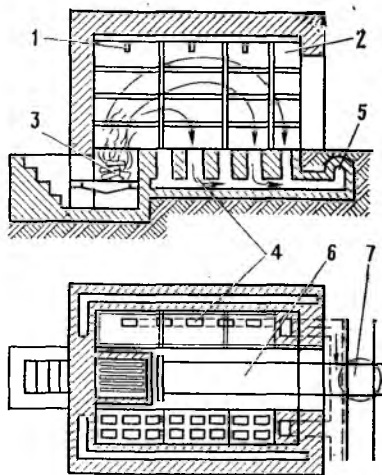
**Сушка форм и стержней в сушильных печах.** Наиболее удобным и экономичным способом сушки форм и стержней является сушка их в сушильной печи, представляющей собой камеру с расположенной внутри или сбоку топкой. Горячие газы из топки по специальным каналам или непосредственно проходят в камеру, прогревают и сушат находящиеся в ней формы и стержни.

Сушильные печи по конструкции подразделяют на переносные и стационарные, а по принципу действия — периодического и непрерывного действия. При массовом производстве отливок применяются сушильные печи непрерывного действия в виде конвейерных сушильных агрегатов. Проходные печи непрерывного действия работают непрерывно. Загрузку и выгрузку форм и стержней в камерах сушильных печей непрерывного действия производят непрерывно с разных сторон печи. Формы и стержни, продвигаясь, проходят различные температурные зоны, обеспечивающие заданный режим сушки.

В тупиковых сушильных печах периодического действия формы и стержни сушат периодически, в момент загрузки и выгрузки форм и стержней сушильная печь не работает.

Для сушки форм и стержней художественных отливок чаще всего применяют тупиковые сушильные печи периодического действия.

На рис. 124 показано устройство камерной сушильной печи, используемой для сушки форм и стержней кабинетных художественных отливок. Кирпичная камера сушильной печи перекрыта сводом, в середине которого расположены два ряда крючков 1 для подвешивания небольших полуформ. Вдоль боковых стен камеры устроены этажерки 2 для размещения полуформ и драйеров со стержнями и кусками форм. Топка 3 сушилы расположена у задней стенки ниже уровня пола. Каналы 4 для выхода газов из печи устроены в углах передней стенки камеры и проходят под полом печи в общий дымовой бороз 5. Для регулирования нагрева камеры и выхода газов каналы, идущие к общему дымовому борозу, перекрыты шиберами, которыми регулируют дви-



жение газа в камере. В передней стенке сушильной камеры устроена створчатая дверь, с внутренней стороны покрытая футеровкой из огнеупорной глины. В центре сушильной камеры расположен рельсовый путь 6 с поворотным кругом 7 для ввоза в сушильную камеру вагонетки с крупными полуформами и стержнями.

После загрузки камеры дверь закрывают, зазоры в ней замазывают глиной и, прикрыв шиберы, разжигают топку. В топливо добавляют мазут для копоти. Горячие газы из топки поднимаются вверх, соприкасаются с поверхностью форм, оставляя на них слой копоти, и вместе с парами испаряющейся из форм влаги входят в дымовую трубу.

Литейные формы скульптур сушат в специальных камерных или ямных сушильных печах периодического действия, работающих на газе. Ямная печь представляет собой кирпичную камеру, расположенную ниже уровня пола цеха и перекрытую съемным сводом. Загрузка и выгрузка форм в ямных печах производится через съемный свод краном. Для сушки небольших стержней применяют сушильные шкафы, обогреваемые воздухом, предварительно нагретым в установленном наверху шкафа калорифере. Внутри сушильного шкафа расположены решетчатые полки, передние кромки которых прикреплены к дверцам так, чтобы при открытии дверки выдвигалась и полка с расположенными на ней стержнями.

Процесс сушки форм и стержней осуществляется в три периода. В первый период, постепенно повышая температуру, медленно нагревают стержни и формы, что способствует лучшему их прогреву, без растрескивания. Во втором периоде быстро повышают температуру до максимального уровня, что способствует интенсивному удалению влаги с поверхности форм и стержней. Максимальная температура при сушке форм и стержней зависит от применяемых при их изготовлении связующих: при использовании органических связующих — 160—240 °С, глины — 300—350 °С, жидкого стекла — 200—250 °С, термореактивных смол — 300—400 °С. При максимальной температуре формы и стержни выдерживают некоторое время в зависимости от температуры сушки, толщины стенки форм и условия передачи теплоты в сушиле. В третий период сушки формы и стержни при полуоткрытом шибере постепенно охлаждают в сушильной камере до температуры выгрузки (50—60 °С).

## § 91. Сборка и подготовка форм к заливке

**Кусковые формы.** Хорошо просушенные полуформы, стержни и части формы (куски) выгружают из сушильной печи и внимательно осматривают их с целью обнаружения возможных повреждений. С поверхности полуформ, стержней и кусков сметают мягкой щетинной щеткой пыль и золу. Затем в установленной нижней полуформе по знакам укладывают куски, стараясь не касаться

поверхности их лицевой части (отпечатка моделей). Куски (части) небольших форм укладывают вручную, куски форм статуйного типа — используя подъемные механизмы.

Во избежание заливов и больших швов на поверхности отливки при укладке кусков следует добиваться плотного прилегания их друг к другу. Причиной неплотного прилегания кусков в форме может быть плохая очистка знаков или поломка нижней части куска. В собранной нижней полуформе, прочистив каркасную трубку, устанавливают стержень; концы его трубки и поперечника должны точно располагаться в знаках, стержень при этом не должен качаться. В противном случае может произойти сдвиг стержня и повреждение поверхности верхней полуформы.

При установке стержня следует проверить величину и равномерность просвета между ним и формой (толщину стенки отливки). В условиях единичного производства отливки толщину стенки отливки определяют контрольным перекрытием полуформ. Для этого до установки стержня в необходимых местах полости формы и на стержень (после его установки) устанавливают конуса из мягкой глины, после перекрытия полуформ примятые конуса покажут величину просвета, или толщину стенки будущей отливки.

Особое внимание при сборке формы следует уделять верхней полуформе, в которой куски в процессе удаления модели должны быть приколоты или прикреплены к ее поверхности. При сборке формы необходимо убедиться в надежности их крепления, заделывать между ними швы с целью устранения возможности проникновения в них металла при заливке формы. После установки стержня, проверив каналы литниковой системы, полуформы спаривают. Плотность прилегания одной полуформы к другой проверяют прокладкой между ними валика пластичной глины. Равномерность обжата валика покажет плотность прилегания полуформ.

Чтобы избежать при заливке подъема металлом верхней полуформы, полуформы перед заливкой скрепляют. Для получения хорошей плотности в определенной части отливки и резкости отпечатка на ней поверхности модели кусковые литейные формы статуэток заливают в вертикальном положении, располагая наиболее ответственные части их внизу. При этом увеличивается гидростатическое давление металла в форме, что способствует получению четкого отпечатка поверхности полости формы.

Для заливки в вертикальном положении кусковые формы зажимают на прессе (рис: 125, а). Кусковые формы статуарных отливок заливают в ямах (кессонах). Для скрепления формы пространство между стенкой кессона и формой забивают песком. Формы, изготовленные по выжигаемым моделям, заливают на плацу. Подготовку для заливки форм ажурных отливок начинают с подкапчивания полуформ. Подогретые полуформы спаривают и устанавливают для заливки. Формы с подопочными щитками располагают

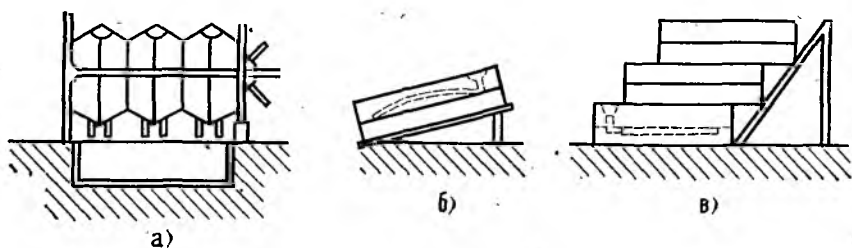


Рис. 125. Установка форм для заливки:  
 а — вертикально; б — наклонно; в — в стопку

на специальных подставках (таганах). Полуформы скрепляют путем установки на форму груза. Форма с горизонтальной литниковой системой, расположенной с одной стороны ее полости, для лучшего заполнения металлом устанавливают на подставке с небольшим наклоном от стояка (рис. 125, б). Литейные формы отливок типа барельефов с целью экономии площади рабочего места удобно располагать для заливки в стопку (рис. 125, в).

**Формы архитектурных отливок.** Процесс сборки и подготовки форм к заливке архитектурных отливок включает следующие операции: подготовку к сборке полуформ и стержней, установку и крепление стержней в полуформах, проверку точности их установки, отделочные работы и спаривание полуформ, установку литниковых и выпорных чаш, скрепление полуформ для заливки.

В отличие от форм художественных отливок работы по сборке формы начинаются с подготовки полуформ и стержней, исправления обнаруженных в них дефектов, проверки качества сушки, подготовки места сборки и заливки формы. После окончания подготовительных работ устанавливают в полуформах стержни. Небольшие стержни массой до 15 кг устанавливают вручную, более крупные — с применением подъемных механизмов. Крепление стержней в полуформах производится в зависимости от конструкции и расположения стержня жеребейками, подвешиванием в верхней полуформе, прикальванием, приклеиванием. Правильность установки стержней в форме контролируется шаблонами, кондукторами, стандартными жеребейками.

При заливке в форме образуется большое количество газа, в том числе и в стержне. Несвоевременное удаление их из формы вызовет образование газовых раковин в отливке или повреждение формы и получение соответствующих дефектов в отливке. Поэтому при сборке формы необходимо проверить наличие и качество вентиляционной системы формы и стержня.

В процессе отделочных работ при сборке формы на поверхности крупных стержней заделывают облицовочной или стержневой смесью углубления для весок, если они расположены на их рабочей части. Зазоры между стержнями заделывают тестообразной

пастой. Места заделки при необходимости окрашивают противогригарной краской.

После выполнения отделочных работ полуформы спаривают, устанавливая по штырям верхнюю на нижнюю. При спаривании полуформ необходимо обеспечить плотную посадку их по поверхности вокруг полости формы, препятствующую прорыву расплава через разъем формы при заливке ее металлом. Для этого в крупных сухих формах, в нижней полуформе, по периметру полости формы (на расстоянии 30—50 мм от ее края) прокладывают валик из мягкой глины. В сырых формах вместо глины на поверхности разреза в нижней опоре подрезают гладилкой песчаный валик.

В зависимости от величины полуформ спаривание их при сборке производится вручную или при помощи крана. Для увеличения гидростатического давления расплава, поступающего в форму, при заливке больших форм архитектурных отливок применяют литниковые и выпорные чаши. Такие чаши (наращалки) для небольших и средних форм устанавливают на поверхности формы над стояком и выпором. Для мелких форм их изготавливают из формовочной смеси в небольших рамках-опоках сам формовщик. Для крупных форм литниковые и выпорные чаши изготавливают специально в стержневом отделении цеха.

#### Вопросы для повторения

1. Для чего сушат формы художественных отливок?
2. Почему формы и стержни после сушки имеют лучшую газопроницаемость и прочность?
3. Какое значение, кроме увеличения прочности и газопроницаемости, имеет сушка для форм художественных отливок?
4. Какие Вы знаете способы сушки форм и стержней?
5. Когда и как сушат формы на месте?
6. Какие Вы знаете виды сушильных печей, как они подразделяются по устройству и принципу действия?
7. Какие сушильные печи применяют для сушки форм и стержней художественных отливок?
8. Как устроена сушильная печь периодического действия?
9. Как протекает процесс сушки форм и стержней в сушильной печи?
10. Как сушат большие формы скульптурных отливок?
11. В чем состоит процесс сборки и подготовки к заливке кусковых форм?
12. Как готовят к заливке формы ажурных отливок?
13. Как крепят кусковые формы перед заливкой?
14. В чем состоит процесс сборки и подготовки к заливке форм архитектурных отливок?
15. Как проверить правильность установленного в форме стержня?
16. Как крепят перед заливкой формы архитектурных отливок?
17. Почему формы кабинетных художественных отливок заливают в вертикальном положении.

## ГЛАВА 16. ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСПЛАВОВ И ЗАЛИВКА ФОРМ

### § 92. Плавильные печи

Для приготовления расплавов, применяемых для заливки форм художественных и архитектурных отливок, используют различные плавильные печи. В процессе работы плавильные печи должны обеспечивать: 1) получение расплава заданного химического состава, соответствующей температуры и жидкотекучести; 2) минимальный угар расплава и минимальное насыщение его вредными примесями; 3) низкий расход топлива и максимальную производительность. Кроме того, плавильные печи по типу и производительности должны быть приспособлены к режиму литейного цеха.

Наиболее широкое применение имеют вагранки, дуговые и индукционные электрические печи, пламенные и тигельные печи, электрические печи сопротивления. В производстве литья по выплавляемым моделям используют электрические высокочастотные печи.

**Вагранки.** Для плавки чугуна наиболее удобными являются вагранки, особенно если необходимо иметь значительное количество металла постоянного химического состава. Высокая производительность вагранок объясняется тем, что они являются печами непрерывного действия.

Вагранка представляет собой шахтную плавильную печь, внутри выложенную огнеупорным кирпичом 2 (рис. 126), снаружи обтянутую сваренным или клепанным металлическим кожухом 1. Печь смонтирована на колонках 9. В опорной плите 5 имеется люк 6, который во время работы вагранки закрывается створчатой дверцей, подпираемой подставкой 10. Дно вагранки, называемое лещадью; набивается огнеупорными материалами с наклоном в сторону отверстия 8 для выпуска чугуна (чугунной летки). В противоположной стороне от чугунной летки, выше ее, устроено отверстие 4 для выпуска шлака (шлаковая летка). Выше шлаковой летки в стенках вагранки расположены сквозные отверстия 7 для вдувания воздуха—фурмы.

В современных вагранках фурмы делают в два или три ряда, нижние называются основными, верхние — вспомогательными. Часть вагранки, расположенная ниже фурм, называется горном, а часть вагранки, расположенная выше фурм, — шахтой. Шахта вверху, на уровне колошниковой площадки, имеет завалочное окно 3. Верхняя часть вагранки заканчивается трубой с искроуловителем 13.

Чтобы накопить металл для заливки крупных форм, вагранки делают с копильником 11 (рис. 126, б). Копильник представляет

собой дополнительный горн вагранки, пристроенной к ней сбоку, ниже чугунной летки в виде цилиндра, внутри выложенного, как и вагранка, огнеупорным кирпичом. Расплавленный металл, попадая на лещадь вагранки, стекает через переходную летку 8 (рис. 126, б) в полость копыльника, откуда по мере накопления через летку 12 выпускается в ковш для заливки. Недостатком вагранок с копыльником является снижение температуры металла на 20—25 °С.

Вагранка приспособлена для плавки чушкового чугуна и металлических отходов собственного производства—литников, прибылей и бракованных отливок. Недостатком в использовании вагранки является увеличение в расплаве серы вследствие перехода ее в чугун (в процессе плавки) из кокса.

Шихтовые материалы и их подготовка. Исходные материалы, идущие в печь для плавки, называют шихтовыми материалами, а мерная доза их, идущая на загрузку в вагранку, — колошей. Для получения расплава чугуна в качестве шихтовых материалов в литейных цехах применяют чушковый чугун, чугунный и стальной лом, возврат собственного производства. Материалы для присадки — ферросплавы (ферросилиций, ферромарганец).

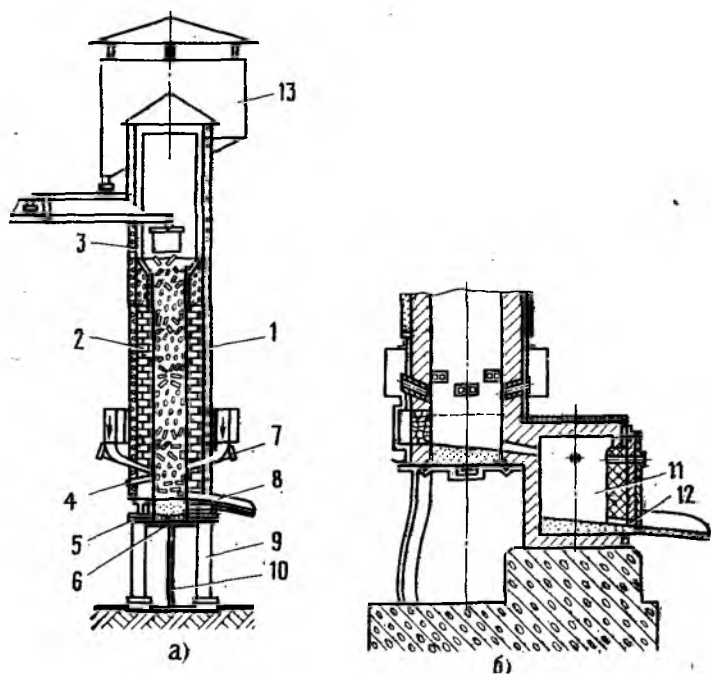


Рис. 126. Вагранка:  
а — без копыльника; б — с копыльником



Топливом при плавке чугуна является кокс—продукт переработки коксующихся каменных углей. Кроме металла и кокса в состав шихтовых материалов входит флюс (известняк), необходимый для образования легкоплавкого шлака, с помощью которого удаляются из металла неметаллические включения.

Перед загрузкой в вагранку чушки чугуна ломают на чушколамах, крупногабаритные куски металлического лома дробят на более мелкие части с помощью копров, флюсы измельчают в дробилках. Возврат (литники, прибыли, бракованные отливки) очищают от пригоревшей формовочной смеси в специальных барабанах. Кокс просеивают, чтобы отделить мелкие куски.

**П л а в к а ч у г у н а в в а г р а н к а х .** Подготовку вагранки к плавке производят в следующем порядке.

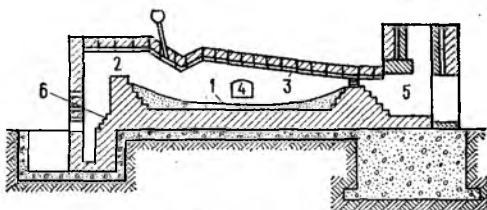
На лещади вагранки разжигают дрова для сушки ее стенок. После того как дрова разгорятся, на них загружают кокс холостой колоши (слой кокса без металла). Шихту в вагранку загружают с помощью бадьи, вводимой в шахту вагранки через загрузочное окно. Когда кокс холостой колоши разгорится, начинают очередную загрузку металлических, коксовых колош и флюса до уровня завалочного окна. Такой уровень материалов в шахте вагранки поддерживается до конца плавки. К концу завалки шихты включают вентилятор и подают воздух через фурмы в зону горения. По мере сгорания топливных колош металл в вагранке подогревается, спускается ниже и, попадая в пояс плавления (верхняя часть холостой колоши), плавится. Расплавленный металл каплями, проходя через раскаленный слой холостой колоши, науглераживается за счет кокса и опускается в горн на лещадь. Из горна чугун по мере накопления выпускается через чугунную летку в разливочный ковш. Шлак, получающийся в вагранке от плавления флюса, скапливается в горне на поверхности чугуна и выпускается из вагранки через шлаковую летку.

Для окончания процесса плавки прекращают завалку материала и дают расплавиться ранее загруженному. Затем выключают вентилятор, раскрывают дверки опорной плиты, остатки кокса холостой колоши высыпаются из вагранки, где их заливают водой.

После охлаждения вагранки ее внутреннюю часть ремонтируют: исправляют выгоревшие места огнеупорной кладки, набивают лещадь и готовят вагранку к следующей плавке. Производительность вагранки в зависимости от ее внутреннего диаметра может быть от 3 до 30 т в час. Расход топлива от 10 до 16 кг на 100 кг расплавленного чугуна.

В последние годы конструкции вагранок значительно усовершенствованы. Созданы и освоены новые конструкции более экономичных коксогозовых вагранок, вагранок закрытого типа, с очисткой и дожиганием отходящих газов. Для увеличения производительности в вагранках используют подогретое дутье и дутье, обогащенное кислородом.

Рис. 127. Стационарная пламенная печь



При заливке форм архитектурных отливок для повышения механических свойств расплава серый чугун подвергают модифицированию — на желоб вагранки (при выпуске чугуна) из вибрирующего совка подают мелкодробленый ферросилиций. Такая операция позволяет измельчать пластинчатые включения графита в чугуне, в результате прочность чугуна повышается.

**Пламенные печи.** При производстве крупных художественных отливок для плавки чугуна и цветных сплавов применяют пламенные печи.

Стационарная пламенная печь (рис. 127) представляет собой камеру, кожух которой собран из литых чугунных плит, укрепленных на стойках. Внутри печь выложена огнеупорным кирпичом. Под печи набивают из кварцевого песка и огнеупорной глины в форме ванны 1, ограниченной передним 2 и задним 3 порогами. Перед передним порогом в печи расположена топка 6 для сжигания твердого, жидкого или пылевидного топлива. За задним порогом печи расположена труба 5 для отвода дымовых газов. В передней стенке печи перед ванной имеется окно 4 для загрузки шихты. Габаритные материалы закладывают в печь через съемный свод. Расплавленный металл по мере готовности через летку выпускают в ковш.

Пламенные печи могут быть стационарными и поворотными.

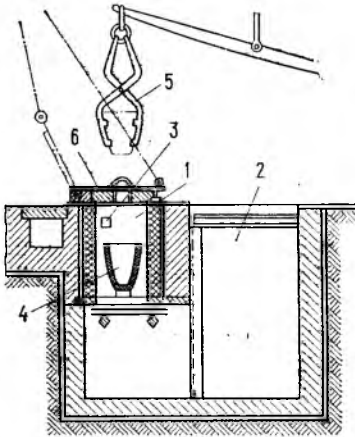
Поворотная барабанная печь устанавливается на роликах, приводимых в движение электродвигателем. Покачивание на роликах позволяет в процессе плавки хорошо перемешивать металл, и за счет использования теплоты стенок сокращать продолжительность плавки.

Преимущество плавки чугуна в пламенных печах — возможность получения перегретого чугуна с меньшим содержанием вредных примесей, использование для плавки габаритного лома. По сравнению с вагранками пламенные печи менее экономичны и менее удобны в работе. Они выдают металл периодически, требуют большего расхода топлива, имеют продолжительный период плавки (4—7 ч) и большой угар металла (5—8 %).

**Тигельные печи.** По виду применяемой для плавки энергии тигельные печи подразделяются на коксовые и электрические. В производстве художественных отливок тигельные печи используют для плавки бронз и латуни. Тигельные печи могут быть стационарными и поворотными.

Стационарные печи (рис. 128) устраивают в полу литейного цеха в виде колодца, с одной стороны которого делается небольшая шахта 1 с колосниковой решеткой внизу. Вторая часть 2 колодца

Рис. 128. Стационарная тигельная печь



служит для уборки золы из-под колосниковой решетки и естественной тяги при плавке. В верхней части шахты имеется дымоход 3. На уровне пола цеха шахта закрывается шарнирной крышкой 6 с противовесом для удобства ее открывания. Материалы для плавки загружают в графитовый тигель 4, установленный на колосниковой решетке шахты печи. Заполненный тигель сверху закрывают крышкой, предохраняющей металл от воздействия газов, образующихся при горении топлива. После загрузки тигля пространство между стенками тигля и шахты заполняют коксом и разжигают его. Горящий кокс разогревает тигель с материалами и затем расплавляет металл. Для заливки форм тигель с расплавленным металлом извлекают из печи специальными клещами-захватом 5.

В поворотных тигельных печах графитовые тигли закреплены, а металл выливают из тигля поворотом печи на цапфах.

Тигельные печи работают с естественной тягой или вентиляторами. Преимуществом плавки в тигельных печах является возможность получения расплава однородного состава с малым содержанием серы. Кроме того, тигельные печи, работающие на коксе, просты по конструкции, не требуются больших затрат на их изготовление. Недостаток тигельной плавки на коксе — высокий расход топлива (от 30 до 120 % от массы металла), малая производительность (от 50 до 150 кг за плавку), высокая стоимость графитовых тиглей.

**Электрические печи.** Электрические плавильные печи в производстве художественного литья применяют чаще для плавки бронз и латуни и реже — для чугуна. В производстве машиностроительных отливок электрические печи используют для получения качественного чугуна, идущего на отливки ответственного назначения.

Для плавки чугуна электрические печи используют как самостоятельный плавильный агрегат, работающий на твердой завалке, так и агрегат для доводки до необходимого состава жидкого чугуна, расплавленного в вагранке. Такой процесс (получения расплава с применением двух плавильных печей (вагранки + + электропечь) называют *дуплекс-процессом*.

Электрические плавильные печи подразделяют на дуговые, индукционные и печи сопротивления. Источником теплоты для плавки в дуговых печах (рис. 129) является электрическая дуга, возникающая между графитовыми электродами и массой металла

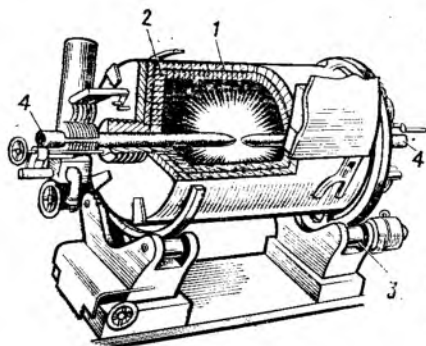


Рис. 129. Дуговая электрическая печь

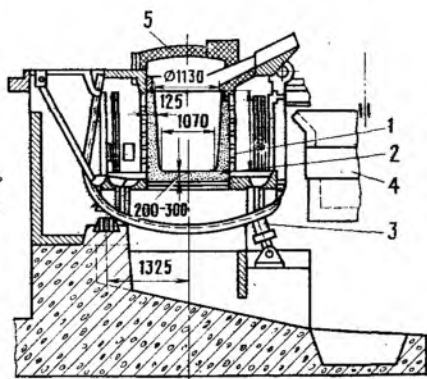


Рис. 130. Индукционная тигельная печь:  
1 — индуктор; 2 — тигель; 3 — механизм поворота печи; 4 — ковш; 5 — крышка

в печи. Дуговые однофазные электрические печи типа ДМК вместимостью до 1 т с двумя горизонтально расположенными графитовыми электродами применяют для плавки лагуни и бронзы.

Дуговая электрическая печь (рис. 129) представляет собой стальной сварной барабан 1 с огнеупорной футеровкой 2 внутри. Барабан опирается на роликовые опоры 3, с помощью которых осуществляется поворот печи для выливания готового расплава. Графитовые электроды 4 вводятся в рабочее пространство печи через торцы.

Шихта для медных сплавов, чушковый материал, лигатуры, машинный лом и отходы производства загружают в печь через рабочее окно, снабженное желобом для выпуска готового расплава. После расплавления шихты сплав перемешивается, перегревается, доводится до требуемого состава и температуры заливки.

Среди плавильных агрегатов периодического действия наиболее экономичны и производительны электрические индукционные тигельные печи промышленной частоты 50 Гц, применяемые в литейных цехах для плавки серого чугуна на твердой завалке. Создаваемое индуктором 1 печи электромагнитное переменное поле индуцирует вихревые токи в металле. При этом электрическая энергия переходит в тепловую.

Устройство индукционной тигельной печи вместимостью 8 т показано на рис. 130. Тигель 2 печи футеруют массой, состоящей из 48 % кварца (с величиной зерен 0,6—1,6 мм) с содержанием  $\text{SiO}_2$  не менее 95 %; 50 % пылевидного кварца КП-3 (с величиной зерен не более 0,5 мм) и 1,8 % борной кислоты. Футеровочную массу готовят в смесителе в сухом виде. Набивку тигля производят слоями толщиной 50—70 мм, обеспечивая между ними хорошую связь, после чего футеровку сушат. Шихту в тигель загружают осторожно без ударов о стенку и возможно плотно,

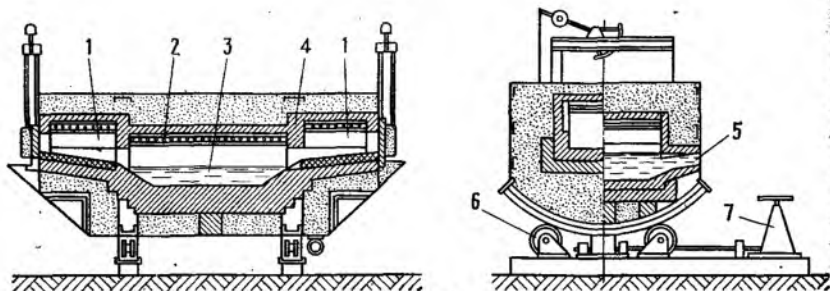


Рис. 131. Электрическая печь сопротивления:  
 1 — форкамеры для помещения исходных шихтовых материалов; 2 — электрические спирали; 3 — металлооборник; 4 — шамотная футеровка; 5 — желоб; 6 — роликовые опоры; 7 — механизм поворота печи

что способствует быстрому расплавлению металла в тигле и уменьшает расход электроэнергии. Плавку ведут при закрытом тигле. Готовый расплав выливают из тигля в ковш 4 путем наклона печи механизмом поворота 3.

Основными преимуществами индукционной электрической тигельной печи являются возможность более строго выдерживать химический состав металла, небольшой угар элементов, не превышающий 2—3 %, и улучшение гигиенических условий труда.

Электрические печи сопротивления (стационарные и качающиеся) применяют для плавки алюминиевых сплавов. Металл в печах сопротивления плавится тепловой, выделяемой нихроновыми нагревателями, заделанными в фасонных кирпичках стенок печи. Схема устройства качающейся печи сопротивления мод. САН показана на рис. 131.

### § 93. Заливка форм

**Разливочные ковши.** Для заливки литейных форм применяют ковши различных размеров и форм (рис. 132). В соответствии с существующими нормативами разливочные ковши делят на ручные, монорельсовые и крановые.

Небольшие формы заливают ручными ковшами — ложками (рис. 132, а) вместимостью от 16 до 40 кг, переносимыми ухватами или специальными носилками-рогачами (рис. 132, б) одним или двумя рабочими. Такие ковши изготовляют из листовой стали. Для удобства креплений их на носилках и выбивки настелей, образующихся в ковше при работе, они имеют коническую форму.

Внутренние стенки ручных ковшей обмазывают огнеупорной глиной и хорошо просушивают. Более крупные ковши такой формы передвигают вручную по подвесным монорельсам или транспортируют краном. Для заливки крупных форм применяют барабанные ковши (рис. 132, в) емкостью 400—800 кг. Ковши подвозят к формам на специальных вагонетках по рельсо-

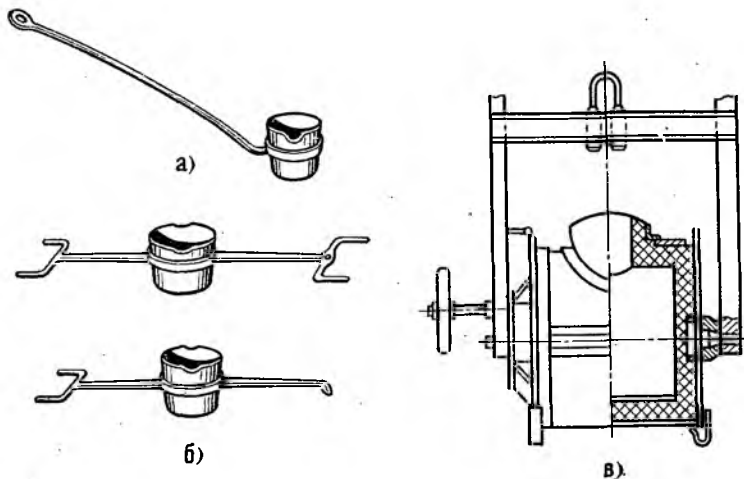


Рис. 132. Ковши для заливки литейных форм

вым путем цеха или в специальных коромыслах мостовым краном. При заливке форм из крупных ковшей их наклоняют при помощи поворотного механизма со штурвалом.

**Условия заливки.** Заливка литейных форм по продолжительности является самой короткой операцией в технологическом процессе получения отливки, однако влияние ее на качество отливки велико. Брак при заливке занимает до сих пор значительное место. Недоливы, спай, пригар, шлаковые и усадочные раковины часто являются следствием неправильного выполнения процесса заливки.

Качество операций заливки определяется следующими параметрами: температурой расплава при заливке форм; скоростью

Таблица 17

Температура заливки форм художественных отливок

Литейные сплавы	Отливки	Толщина стенки, мм	Температура по оптическому пирометру, °С
Серый чугун (3,4—3,6 % С, 2,2—3,2 Si)	Тонкостенные, ажурные	2—4	1400
Серый чугун (3,4—3,6 % С, 2,5—3,0 % Si)	Кабинетные	5—10	1350
Серый чугун (3,3—3,6 % С, 2,3—3,0 % Si)	Статуарные архитектурные	10—20	1300
Оловянные и фосфористые бронзы	Кабинетные	До 10	1100—1150
Алюминиевые бронзы	Статуарные	10—20	1050—1100
Кремнистая латунь	Кабинетные	Св. 20	1000—1050
		До 10	1100—1150

Таблица 18

## Пониженные температуры расплава при выдержке в ковше

Операции	Вместимость ковша, кг	Понижение температуры, °С
Выпуск из печи или перелив из ковша в ковш		20—50
Выдержка в течение 1 мин в ковше	50	20—40
То же	180	15—30
»	300	10—20
»	1000—2000	5—10
»	3000—4000	До 6

заливки расплава в форму; высотой струи металла над литниковой чашей. Кроме того, на качество отливки немалое влияние оказывает своевременность заливки формы.

Температура расплава обуславливается толщиной стенки отливки и размерами ее поверхности. Чем тоньше стенка отливки и больше ее поверхность, тем выше должна быть температура заливаемого в форму металла (табл. 17). Температура расплава при заливке влияет и на величину усадки его в отливке; чем выше температура, тем больше усадка металла. Поэтому при заливке форм массивных отливок температура расплава должна быть минимальной. Перегретый расплав перед заливкой в форму охлаждают до требуемой температуры выдерживанием в ковше (табл. 18).

Температуру жидкого металла перед заливкой проверяют термомарой или пирометром. Оптический пирометр (рис. 133) работает по принципу сравнения цвета нити лампочки накаливания 1 со цветом зеркала расплавленного металла. Для измерения температуры металла смотрят в окуляр 7. Направляя объектив 4 на зеркало расплавленного металла, вращают движок реостата 2 и устанавливают такую силу тока, чтобы цвет нити лампочки пирометра совпал со цветом зеркала металла. Температуру определяют по показаниям стрелки гальванометра 8.

Для обеспечения нормальной заливки форм и четкого рисунка на поверхности отливки заливаемый в формы металл должен иметь хорошую жидкотекучесть, которая оценивается обычно по результатам заливки специальной

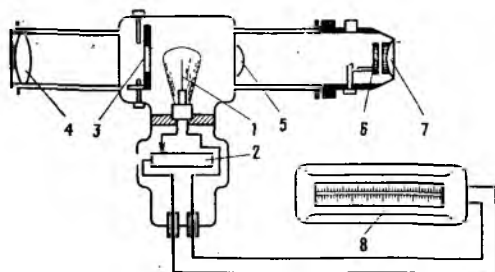


Рис. 133. Схема устройства оптического пирометра:

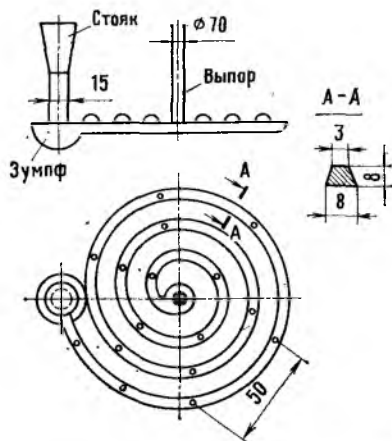
1 — лампочка накаливания; 2 — движок реостата; 3 — дымчатое стекло; 4 — объектив; 5 — линза; 6 — красное стекло; 7 — окуляр; 8 — гальванометр

Рис. 134. Модель спиральной пробы для определения жидкотекучести расплава

пробы (рис. 134). Однако повышение температуры чугуна вызывает увеличенный пригар смеси к стенкам отливки. Кроме того, чем выше температура металла, тем большую жидкотекучесть приобретает шлак и тем труднее отделять его от металла. Поэтому для каждого вида отливок часто приходится практически подбирать необходимую температуру металла при заливке.

Струя металла при заливке не должна быть высокой во избежание размыва стенок литниковой системы и засорения формы. Высота струи металла над литниковой чашей в начале заливки должна быть не более 50 мм с последующим подъемом до 100—150 мм. При заливке формы следует сразу заполнять литниковую систему металлом и держать ее заполненной до конца заливки формы. При перерыве заливки или при медленном заполнении формы (если литниковая система не заполнена) шлак и грязь из литниковой чаши стекают в литниковую систему и проходят в полость формы, образуя шлаковые раковины и засоры в отливке. Кроме того, медленная заливка формы понижает температуру металла, дает брак от незаливки формы и сокращает возможность получения резкости рисунка поверхности отливки. Поэтому необходимая скорость заливки формы является одним из условий получения отливки хорошего качества. Скорость заливки зависит от величины стенки отливки и ее конфигурации. Для обеспечения нормальной скорости заливки форм тонкостенных отливок заливку их производят в несколько стояков, применяя при этом специальную литниковую чашу. Во избежание попадания шлака в форму необходимо тщательно счищать его в ковше перед заливкой и в процессе ее. При заливке крупных форм полезно для лучшего удержания шлака поверхность металла в ковше посыпать кварцевым песком. Песок, расплавляясь, образует на поверхности металла корочку, на внутренней поверхности которой удерживается шлак. При заливке небольших форм посыпка песком не рекомендуется, так как образовавшаяся корочка на поверхности металла в ковше во время неоднократных наклонов его (при заливке последующих форм) ломается и части ее уходят с металлом в форму.

Своевременность заливки формы влияет на качество отливаемого изделия. Задержка заливки формы может быть причиной отсыревания формы и стержня, подсыхания и обсыпки тон-





ких частей полости формы, вследствие чего в отливке может быть брак по газовым раковинам и засорам. Несвоевременная заливка формы приводит к браку ажурных отливок, так как остывшие после подкапчиваяния формы заливаются плохо.

**Способы заливки форм.** В зависимости от места расположения литейных форм для заливки существует несколько способов заполнения их расплавом: на полу (плацу) цеха, на рольганге и на конвейере. Кроме того, для некоторых отливок (с особо высокими требованиями к ним) в ряде случаев применяют специальные способы заливки форм; заливка в наклонные и поворотные формы, заливка в автоклаве, заливка под вакуумом и в среде инертных газов (аргона, гелия).

Рассмотрим ряд способов заливки литейных форм, применяемых при литье художественных и архитектурных отливок.

**З а л и в к у ф о р м н а п л а ц у** применяют в маломеханизированных литейных цехах. Формы для заливки в зависимости от требований, предъявляемых к отливке, располагают на полу в горизонтальном, наклонном или вертикальном положении. В горизонтальном положении (по одной или стопкой) располагают формы архитектурных или ажурных отливок. При этом формы устанавливают в ряд литниковой чашей в сторону литейного прохода. С целью экономии площади цеха формы для небольших отливок (детали архитектурного литья) располагают для заливки в стопку (см. рис. 125, в). На полу зажатыми в пресс в вертикальном положении (см. рис. 125, а) заливают кусковые формы статuetок и групп (для увеличения плотности расплава) в нижней части полости формы.

При производстве художественных отливок заливка в наклонную форму (см. рис. 125, б) производится для лучшего заполнения расплавом полости формы тонкостенных ажурных отливок, когда литниковая система расположена с одной стороны.

Для обеспечения лучших условий кристаллизации расплавов заливку осуществляют в поворотную форму. С этой целью форму для заливки устанавливают под углом  $7-8^\circ$ , после заливки поворачивают на  $90^\circ$  так, чтобы наиболее массивные части или прибыли располагались сверху.

**З а л и в к у ф о р м н а р о л ь г а н г е** применяют в литейных цехах со средним уровнем механизации технологического процесса. При этом подготовленные формы поступают на участок заливки по рольгангу. Подвесной разливочный ковш с расплавом на участок заливки подается от плавильной печи по монорельсу электроталью.

**З а л и в к а ф о р м н а к о н в е й е р е** производится в цехе с поточной организацией труда. Процесс заливки форм, как и в предыдущем случае, производится на участке заливки. Формы заливаются при движении их на тележках конвейера. Заливщик с подвесным ковшом (подвешенным на монорельсе)

находится на движущейся рядом с формами площадке. При этом скорость движения площадки должна быть одинакова со скоростью движения форм на конвейере.

#### Вопросы для повторения

1. Какие плавильные печи применяют для плавки литейных сплавов?
2. Какие преимущества имеет вагранка по сравнению с другими плавильными печами?
3. Каковы особенности конструкции вагранки?
4. Как производится процесс плавки чугуна в вагранке?
5. В каких случаях применяют вагранки с копильником?
6. Для чего в шихте вагранки применяют флюсы?
7. Как устроена пламенная печь и когда ее применяют?
8. Какие преимущества и недостатки плавки в пламенной печи?
9. Какова конструкция тигельной печи и когда ее применяют?
10. Как устроены электрические плавильные печи: дуговые, индукционные, печи сопротивления?
11. Как определяют жидкотекучесть расплавленного металла?
12. Как определяют температуру металла при заливке?
13. Какие ковши применяют для заливки форм?
14. Какие Вы знаете способы заливки форм?
15. Какие правила должны соблюдаться при заливке форм?
16. Какие дефекты могут быть в отливках при неправильной заливке форм?

### § 94. Выбивка отливок из форм

Выбивка отливок из форм производится путем разрушения залитой литейной формы после достаточного охлаждения отливки. При ранней выбивке из формы горячая чугунная отливка быстро охлаждается на воздухе, становится хрупкой с твердой, плохо поддающейся обработке поверхностью. Легко обрабатываемая поверхность в художественных отливках, подвергающихся сложной обработке вручную, является непременным условием их качества. Кроме того, в тонкостенных ажурных отливках быстрая выбивка из форм может быть причиной их коробления и образования трещин. Поэтому литейные формы таких отливок следует выбивать после полного охлаждения в них отливок.

Архитектурные отливки, требующие меньшего объема механической обработки, можно выбивать при более высокой температуре. Продолжительность охлаждения отливок в форме зависит от массы отливки и толщины ее стенки (табл. 19).

Отливки выбивают из форм вручную и механизированными способами в зависимости от объема их производства и сложности.

Литейные формы кабинетных и тонкостенных художественных отливок выбивают обычно вручную с помощью молотков и клещей. Применение механизированных способов выбивки отливок ограничено тем, что их тонкие стенки и части на поверхности не выдерживают ударных действий механизмов. Кроме того, следует иметь в виду, что чугун, применяемый для тонкостенных отливок, имеет повышенное содержание фосфора, увеличивающего его хрупкость.

В производстве менее сложных архитектурных отливок для выбивки форм применяют вибрационные скобы, коромысла, механические и инерционные решетки. Для выбивки стержней — пневматические рубильные молотки, гидравлические установки.

**Вибрационная скоба** представляет собой переносный вибрационный механизм, приводимый в действие сжатым воздухом, предназначен для выбивки отливок и формовочной смеси из опок. Вибрационная скоба для выбивки накладывается на стенку подвешенной на кране опоки. При включении механизма скоба создает вибрацию, которая передается на опоку. От сотрясения опоки формовочная смесь и отливка вываливаются из нее.

**Вибрационное коромысло** (рис. 135) — наиболее удобное подвесное устройство, создающее при выбивке вибрацию опоки с двух сторон. Это обеспечивает равномерное вытряхивание смеси из опок и ускорение процесса выбивки отливки. При выполнении подобной операции участок должен быть оборудован вытяжной вентиляцией с нижним или боковым отсосом.

Таблица 19

**Продолжительность  
охлаждения  
архитектурных отливок  
в форме**

Масса отливки, кг	Толщина стенки отливки, мм	Продолжительность охлаждения чугунной отливки, ч
До 10	5—15	0,2—0,4
10—15	15—20	0,4—0,5
50—100	15—30	0,8—2,0
100—500	20—50	4,0—6,0

Для выбивки небольших и средних по величине опок применяют механические выбивные решетки (рис. 136), принцип работы которых состоит в том, что решетка специальным механизмом приводится в колебательное движение, вследствие чего установленная на ней опока подбрасывается и, ударяясь при падении о решетку, разрушает форму в опоке. Формовочная смесь при этом проваливается вниз на ленту транспортера, отливка остается на решетке. Выбивка стержней из архитектурно-художественных отливок производится ручным или механизированным способом. Ручной способ применяют при выбивке стержней из кабинетных художественных отливок, имеющих глухую полость. Стержни из таких отливок выбивают с помощью молотка и иглы через отверстие, оставшееся в отливке после удаления каркасной трубки. Такой процесс удаления стержня очень трудоемкий и проходит нормально лишь при хорошей выбиваемости стержневой смеси и правильной установке стержня в форме, при которой каркасная трубка не приваривается к стенке отливки.

Стержни из архитектурных отливок (колонн, тумб, постаментов) при серийном их производстве удаляют с помощью пневматических рубильных молотков, вибрационных машин и гидравлических установок. Наиболее совершенными выбивными устрой-

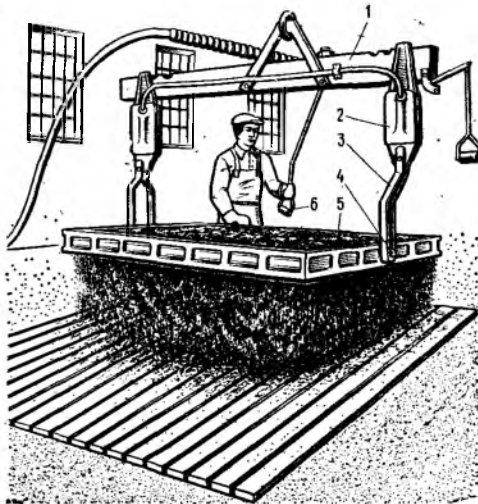
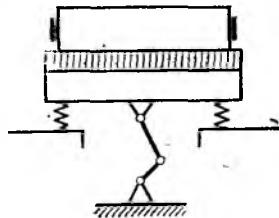


Рис. 135. Вибрационное коромысло:

1 — коромысло; 2 — вибраторы; 3 — крюки; 4 — цапфы; 5 — опока; 6 — рукоятка подачи сжатого воздуха в вибраторы

Рис. 136. Схема выбивной механической решетки



ствами, исключаящими в процессе его работы шум и пылеобразование, являются гидравлические установки. Принцип работы такой установки основан на вымывании стержня струей воды под давлением 100 ат и выше в специальных камерах с решетчатым дном и отстойниками, куда стекает вода с песком. К недостаткам способа гидравлической выбивки следует отнести высокую стоимость процесса и необходимость сушки отливки после удаления стержня.

### § 95. Обрубка отливок

Выбитая из формы отливка имеет на поверхности литники, выпоры и прибыли. Кроме того, на поверхности отливки могут быть заливы, образующиеся при проникновении металла в зазоры между отдельными частями формы. Литники, выпоры и заливы при небольшой толщине их по сравнению с толщиной стенки отливки удаляют вручную при помощи молотка и зубила, в отливках архитектурных изделий и скульптур — пневматическими зубилами.

В отливках художественных изделий возможны случаи, когда толщина питателей равна толщине стенки самого изделия. В этих отливках (тарелки, вазы, коробочки и другие ажурные отливки) простая обрубка литника может привести к тому, что вместе с питателями отколется и стенка отливки. Поэтому литники у тонкостенных отливок из чугуна и у всех отливок из цветных сплавов отрезают ножовкой вручную или на специальных станках с ленточными пилами.

### § 96. Очистка отливок

Освобожденные от литников и выпоров отливки подвергают очистке от пригоревшей к их поверхности формовочной смеси. В зависимости от величины отливки и сложности ее поверхности применяют несколько способов их очистки: ручной, с помощью механических щеток, в барабанах, дробеструйных аппаратах, в установках химической и электрохимической очистки.

**Ручная очистка** применяется для небольших художественных изделий, имеющих сложную поверхность и тонкие стенки. Очистка таких отливок производится на специальных столах с металлическими решетками и пылеотсасывающими трубами (рис. 137). Очищенный с отливок песок проваливается через отверстия решетки в расположенный под ней бункер, из которого по мере накопления его удаляют. Для ручной очистки отливок применяют проволочные щетки различного вида и величины.

**Очистка механической щеткой.** Для тонкостенных изделий (ажурных тарелок, кронштейнов, стенок коробочек) наиболее распространенной является очистка круглой проволочной механической щеткой, приводимой в движение от электродвигателя. Конструкция такой щетки проста. На металлической тумбе высотой 800—900 мм прикрепленна плита с расположенным в центре

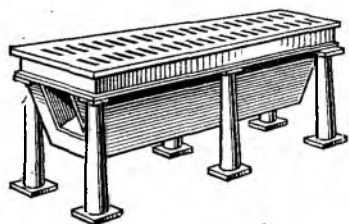


Рис. 137. Стол для ручной очистки отливок

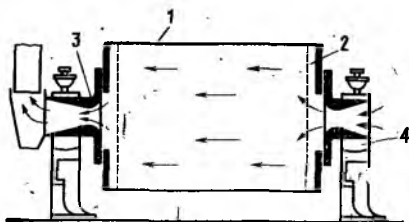


Рис. 138. Схема очистного барабана:  
1 — корпус барабана; 2 — литые боковины; 3 — цапфы; 4 — подшипники

электродвигателем. На обоих концах вала электродвигателя укреплены тарельчатые проволочные щетки. При включении электродвигателя щетки вращаются и очищают песок с поверхности отливок.

Механическими щетками очищают и небольшие кабинетные изделия (настольные бюсты, статуэтки), имеющие на поверхности тонкие украшения, которые в процессе других способов механической очистки могут быть повреждены.

**Очистка в барабанах.** Толстенные художественные и архитектурные отливки, не имеющие на поверхности тонких украшений, очищают от пригара в специальных очистных галтовочных барабанах (рис. 138). Для очистки отливки закладывают в барабан вместе с чугунными звездочками. Барабан закрывают и приводят во вращение электродвигателем. При вращении барабана звездочки, скользя по поверхности отливок, очищают с них песок.

В очистных барабанах можно очищать и тонкостенные отливки. В этом случае отливки в барабане укладывают так, чтобы они не могли свободно перекатываться во время вращения барабана и ударяться друг о друга. При загрузке в барабан тонкостенных отливок между ними укладывают деревянные прокладки, обеспечивающие устойчивость отливок при вращении барабана.

Процесс очистки художественного литья в барабанах должен быть точно рассчитан во времени. При продолжительном вращении барабана звездочки могут стереть рисунок на поверхности отливки.

**Гидроабразивная очистка.** Для очистки крупных художественных и архитектурных отливок (скульптуры, колонны, решетки) при массовом их производстве применяют гидроабразивную очистку. При этом пригоревшая смесь с отливки смывается струей воды и кварцевого песка под давлением 8—8,5 МПа (80—85 кгс/см<sup>2</sup>).

**Дробеструйная очистка** отливок производится струей сжатого воздуха с чугунной дробью, направленной на поверхность отливки, установленной в специальном аппарате (рис. 139). Для очистки отливку 1 (типа постамента с открытой полостью) устанавливают в камере 2 на опору 3 и плотно закрывают ее крышкой 4 с резиновой прокладкой. В нижней части камеры воронка 5 заполняется чугунной дробью 6. Сжатый воздух под давлением 0,5—0,6 МПа подается

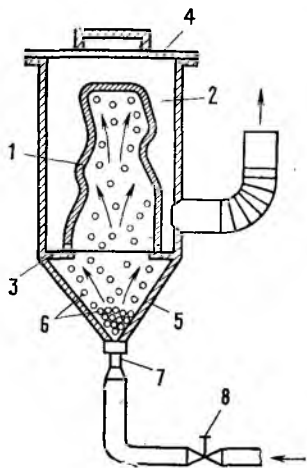
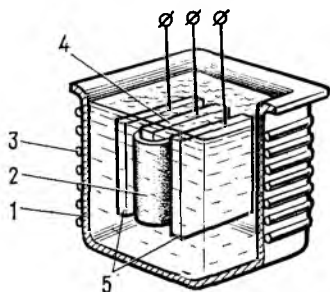


Рис. 139. Схема дробеструйного аппарата

Рис. 140. Схема установки для электрохимической очистки отливок



в камеру по шлангу 7 через кран 8. Воздух, проходя через слой дробы, увлекает ее за собой и выбрасывает на поверхность отливки, очищает ее от пригоревшей смеси.

**Химическая очистка** — выщелачивание — применяется для очистки отливок, полученных литьем по выплавляемым моделям. Отливки помещают в сетчатый барабан, который вращается с частотой 15 оборотов в минуту в ванне с горячим раствором каустика (NaOH); при этом остатки керамической оболочки удаляются из труднодоступных мест поверхности отливок. После выщелачивания отливки промывают, помещая барабан в ванну с горячей водой, содержащей 35 % каустика, в течение 0,5—2 ч, в зависимости от размеров отливок и сложности их поверхности.

**Электрохимическая очистка.** Способ очистки основан на химических реакциях, проходящих в расплаве гидроокиси калия или натрия, при пропускании через него постоянного электрического тока напряжением 5—10 В. Электрохимическая очистка отливок производится в специальных установках. В ванну 1 (рис. 140) наливают щелочь 2, с помощью электронагревателей 3 ванну медленно подогревают до температуры 480—500 °С. Отливку 4 на подвеске помещают между анодами 5 и выдерживают 15—20 мин до полного удаления воды. Затем штангу подвески устанавливают на токоприемные призмы; после этого начинается поочередная обработка отливки — сначала анодная, затем катодная (анодная — 3, катодная 7 мин). Такое чередование режима производится 2—3 раза, заканчивается катодной обработкой.

Общий процесс выдерживания отливок в расплаве щелочи 30 мин. После выдержки отливки охлаждают до температуры 250—300 °С. В качестве электролита для очистки применяют едкий натр и каустик с температурой плавления 328 °С или смесь (80 %

NaOH + 20 % KOH), плавящуюся при температуре 246 °С. Электрохимическая очистка обеспечивает высокое качество поверхности отливок.

### § 97. Контроль отливок

Отлитые изделия, имеющие дефекты, отделяют от годных. Процесс отбора дефектных отливок называют браковкой. В отливках различают дефекты исправимые и неисправимые. К исправимому, или условному браку относятся отливки, дефект которых легко устранить. К неисправимому, или безусловному браку относятся отливки, стоимость исправления которых больше, чем стоимость новой отливки.

Брак всегда является причиной снижения рентабельности работы литейного цеха. Он влечет за собой бесполезную трату средств, времени, увеличивает стоимость выпускаемых изделий.

В производстве художественных отливок брак влечет за собой большие затраты, чем при изготовлении обычных отливок. Это объясняется сложностью и продолжительностью технологического процесса изготовления отливок. Кроме того, если брак отливки будет обнаружен только в конце механической обработки, убытки от брака возрастут еще больше, так как в стоимость отливки войдет и стоимость механической обработки, которая для художественных изделий часто превышает стоимость изготовления отливки.

Следовательно, отливки, начиная с момента их выбивки из форм, необходимо *тщательно осматривать*, своевременно выявлять дефектные во избежание дальнейших расходов на их механическую обработку.

В хорошо организованном производстве с целью предупреждения брака организуется не только контроль отливок, но и контроль исходных материалов литейных форм, пооперационный технологический контроль.

### § 98. Основные виды брака в отливках и причины его образования

Для успешной борьбы с браком нужно хорошо знать причины его возникновения и способы их предупреждения. Рассмотрим несколько основных видов брака, наиболее часто встречающихся в отливках художественных изделий.

**Газовые раковины** появляются в отливке в виде пустот внутри ее стенок и на поверхности, когда образующиеся в форме при заливке пары и газы остаются в полости формы.

Причины: 1) слишком высокая степень уплотнения кусков и самой формы, уменьшившая ее газопроницаемость; 2) недостаточная газопроницаемость или чрезмерная влажность формовочной смеси при заливке в сырую форму; 3) недостаточная просушка форм и стержней; 4) неправильное положение пустотелого каркаса



стержня, когда при заливке формы внутрь его попадает жидкий металл и преграждает путь выходу газа; 5) плохая вентиляция толстостенных форм; 6) отсутствие выпоров в формах массивных отливок.

**Усадочные раковины** образуются в виде пустот в толстостенных сечениях отливки или утяжки на поверхности.

Причины: 1) неравномерное охлаждение металла в форме; 2) неправильное расположение питателей в форме; 3) высокая температура заливки формы металлом; 4) отсутствие в форме прибылей.

**Шлаковые и песочные раковины** образуются на поверхности отливки в виде отдельных включений частиц шлака или формовочной смеси.

Причины: 1) плохая очистка от шлака поверхности металла в ковше перед заливкой, загрязнен шлаком ковш; 2) плохая конструкция литниковой системы в форме; 3) размыв формы или плохая очистка ее перед сборкой; 4) засор полости формы.

**Спай.** Этот вид брака чаще всего получается в тонкостенных, имеющих большую поверхность, отливках. Спай в виде полоски, а иногда и сквозной щели образуется на поверхности отливки, когда струи металла, текущие в разных частях формы, не сливаются между собой.

Причины: 1) тонкие питатели, не успевающие подавать металл в полость формы в нужном количестве. Металл остывает в ее отдельных частях и образует на поверхности пленки, мешающие соединению поступающего металла из разных питателей; 2) холодная форма (неподкопченная), когда поступающий в полость формы металл быстро остывает, теряя нужную жидкотекучесть; 3) заливка формы через два питателя, если они расположены слишком далеко друг от друга.

**Лишняя масса отливки.** Отливки получаются массой больше расчетной и размером больше нормального. В обычных отливках толщину стенки легко измерить, в отливках же художественных изделий измерить ее трудно или совсем невозможно. Поэтому о толщине стенки судят по массе отливки. Увеличение массы по сравнению с нормальной свидетельствует об увеличении толщины отливки.

Причины: 1) слабое уплотнение смеси. Металл, залитый в такую форму, своим давлением деформирует слабые стенки ее, увеличивая размеры полости; 2) чрезмерное расталкивание модели перед извлечением ее из формы; 3) неправильная подрезка тела стержня при изготовлении его в полости формы у отливок статуэток бюстов и подобных им изделий с глухой полостью. Чем больше подрезка, тем больше тело отливки и больше ее масса.

**Повышенная твердость поверхности,** которая затрудняет ее дальнейшую обработку и требует дополнительных расходов на отжиг отливки.

Причины: 1) несоответствие химического состава чугуна расчетному; 2) повышенная влажность формы, что вызывает быстрое охлаждение металла и отбеливание поверхности чугуновой отливки; 3) преждевременная выбивка отливки из формы, быстрое охлаждение ее на воздухе; 4) уменьшение толщины стенки отливки при перекосе стержня или сборке формы.

**Шероховатость поверхности** в отливках тонкостенных художественных изделий считается неисправимым браком. Основными причинами шероховатости стенки отливки, нарушающими на ней сложный рисунок поверхности, являются пригар формовочной смеси и крупнозернистость ее. Восстановление сложной поверхности такой отливки часто обходится дороже, чем повторная отливка изделия.

Причины пригара смеси к стенкам отливки: 1) отсутствие нормального припыла на поверхности стенок полости формы; 2) плохое качество облицовочной смеси; 3) плохое подкапчивание формы перед заливкой или отсутствие его; 4) плохая просушка формы и ее частей.

**Перекокс** — сдвиг отдельных частей отливки относительно друг друга. Причины: 1) износ шипов у разъемной модели или штырей у опоки, неправильная сборка формы, плохое крепление кусков, которые могут сдвигаться в форме при переносе ее и сборке; 2) неправильное расположение моделей на плитах.

**Разностенность** в отливке появляется при неправильной установке стержня в форме, слабом уплотнении формы, в том числе ее знаков, неправильном креплении больших и длинных стержней, неправильной сборке форм.

**Бой** — разрушение отливки. Такой вид брака чаще всего получается из-за неосторожной выбивки отливок из форм и их транспортировки. Кроме того, разбить отливку можно в процессе обрубки и очистки. К бою часто ошибочно относят и горячие трещины, образующиеся в отливке при ее затвердевании в форме.

**Горячие трещины.** Этот дефект чаще встречается на отливках из цветных сплавов и стали. Причины: 1) неудачная конструкция изделия — наличие резких переходов в сечении; 2) плохая податливость стержня или частей кусковой формы; 3) неравномерное охлаждение частей отливки.

Горячие трещины отличают от холодных по более темной окисленной поверхности излома стенки.

### Вопросы для повторения

1. Какие Вы знаете способы выбивки отливок из форм?
2. Какое оборудование существует для механизированной выбивки отливок?
3. Почему тонкостенные ажурные отливки следует выдерживать в форме до полного охлаждения?
4. Как осуществляют обрубку художественных отливок?

5. Почему питатели от тонкостенных отливок отрезают, а не отламывают?
6. Как очищают отливки от пригоревшей смеси?
7. Как происходит очистка отливок в галтовочных барабанах?
8. Можно ли очищать в галтовочных барабанах тонкостенные отливки?
9. Как удаляют стержни из отливок?
10. Когда очищают отливки вручную?
11. В чем принцип гидравлической очистки?
12. Как проводится очистка отливок в дробеструйном аппарате?
13. Когда и как производится химическая очистка?
14. Для чего необходим контроль отливок?
15. Какие Вы знаете виды брака художественных отливок?
16. Отчего образуются газовые раковины в отливках?
17. Каковы причины образования шлаковых и песочных раковин?
18. Какие причины образования спая в отливках?
19. Почему шероховатость поверхности тонкостенных художественных отливок считается неисправимым браком?
20. Как отличить горячие трещины от холодных?

Увеличению выпуска и качества отливок в значительной мере способствовало развитие и широкое применение в литейном производстве специальных способов литья: в кокили (металлические формы), по выплавляемым и выжигаемым моделям, в оболочковые формы, центробежное, под давлением и др.

Эти способы пока не нашли применения в производстве художественного литья, однако некоторые из них могли бы быть использованы для получения архитектурных отливок и их деталей. Следует заметить, что в прошлом в способах получения художественного литья как и во многих других более сложных процессах производства, существовали секреты, ревностно сохраняемые и передаваемые старыми мастерами художественного литья лишь по наследству. В отдельных промыслах технологические секреты дошли и до наших дней и являются частыми помехами в распространении опыта и обмена им между отдельными предприятиями. В известной мере этим объясняется и некоторое отставание производства художественного литья в техническом оснащении его технологических процессов, использовании в производстве художественного литья прогрессивных способов получения отливок, широко известных и применяемых для получения машиностроительных отливок.

### § 99. Литье в кокили

Литейные формы, изготовленные из металла, называют кокилями. В отличие от разовых форм, которые разрушаются после каждой отливки, в одной металлической форме можно отлить в зависимости от размеров, сложности и применяемого сплава от 50 до 5000 отливок. Кроме того, при литье в кокилях повышается чистота поверхности и точность отливок, уменьшается процесс их механической обработки, увеличивается механическая прочность, в несколько раз увеличивается производительность труда, экономится площадь литейного цеха (не нужны в цехе участки приготовления формовочной смеси и изготовления литейных форм). Недостатки литья в кокили — высокая стоимость кокилей, ограниченный срок их службы, сложность получения тонкостенного литья вследствие высокой теплопроводности стенок кокиля, быстрая кристаллизация металла отливки.

Технологический процесс получения отливки в кокиле включает следующие операции: 1) подготовка кокиля, 2) сборка кокиля для заливки; 3) заливка кокиля расплавом; 4) удаление отливки из кокиля; 5) обрубка, очистка и при необходимости термическая обработка отливки.

**Классификация кокилей.** В зависимости от сложности формы отливаемого изделия кокили могут быть цельными (неразъемными)

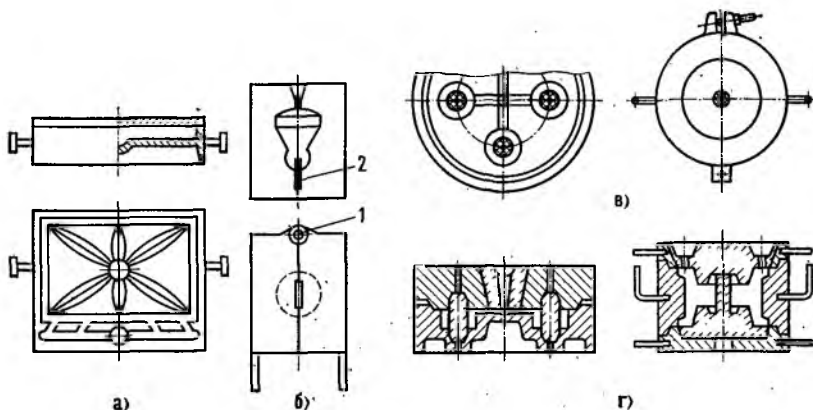


Рис. 141. Типы кокилей:

*a* — вытряхной; *б* — створчатый с вертикальным разъемом; *в* — с горизонтальным разъемом; *г* — с комбинированным разъемом

и разъемными. Неразъемные, или вытряхные кокили, применяют для отливок простых по форме изделий, удаление которых из кокиля производится вытряхиванием при повороте залитого кокиля на  $180^\circ$ . Вытряхной кокиль для отливки деталей ажурной стенки из чугуна показан на рис. 141, *a*. Вытряхные кокили, конструктивно обладающие большой жесткостью, не коробятся, дают точные по размерам отливки. При использовании стержней, облегчающих процесс удаления отливки из кокиля, вытряхные кокили используют и для отливки более сложных деталей.

Разъемные кокили применяют для отливки более сложных изделий с наличием частей, затрудняющих удаление отливки из кокиля способом вытряхивания. В зависимости от конструкции отливаемого изделия разъем кокиля может быть вертикальным, горизонтальным и комбинированным. По принципу разбега частей кокили подразделяются на створчатые и с параллельным разъемом. На рис. 141, *б* представлен створчатый кокиль с вертикальным разъемом для отливки винтов герметической дверки отопительного прибора. Половинки такого кокиля крепятся шарнирно на стержне 1, части между собой стягиваются зажимами. При отливке головки винта в знак 2 на разьеме кокиля устанавливают металлический стержень с резьбой, который заливается в отливаемой головке винта.

Кокили с горизонтальным разъемом (рис. 141, *в*) применяют для отливки изделий с большими внутренними полостями, так как горизонтальный разъем кокиля позволяет удобно устанавливать в нем стержни. Литниковая система в кокиле делается в стержне.

Кокили с комбинированным разъемом используют для отливки сложного литья. Для удобства удаления отливки такие кокили имеют несколько частей, причем часть из них составляют песчаные

стержни. Кокиль, изображенный на рис. 141, г, имеет четыре металлических части и два стержня.

**Изготовление кокилей** производится из серого чугуна, стали и алюминия способом механической обработки специальных заготовок или отливкой с готовой рабочей поверхностью в керамических формах. Игольчатые кокили изготавливают путем сборки из проволочных элементов в специальных опоках.

С целью повышения срока службы кокиля, предохранения его от разъедания расплавленным металлом, приваривания его к стенкам кокиля, регулирования времени затвердевания отдельных частей отливки на рабочую поверхность кокиля наносят слой огнеупорного покрытия (в виде облицовки и краски). Для приготовления облицовки и краски в качестве наполнителей применяют пылевидный кварц, тальк, графит, асбест, в качестве связующих — жидкое стекло, глину, сульфитную барду. Для лучшего сцепления со стенкой кокиля в состав облицовки добавляют кремнефтористый натрий, буру и борную кислоту. Облицовку слоем 0,3—1 мм наносят на стенку кокиля один раз в смену, краску на облицовку — после каждой отливки. По сравнению с красками облицовки делают более огнеупорными и менее теплопроводными. Стержни, применяемые в кокилях, могут быть песчаными, керамическими и металлическими, сухими или подсушенными. Сырые стержни, имеющие низкую прочность, применяют редко. Для увеличения газопроницаемости металлической формы на ее рабочей поверхности и поверхности стержня делают небольшие риски, на плоскостях разбега — каналы глубиной 0,3—1 мм.

**Заливка кокилей.** Для лучшего заполнения полости кокиля расплавом его перед заливкой подогревают: при заливке чугуном — до 200—400 °С, сталью — до 150—300 °С, алюминиевыми сплавами — до 200—400 °С. Заливку форм осуществляют через литниковую систему, чаще всего приготовленную в стержне. Вследствие быстрого охлаждения расплава, заливаемого в кокиль, сечение питателей в ее литниковой системе делают больше, чем для песчаных форм, на 25—30 %.

**Механизация литья** в кокили. Ручные операции технологического процесса литья в кокили, кроме трудоемкости, связаны с выполнением работ на оборудовании, нагретом до 400 °С. Поэтому в современных литейных цехах для выполнения раскрытия и закрытия кокилей, покрытия их поверхности облицовочным слоем, установки металлических стержней и удаления отливки применяют специальные механизированные кокильные станки.

Привод механизированных кокильных станков может быть пневматическим, электрическим и гидравлическим. На рис. 142 представлен пневматический кокильный станок. На станине 1 станка смонтированы две половины кокиля с вертикальным разъемом: подвижная 3 и неподвижная 2. Подвижная половина кокиля по направляющим 5 перемещается к неподвижной под давлением штока поршня пневматического цилиндра 6. Контроль спаривания

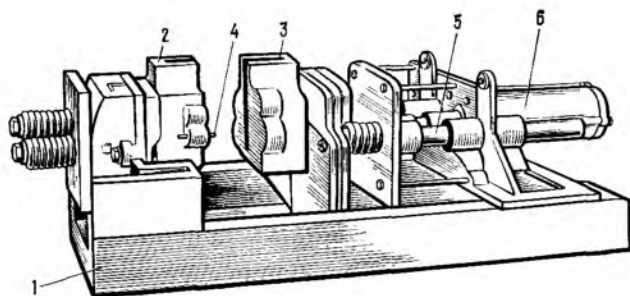


Рис. 142. Пневматический кокильный станок конструкции МВТУ им. Баумана

половин кокиля производится штырями 4, установленными в неподвижной половине кокиля.

В серийном производстве кокильного литья применяют высокопроизводительные карусельные установки, конвейерные автоматические кокильные линии. Литье в кокилях может быть использовано в производстве мелкого художественного литья из алюминиевых сплавов, чугунного архитектурного литья, газонных решеток, головок колонок деталей ажурных стенок и других небольших деталей.

В настоящее время разработан способ литья в кокилях и более сложных по форме художественных отливок типа небольших статуэток и бюстов из сплавов с низкой температурой плавления. Отливка производится в кусковую из медного сплава литейную форму (подобно пресс-форме, применяемой для изготовления выплавляемых моделей). Для заливки формы используют легкоплавкие цинковые сплавы. Готовую отливку извлекают из формы путем ее разборки. Пустотелые художественные отливки несложной формы с полостью, выходящей наружу, в кокилях отливают без стержней способом намораживания металла на внутренней стенке формы.

### § 100. Центробежное литье

Если залить расплавленный металл в полость вращающейся литейной формы, то частицы его под действием центробежных сил будут удаляться от оси вращения формы и, встречаясь на пути со стенкой формы, распределяться на ней, образуя в центре формы полость. Такое явление используется в производстве отливок и известно как способ центробежного литья. Заливая во вращающуюся форму необходимое количество расплава, можно получить плотную без газовых раковин и рыхлости пустотелую отливку, не применяя в форме стержня.

На рис. 143 показаны схемы центробежной заливки форм с вертикальной (а) и горизонтальной (б) осью вращения излож-

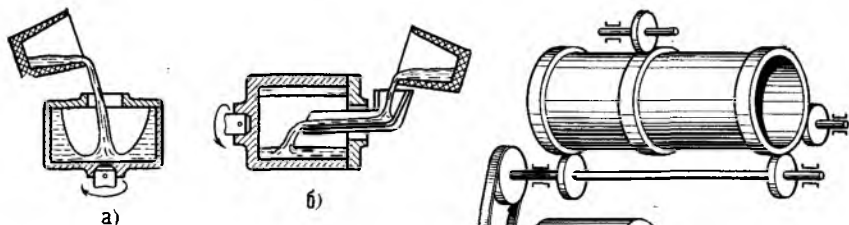
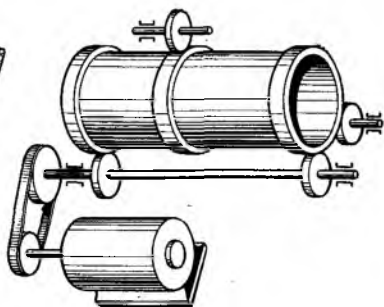


Рис. 143. Схемы центробежного литья

Рис. 144. Схема устройства роликовой машины центробежного литья с горизонтальной осью вращения изложницы (формы)



ницы. Формы (изложницы) для центробежного литья делают металлические и футерованные. Для вращения их применяют шпиндельные и роликовые машины. На рис. 144 изображена схема устройства роликовой машины с горизонтальной осью вращения.

Центробежный способ литья применяют в основном для получения отливок, имеющих форму тел вращения (штулки, водопроводные и канализационные трубы, барабаны из чугуна, стали, бронзы и других сплавов), толщину стенки до 30—50 мм и массу до 45 т.

## § 101. Литье под давлением

Сущность литья под давлением состоит в том, что расплавленный металл при заливке в металлическую форму (пресс-форму) поступает не самотеком, а под давлением до 350 МПа (3500 кгс/см<sup>2</sup>), создаваемым в применяемых для этой цели машинах.

Литьем под давлением можно получать отливки со стенками толщиной до 0,8 мм, практически не требующих дальнейшей механической обработки. Производительность труда при литье под давлением превосходит другие способы литья. При использовании многогнездных пресс-форм получают до 20 000 отливок из цинкового сплава в час. Санитарно-гигиенические условия работы в цехе литья под давлением сравнимы с условиями цеха механической обработки.

При литье под давлением отливки испытывают значительные нагрузки при усадке, плотном обжатии металлических стержней, при снятии со стержней и выталкивании из пресс-формы. В связи с этим литейные сплавы, применяемые в производстве литья под давлением, должны обладать высокой сопротивляемостью к образованию горячих трещин, необходимой прочностью при высоких температурах, не взаимодействовать с металлом пресс-формы и камер прессования.

Наибольшее применение при литье под давлением имеют цинковые, алюминиевые, магниевые сплавы, из медных сплавов — латунь. Цинковые сплавы обладают хорошими литейными свой-



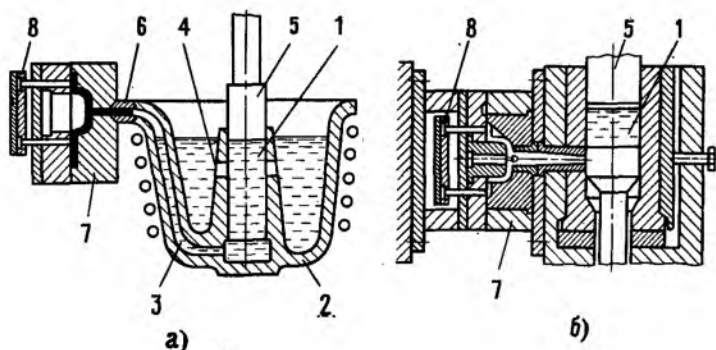


Рис. 145. Схема литья под давлением

ствами, имеют низкую температуру плавления (400—430 °С), почти не реагируют с металлом пресс-форм и камер прессования. Из алюминиевых сплавов рекомендуются марки АЛ2, АЛ4, АЛ9, из магниевых — МЛ3 и МЛ5, из медных сплавов — ЛС59-1, ЛК80-3. Бронзы, имеющие широкий интервал кристаллизации, в производстве литья под давлением применять не рекомендуется.

В последние годы на отечественных предприятиях, используя пресс-формы из сплавов на основе молибдена, освоили процесс литья под давлением чугуна и стали. Получены чугунные и стальные отливки, по точности размеров не уступающие отливкам, полученным способом литья под давлением из алюминиевых, магниевых и медных сплавов.

Пресс-формы — металлические литейные формы, заполняемые расплавленным металлом под давлением, изготавливают из хромистых жаростойких инструментальных углеродистых сталей. Пресс-форма состоит из двух частей: подвижной части и неподвижной. Для удобства извлечения отливки из пресс-формы стержни, выступы, образующие внутренний контур отливки, делают в подвижной части. Для увеличения стойкости пресс-формы и снижения прилипаемости металла к ее стенкам рабочую поверхность пресс-формы шлифуют, полируют, хромируют и фосфатируют. В пресс-форме предусмотрено устройство системы охлаждения ее рабочей части обдувом сжатым воздухом, а также водой, циркулирующей в каналах, устроенных внутри стенок.

Стойкость пресс-формы определяется числом отливок, полученных в ней. Средняя стойкость пресс-формы при литье цинковых сплавов 250 000, алюминиевых 80 000, латунных 10 000 запрессовок.

Машины для литья под давлением делятся на два основных типа: с горячей и холодной камерой прессования. Машины с горячей камерой прессования, принцип работы которых показан на рис. 145, а, применяют для получения отливок из легкоплавких сплавов на основе цинка, свинца и олова. В машине камера прессо-

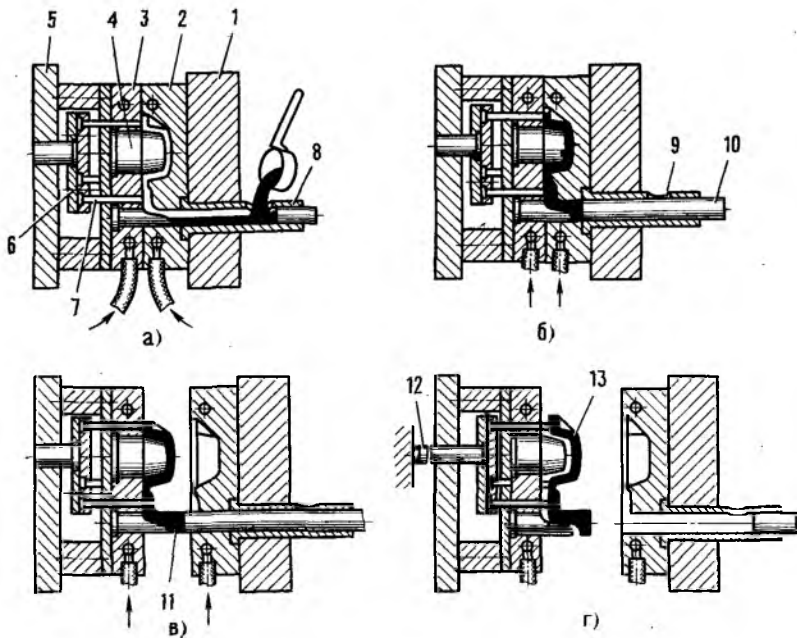


Рис. 146. Схема литья под давлением на машине с горизонтальной камерой прессования

вания 1 расположена в подогреваемом тигле 2 с расплавленным металлом. При верхнем положении поршня 5 металл в камеру прессования поступает через отверстие 4. При движении поршня 5 вниз он перекрывает входное отверстие и выпрессовывает металл из камеры прессования по трубе 3 через мундштук 6 в полость 7 пресс-формы. После затвердевания отливки пресс-форма раскрывается, из подвижной части ее толкателями 8 отливка удаляется из пресс-формы. При подъеме поршня 5 в прежнее положение входное отверстие открывается, металл поступает в камеру прессования для следующей прессовки.

Машины с холодной камерой прессования (рис. 145, б) применяют для изготовления отливок из сплавов алюминия, меди, магния, стали и чугуна. В зависимости от расположения камеры прессования машины с холодной камерой прессования различают с вертикальной и горизонтальной камерой прессования. Принцип работы машины с вертикальной камерой прессования показан на рис. 145, б.

В последнее время большое применение имеют машины с горизонтальной камерой прессования, позволяющие развивать большие усилия прессования. В современных машинах с горизонтальной камерой прессования при литье алюминиевых и медных сплавов давление прессования достигает 200—350 МПа (2000—3500 кгс/см<sup>2</sup>). Высокое давление обеспечивает получение плотных

отливок. Для увеличения стойкости пресс-формы заливку металла в камеру прессования производят в полужидком состоянии. На рис. 146 показана схема литья под давлением на машине с горизонтальной камерой прессования. Пресс-форма машины состоит из двух частей; подвижной 3, укрепленной на плите 5, и неподвижной 2, расположенной на плите 1 машины. В подвижной части пресс-формы (рис. 146, а) расположен образующий полость в отливке металлический стержень 4. Для удаления отливки из пресс-формы в плите 6 вмонтированы выталкиватели 7.

Процесс получения отливки состоит в следующем. После прогрева и смазки пресс-формы запорным механизмом машины подвижная часть прижимается к неподвижной. В камеру прессования 8 через заливочное отверстие 9 (рис. 146, б) мерным ковшом вручную или с помощью специального дозирующего устройства подается необходимая доза расплава. Включается механизм прессования; при этом плунжер 10 перемещается вперед, перекрывает заливочное отверстие, создает в камере высокое давление, вследствие чего металл проходит через литниковый вход и заполняет полость пресс-формы (рис. 146, б).

После затвердевания отливки подвижная часть 3 пресс-формы отводится вместе с отливкой (рис. 146, в); при этом плунжер 10, продвигаясь вперед, выталкивает из камеры прессования пресс-остаток 11. Плита 6 толкателей, дойдя вместе с подвижной частью пресс-формы до упора 12, останавливается. Пресс-форма, продолжая двигаться до соприкосновения с плитой 6, оставляет отливку 13 на вышедших из стенки толкателях (рис. 146, в), с которых она попадает на приемный транспортер.

Процессы литья под давлением в настоящее время осуществляются на высокомеханизированных и автоматизированных машинах с автоматической установкой дозировки и подачи расплава в камеру прессования, операции извлечения из пресс-форм отливок и подачи их в штамп обрезного пресса с помощью механических рук, с устройством плавильных печей, с регулированием температуры расплава в раздаточной печи.

Простота и малооперационность литья под давлением дают возможность полностью автоматизировать его производственные процессы.

К недостаткам способа литья под давлением относятся: сложность и продолжительность процесса изготовления пресс-форм (вследствие чего они имеют высокую стоимость), трудность выполнения отливок со сложной полостью и поднутрениями на поверхности (наличие газовых раковин и рыхлости в стенках отливок).

Применение способа литья под давлением в производстве художественных отливок из чугуна пока ограничено трудностью изготовления сложных (с большим числом частей) металлических форм, трудностью получения пустотелых отливок в связи с невозможностью использования металлических стержней.

## § 102. Литье в оболочковые формы

В настоящее время при массовом производстве отливок массой от 5—15 кг используют новый способ их получения — литье в оболочковые формы, основанный на способности терморезистивных смол при температуре 100—120 °С расплавляться, принимая свойства клейкой массы, а при дальнейшем нагревании необратимо затвердевать.

Сущность способа состоит в том, что на модельную плиту, нагретую до 200—250 °С, насыпается песчано-смоляная смесь, смола которой под действием тепла модельной плиты плавится и, связывая песок смеси, образует на поверхности модели полутвердый слой — оболочку. Удалив с оболочки лишнюю смесь, модельную плиту помещают в печь, где при температуре 320—380 °С оболочка окончательно затвердевает. Готовую оболочку в виде полуформы снимают с модельной плиты. Повторяя процесс, получают вторую полуформу. Полученные полуформы склеивают, устанавливают в опоке. Засыпав опоку чугунной дробью, подают форму для заливки.

Преимущества литья в оболочковых формах: 1) возможность получения точных с чистой поверхностью отливок; 2) высокая прочность (150—450 МПа) и малая гигроскопичность форм, что позволяет свободно их транспортировать и продолжительное время хранить, а низкая теплопроводность дает возможность снижать температуру заливаемого металла; 3) формы и стержни не препятствуют усадке отливки; 4) снижается трудоемкость выбивки и очистки отливок вследствие сгорания связующих в форме и отсутствия пригара на стенках отливки; 5) значительно экономится в цехе формовочная площадь, площади складских помещений формовочных материалов, так как потребность в последних для литья в оболочковых формах по сравнению с отливками в песчано-глинистых в 10 раз меньше.

Для изготовления оболочковых форм чаще всего используют формовочные смеси, в составе которых наполнителем является кварцевый песок 93—95 % 1К01, 1К02, промытый от глины и прокаленный при температуре 600—900 °С. В качестве связующего применяют терморезистивные смолы — пульвербакелит (7—5 %). Кроме того, в смесь в небольших количествах (0,2—0,5 %) вводят увлажнитель (керосин, глицерин) и до 1,5 % растворитель (ацетон, фурфурол, этиловый спирт).

Для лучшего съема оболочки с модельной плиты применяют раздельный состав — кремнеорганическую жидкость на основе силиконового каучука, которым опрыскивают модельную плиту перед засыпкой ее смесью.

Для скрепления готовых оболочковых полуформ применяют клей, часто используют пульвербакелит, засыпаемый в пазы горячих полуформ, клей на основе жидкого стекла с добавкой пылевидного кварца.

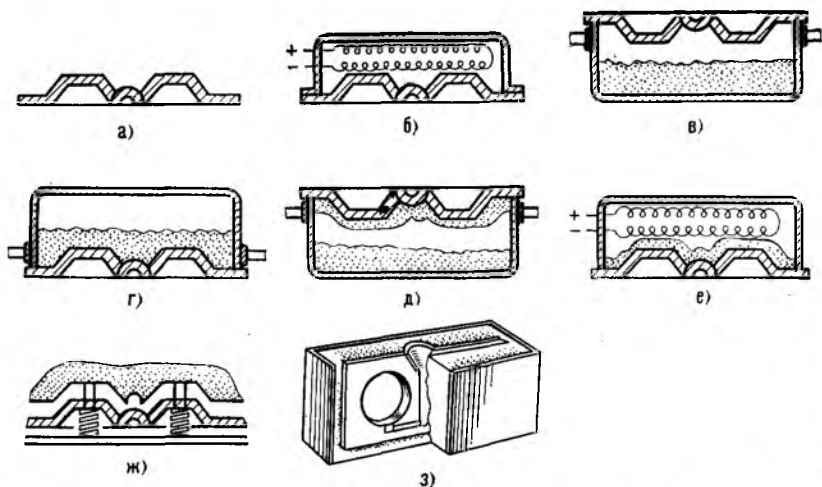


Рис. 147. Схема процесса бункерного способа изготовления оболочковых форм

Изготовление оболочковых форм производится несколькими способами: бункерным, рамочным и пескодунным.

На рис. 147 показан процесс бункерного способа изготовления оболочковых форм. Способ изготовления формы состоит из следующих операций:

1. Металлическую модельную плиту (рис. 147, а) нагревают в электрической печи до 200—250 °С (рис. 147, б), покрывают разделительным составом.

2. Модельную плиту крепят к горловине бункера, заполненного на 2/3 высоты песчано-смоляной смесью (рис. 147, в).

3. Бункер с модельной плитой переворачивают на 180° (рис. 147, г); при этом смесь из бункера падает на горячую плиту. Смола слоя смеси, прилегающего к поверхности модели, плавится, связывает частицы песка, образуя на модели оболочку. Для формирования оболочки модель выдерживают под бункером 15—25 с в зависимости от необходимой толщины оболочки на модели.

4. Бункер переворачивают в прежнее положение (рис. 147, д), при этом смесь с нерасплавившейся смолой ссыпается с модели в бункер. На поверхности модели остается полутвердая оболочка смеси толщиной 7—8 мм.

5. Модельную плиту с оболочкой отделяют от бункера и подают в печь с температурой 320—380 °С на 1—3 мин для окончательного отвердевания оболочки (рис. 147, е).

6. После сушки плиту устанавливают на стол и с помощью толкателей снимают с нее оболочку (рис. 147, ж), представляющую первую полуформу изготавливаемой формы.

7. Освободившуюся модельную плиту обдувают сжатым возду-

хом, покрывают разделительным составом и, повторяя рассмотренные выше операции, изготавливают оболочку второй полуформы.

8. Полученные полуформы склеивают, устанавливают в специальную коробку-контейнер, пространство которой вокруг формы засыпают чугунной дробью. В таком состоянии оболочковая форма подается под заливку (рис. 147, з).

**Изготовление стержня.** Стержни для оболочковых форм изготавливают сплошными или, как формы, оболочковыми. Оболочковые стержни обладают хорошей газопроницаемостью, при изготовлении их не требуется каркасов, сушки вследствие малой гидроскопичности; их можно продолжительное время хранить на складе.

Оболочковые стержни изготавливают путем свободной насыпки смеси в стержневой ящик, а также путем надува, центробежным способом или высадкой (продавливанием смеси через нагретый мундштук).

Для изготовления оболочкового стержня способом свободной насыпки смеси в ящик выполняют следующие операции: 1) очищенный металлический стержневой ящик нагревают до 200—250 °С; 2) рабочую поверхность ящика покрывают разделительным составом, в полость ящика засыпают смесь; 3) засыпанную в ящик смесь выдерживают 20—30 с для образования на его стенках полутвердой оболочки толщиной 7—8 мм; 4) излишек смеси из ящика высыпают; 5) для окончательного твердения оболочки стержня ящик помещают в печь и выдерживают при температуре 350—400 °С в течение 2,5—3 мин; 6) готовый стержень извлекают из стержневого ящика путем его разборки.

Процесс получения отливки в оболочковой форме в современных литейных цехах осуществляется на специальных механизированных и автоматизированных установках. Для изготовления полуформ применяют двухпозиционный формовочный автомат АКФ-2 конструкции НИИТАвтопрома, модернизированные конструкции той же машины — четырехпозиционную машину АКФ-2м, восьмипозиционный автомат мод. 837. Для изготовления оболочковых стержней путем надува применяют машины мод. 872 и 872, для склеивания оболочек — установки мод. 880—882 конструкции ВНИИлитмаша и др.

### § 103. Литье в разъемные керамические формы

Основой способа изготовления разъемных керамических форм является способность этилсиликатной суспензии затвердевать через некоторое время после добавки в нее водного раствора щелочи. Процесс изготовления форм сводится к следующему.

Зернистые материалы, имеющие небольшой коэффициент теплового расширения и высокую огнеупорность (зернистый и пылевидный дистенсиллиманит, циркон, корунд и пылевидный кварц) загружают для перемешивания в барабан (рис. 148, а). После

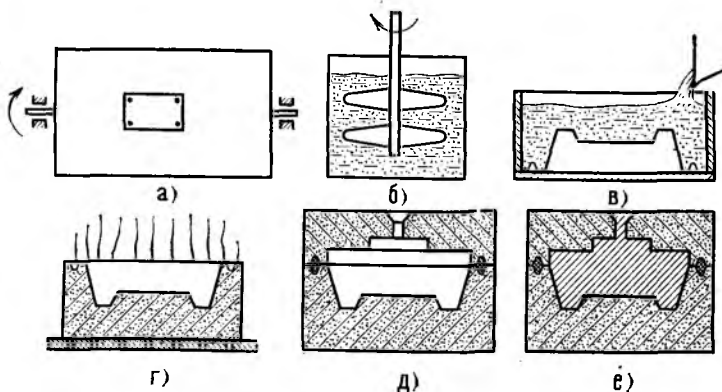


Рис. 148. Схема литья в разъёмных керамических формах

смешивания наполнитель (из расчета соотношений 1 кг наполнителя на 250—300 см<sup>3</sup> раствора этилсиликата) засыпают в бак с гидролизованым раствором этилсиликата при постоянном перемешивании (рис. 148, б). Полученную смесь доводят до консистенции густой сметаны и добавляют к ней 15 %-ный раствор NaOH, из расчета 10—12 см<sup>3</sup> на 1 кг смеси.

Полученной суспензией, после перемешивания, заливают опоку с установленной в ней моделью (рис. 148, в). Когда залитая смесь примет резинообразное состояние, из опоки удаляют модель (при таком состоянии форма позволяет удалить модель без повреждения отпечатка, если даже на поверхности модели имеются небольшие поднутрения и выступы). Удалив модель, на поверхности полости формы выжигают спирт, выделяющийся в форме в процессе затвердевания смеси (рис. 148, г). Выжигание спирта вызывает образование на поверхности формы паутинообразной сетки — трещин, увеличивающих газопроницаемость и податливость формы. После выжигания спирта полученную нижнюю полуформу прокаливают. Повторяя перечисленные операции, изготавливают вторую полуформу. Готовые полуформы собирают (рис. 148, д) для заливки (рис. 148, е).

Для сокращения расхода дорогостоящей этилсиликатной суспензии применяют двухслойные формы с облицовочным керамическим слоем. В таких формах дорогостоящую керамическую массу используют только для облицовочного слоя, остальную часть формы заполняют смесью на жидком стекле.

Керамические разъёмные формы дают отливки с чистой поверхностью и высокой точностью размеров. Кроме того, они проще в изготовлении, более прочны, позволяют отливать детали большой массы. Способ заливки в керамических формах применяют для изготовления художественных отливок несложных конфигураций (бюсты, барельефы, постаменты с растительным орнаментом).

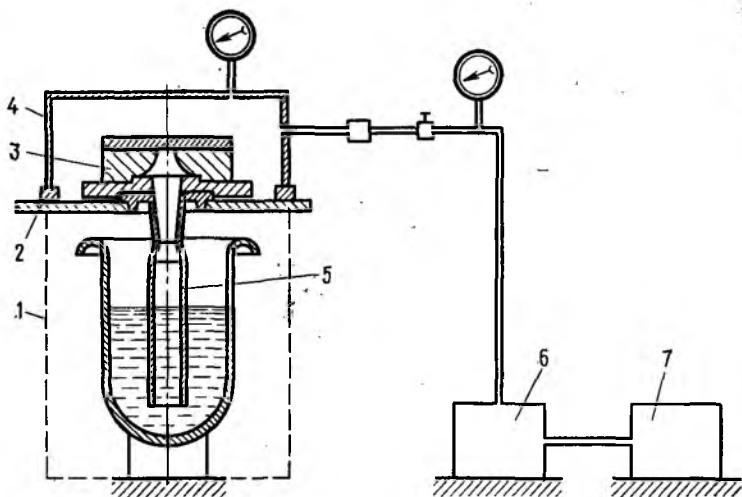


Рис. 149. Схема установки для изготовления отливок вакуумным всасыванием

### § 104. Литье вакуумным всасыванием

Принцип получения литья вакуумным всасыванием состоит в том, что металл под действием атмосферного давления по специальному металлопроводу входит в литейную форму, установленную в камере с разреженной атмосферой, заполняет полость формы, образуя отливку. На рис. 149 показана схема работы установки для получения вакуумным всасыванием фасонных отливок.

Процесс состоит в следующем: на плите 2 раздаточной печи 1 устанавливают приготовленную для заливки литейную форму 3. Перед заливкой форму накрывают камерой 4. В опущенной над формой камере от насоса 7 через ресивер 6 создается необходимый вакуум (разряжение), вследствие чего металл по трубе 5 всасывается в разряженное пространство полости 3, наполняет его, образуя отливку.

### § 105. Литье намораживанием

Если в полость формы, приготовленной для заливки, залить металл и через некоторое время, не дав ему затвердеть, вылить из формы, на стенках полости формы останется слой металла, успевшего за время от начала заливки до выливания кристаллизироваться на стенках формы. Разрушив форму и освободив слой металла от формовочной смеси (если форма была песчано-глинистой), получим пустотелую отливку со стенкой толщиной, равной слою замороженного на стенках формы заливаемого в нее металла. Такой способ получения отливок называют «литьем намораживанием».



В производстве художественного литья способ литья намораживания используют для отливки бюстов, имеющих полое основание. Толщина стенки отливки зависит от продолжительности намораживания — выдержки металла в форме от заливки до выливания.

#### Вопросы для повторения

1. Какие Вы знаете специальные способы получения отливок?
2. Что представляют собой кокили?
3. Как производится отливка в кокилях?
4. Как могут быть использованы кокили в производстве художественного и архитектурного литья?
5. В чем сущность получения отливок способом центробежного литья?
6. Какие Вы знаете машины для центробежного литья?
7. В чем сущность способа литья под давлением?
8. Какие Вы знаете машины, применяемые для литья под давлением?
9. В чем сущность способа получения отливок в оболочковых формах?
10. Каковы преимущества способа литья в оболочковых формах?
11. На чем основан способ изготовления разъемных керамических форм?
12. Как изготавливают разъемные керамические формы?
13. В чем сущность способа литья вакуумным всасыванием, где его можно применять в производстве художественных отливок?
14. Как получают отливки способом намораживания и где в производстве художественного литья его можно применить?

## ГЛАВА 19. ОБРАБОТКА И СБОРКА ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ОТЛИВОК

### § 106. Значение обработки отливок

Для удобства изготовления литейных форм художественные изделия часто отливают отдельными частями. Например, статуэтку «Конь с попоной» (см. рисунок на обложке) отливают в виде нескольких частей: корпус коня, хвост, нижняя часть попоны (накидки) и постамент. Все части статуэтки отливают в самостоятельных литейных формах. Отливки после выбивки форм имеют на поверхности следы от питателей, выпоров, швы от соединений отдельных частей формы (кусков), поэтому все части отливки нуждаются в механической обработке.

После обработки отдельно отлитые части собирают, получая целое изделие. Кроме того, при механической обработке на поверхности отливки восстанавливается резкость рисунка модели, так как на отливке он получается обычно слабее, чем на модели или оригинале.

Операции обработки поверхности отливки (восстановление чеканки ее соответственно поверхности модели, соединение отдельных частей отливки на постаменте) выполняют в механическом отделении цеха художественного литья, которое носит название отделение чеканки и сборки отливок.

Процесс механической обработки чугунных художественных отливок состоит из следующих операций: 1) отжига отливок; 2) обработки поверхности отдельных частей отливки; 3) чеканки поверхности; 4) сборки деталей на постаменте; 5) шпаклевки и окраски готового изделия.

### § 107. Термическая обработка

Отливки художественных изделий из чугуна после выбивки из форм от быстрого охлаждения на воздухе приобретают твердую (отбеленную) поверхность, трудно поддающуюся механической обработке. Восстановить на отливке четкость рисунка поверхности ее модели — воспроизвести чеканом шерсть на отливке коня, волосы на голове отливки бюста, жилки на листьях цветка можно только в том случае, если поверхность отливки для такой обработки будет достаточно мягкой.

Для уменьшения твердости поверхности художественные отливки из чугуна подвергают термической обработке — отжигу. Для этого отливки закладывают в ящик из жаростойкой стали, пересыпая их карбюризатором (смесью угля с песком) так, чтобы отливки не касались стенок ящика. Затем ящик закрывают крыш-

кой и для герметичности замазывают его огнеупорной глиной. Герметичность ящика необходима для устранения возможности попадания в него воздуха. Кислород воздуха окисляет поверхность отливки, разрушает рисунок на ней, образуя слой окалины.

Ящик с отливками помещают в термическую печь, нагревают до температуры 900—950 °С и выдерживают при ней 2,5—4 ч в зависимости от толщины стенок отливок. Затем медленно, снизив температуру до 450—400 °С, печь открывают и охлаждают отливки вместе с печью до температуры выгрузки (150—100 °С).

### § 108. Обработка поверхности отливок

После отжига и проверки качества отливки поступают на участок механической обработки. В процессе обработки на отливках срубают зубилом или отрезают ножовкой основания питателей и выпора, опиливают на поверхности отливки швы, получившиеся от соединений в форме ее отдельных частей, удаляют каркасную трубку, срубляют концы поперечника каркаса, удерживающие ранее в форме стержень, заделывают вставками из меди или алюминия отверстия, оставшиеся на поверхности отливки после удаления из нее каркаса стержня.

Отверстия большого диаметра заделывать алюминием не рекомендуется, так как при нагреве изделия вследствие разницы коэффициента расширения чугуна и алюминия вставки его становятся заметными на поверхности обработанной отливки.

С помощью напильников, надфилей различной формы и насадки, специального режущего инструмента — вихровок, изготовляемых из инструментальной углеродистой стали, опиливают и зачищают гладкие части поверхности отливки (лицо, руки, другие обнаженные части фигуры и грани постаментов). В последнее время для обработки таких поверхностей отливки успешно применяют электродрель, в патроне которой крепится специальная фреза.

Обработку деталей художественного изделия начинают обычно с постаментов, с проверки геометрической формы на плите. Такую (предварительную) обработку поверхности художественной отливки выполняют, зажимая отливку в поворотных слесарных тисках с мягкими нагубниками.

Технологическим требованием при обработке художественной отливки является выполнение операции рубки, опиливания и зачистки поверхности отливки без углублений в ее тело, в противном случае возможно нарушение анатомической целостности изделия.

### § 109. Чеканка отливок

Каким бы четким не был рисунок поверхности модели, в отливке мы не сможем получить точную его копию, он будет всегда слабее. Потеря резкости отпечатка происходит и в процессе изготовления

формы, и в процессе ее заливки. Поэтому восстановление поверхности художественной отливки производится в процессе ее чеканки.

Чеканка, как операция при обработке отливки, получила свое название от инструмента — чекана, с помощью которого она производится. В процессе чеканки слесарь-чеканщик восстанавливает резкость изображения рисунка поверхности модели на отливке, воспроизводит вновь фактуру поверхности отливки тех мест, где она была снята при опиливании питателей, выпоров и швов от кусков формы. Бытует выражение, что чеканщик в отливку вкладывает душу, отливка после его работы оживает.

Чеканка является сложной и ответственной операцией в процессе механической обработки художественной отливки. Чеканщик должен хорошо владеть инструментом, знать основы анатомии человека и животных, так как ему нередко приходится самостоятельно исправлять недостатки поверхности отливки. При чеканке каждая деталь поверхности отливки обрабатывается специальным для нее изготовленным чеканом. Например, шерсть чеканится на отливке шерстяным чеканом, глаз — глазным, пуговица — пуговичным и т. д. Поэтому чеканов у чеканщика может быть большое число и, как правило, опытный слесарь-чеканщик изготавливает чеканы сам.

## § 110. Сборка отливок

В процессе сборки художественной отливки ее части собирают в одно целое — изделие. Части отливки при сборке соединяют между собой с помощью знака на одной части и соответствующего гнезда для него — в другой. Монтируемая часть удерживается на основной части при помощи шпильки, вставленной в отверстие, просверленное в гнезде основной части (через знак монтируемой части). Снаружи головка шпильки и шов между частями хорошо заделывают и прочеканивают под общий фон поверхности отливки.

В качестве примера рассмотрим сборку статуэтки «Ермак»:

1. К обработанному и прочеканенному корпусу «Ермака» приделывают руки. Для этого хорошо обработанные и подогнанные в основании рук знаки вставляют в гнезда, расположенные в частях рук на корпусе. В гнездах через знаки приставленных рук сверлят отверстия, куда плотно вставляют шпильки, удерживающие руки на корпусе.

2. Для установки корпуса «Ермака» на постаменте в подошвах ног его сверлят и нарезают отверстия.

3. По отверстиям в ногах сверлят отверстия на постаменте.

4. В отверстия ног ввертывают резьбовые шпильки.

5. Корпус шпильками вставляют в отверстия в постаменте и с внутренней стороны его крепят гайками.

6. Отдельно отлитый клинок крепят на корпусе шпилькой.

7. Клинок с ремнем соединяют кольцами из проволоки. Детали скульптур в процессе сборки соединяют сваркой.

### § 111. Окраска отливок

Заключительной операцией в технологическом процессе механической обработки чугунных художественных и архитектурных отливок является покрытие их поверхности слоем краски или нержавеющей металла. Некрашенная поверхность чугунной отливки имеет некрасивый серый цвет и быстро ржавеет.

Применяют краску следующего состава: 1000 г олифы, 200—250 г газовой канальной сажи, 30 г свинцового сурика. Вязкость краски по воронке Нилка: 1-й слой покрытия при окраске вручную 45, при окраске пульверизатором 30; 2-й слой покрытия — при окраске вручную 60, при окраске пульверизатором 30.

Составляющие краски хорошо перемешивают и для получения необходимой вязкости варят при температуре 150 °С. Готовую краску проверяют на температуру воспламенения.

Перед окраской поверхность отливок шпаклюют. Неплотность в швах, соединений отдельных частей отливки, небольшие раковины на ее поверхности затирают меловой шпаклевкой, приготовленной на олифе. Прошпаклеванную, просушенную и хорошо очищенную от пыли, окислов и масляных пятен отливку покрывают слоем чистой высококачественной натуральной олифы (олифу дополнительно нагревают до получения вязкости по воронке Нилка 13—17 с). После прожарки проолифенную отливку покрывают вручную или пульверизатором тонким слоем краски 2 раза. При окраске пульверизатором вязкость краски должна быть 30 с (по воронке Нилка). Ручная окраска производится малярными кистями. После каждого слоя покрытия отливку сушат в электрическом шкафу при температуре 150—250 °С в течение 30—40 мин. Температура сушки зависит от температуры воспламенения олифы и должна быть ниже ее на 20—25°. Практически отливку сушат до появления над ней легкого дымка, при этом она приобретает приятный матовый тон.

Иногда художественные отливки вместо окраски покрывают слоем цветного металла: меди, никеля, серебра и т. д. Для этого в ванну с соответствующим раствором опускают электрод из металла, которым хотят покрыть отливку, вторым электродом является сама отливка. К электродам подается постоянный электрический ток. В результате реакции в растворе под действием электрического тока металл осаждается на поверхности отливки. Такой способ покрытия слоем другого металла называется гальваническим.

### Вопросы для повторения

1. Какое значение имеет механическая обработка художественных отливок?
2. Из каких операций состоит процесс механической обработки отливок художественных изделий?
3. Для чего перед механической обработкой отливки отжигают?
4. Как производится отжиг отливок?
5. В чем заключается процесс предварительной обработки поверхности отливок?
6. Как называется процесс восстановления рисунка на поверхности отливки?
7. Как выполняют чеканку отливки?
8. Как производят сборку художественных отливок?
9. Для чего окрашивают чугунные отливки художественных изделий?
10. Как выполняют окраску художественных отливок?
11. Каким образом покрывают поверхность отливки защитным слоем металла?

## ГЛАВА 20. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ В ЛИТЕЙНОМ ЦЕХЕ

На каждом предприятии имеется специальный отдел, занимающийся вопросами техники безопасности; разработкой и внедрением мероприятий, обеспечивающих создание безопасных условий труда. Этот отдел следит за проведением мероприятий, предупреждающих несчастные случаи, за выполнением работающими специальных инструкций, содержащих основные правила безопасной работы.

Выполнение правил техники безопасности начинается на территории предприятия.

### § 112. Правила поведения на территории предприятия

На территории предприятия выполняются различные работы, транспортируются приспособления и материалы в цеха, готовая продукция — на склад, производятся разгрузочно-погрузочные работы.

Для обеспечения выполнения этих работ на территории предприятия работает различный внутриводской транспорт, размещены необходимые для работы приспособления и оборудование. Поэтому рабочие литейного цеха и других цехов во избежание несчастных случаев, проходя в свой цех по территории предприятия, обязаны выполнять следующие правила, предусмотренные техникой безопасности:

1. Обращать внимание на предупредительные надписи, не ходить по путям железнодорожного полотна, чтобы не попасть под движущийся транспорт.

2. Обходить зону погрузочно-разгрузочных работ, избегать прохода под переносимым подъемным механизмом грузом.

3. Курить на территории предприятия разрешается только в специально отведенных и оборудованных для этих целей местах.

Перечисленные правила техники безопасности являются общими для всех предприятий. Кроме них каждое предприятие с учетом особенностей его профиля производства имеет свои дополнительные правила и инструкции поведения работающих на территории этого предприятия.

### § 113. Правила техники безопасности в литейном цехе

До начала работы:

1. Надеть и привести в порядок рабочую одежду.

2. Осмотреть свое рабочее место, убрать все мешающие и ненужные предметы.

3. Подготовить и проверить рабочий инструмент, неисправный заменить.

Во время работы:

1. При формовке по-сырому не допускать чрезмерного уплотнения смеси в опоке, обильного смачивания смеси вокруг модели при ее удалении, установки в форме недосушенных стержней. Следить, чтобы в заформованной опоке было достаточно каналов для выхода паров и газов, образующихся при заливке металла. Плохая газопроницаемость формы может вызвать выбрасывание металла из литника при заливке. Брызги металла могут быть причиной ожогов работающих вблизи.

2. При подъеме опоки краном включение подъемного механизма должно быть согласовано с работой остальных рабочих, занятых на формовке. Несогласованные действия могут быть причиной несчастного случая.

3. При выполнении работ с помощью мостового крана следить за сигналами крановщика. Запрещается нагружать кран сверх установленной для него грузоподъемности, подтаскивать краном грузы, находиться под поднятым краном грузом.

4. Запрещается производить отделку полуформ, поднятых на крюке крана, если они не установлены на прочных подставках.

5. При работе на формовочных машинах проверять надежность ограждения пускового механизма, чтобы предотвратить случайное включение пускового механизма, нельзя исправлять и смазывать машину во время ее работы.

6. При формовке на машинах с подпрессовкой нельзя поднимать стол с опокой, не установив траверсы в рабочее положение. При резком подъеме стола поршень, сорвав ограничитель, может быть выброшен из цилиндра машины.

7. При формовке на машине с поворотным столом нельзя поворачивать стол, не убедившись в хорошем креплении на нем опоки. Плохо закрепленная опока при повороте стола может упасть и нанести травму работающему.

8. Излишек припыла при сборке сырой формы, засоры в полуформах нельзя выдувать ртом, для этой цели следует применять ручной мех или пылесос. Крупные частицы из глубоких мест формы удаляют крючком.

9. При пользовании переносной электрической лампой следует проверять наличие защитной сетки, исправность шнура и изоляционной резиновой трубки. Напряжение в переносных лампах допускается не свыше 12 В.

10. При скреплении полуформ скобами тщательно проверять прочность крепления форм во избежание падения формы при ее повороте и прорыва металла во время заливки.

11. Работающие на заливке форм должны иметь одежду, предохраняющую от ожогов, брезентовые брюки, защитные очки, войлочную шляпу. Брюки следует носить на выпуск для того, чтобы скатывающиеся брызги металла не могли попадать в обувь.



12. Нельзя набирать металл во влажный (не просушенный) ковш, удалять влажной счищалкой шлак с поверхности металла в ковше, выливать на пол и во влажную изложницу остатки металла. В этом случае быстро образующиеся пары разбрызгивают металл, работающие вблизи могут получить ожоги.

13. Вибитую из формы отливку нельзя брать в руки, не убедившись в том, что она остыла.

По окончании работы:

1. Привести в порядок свое рабочее место.
2. Убрать рабочий инструмент, оснастку, приспособления на отведенное для них место.
3. Запрещается обдывать одежду и тело сжатым воздухом из шланга.

Указанные выше правила техники безопасности являются лишь самыми общими и не исчерпывают всех возможных причин несчастных случаев в условиях работы конкретного цеха.

Формовщики-литейщики должны всегда помнить, что осторожность, предусмотрительность в работе, точное выполнение специальной инструкции по технике безопасности на своем рабочем месте, указания мастера, личная и технологическая дисциплина являются неперенными условиями безопасности в труде.

## § 114. Промышленная санитария

Условия безопасной работы в литейном цехе обеспечиваются выполнением следующих правил промышленной санитарии:

1. При установке в цехе оборудования, приспособлений и форм должно быть предусмотрено: ширина односторонних проездов не менее 2 м, ширина общих проходов 1,6 м, ширина проходов для заливки форм не менее 1,2 м.

2. Пол литейного цеха должен быть ровным. Неровности, выбоины и ямы могут быть причиной несчастного случая.

3. В крыше литейного цеха для обеспечения освещения рабочих мест в дневное время должны быть световые проемы (фонари), регулярно протираемые.

4. Нельзя допускать проникновение влаги через крышу цеха и фонари. Подмокшие формы при заливке кипят, выбрасывая металл из литника, создавая опасность работающим.

5. Литейный цех должен быть нормально освещен искусственным светом.

6. На рабочих местах формовщиков художественного литья должно быть индивидуальное освещение. Для просмотра глубоких форм необходимы безопасные электрические лампы напряжением 12 или 24 В. Применение ламп с напряжением 120—220 В недопустимо, так как возможно поражение током.

7. Для удаления пыли и угарных газов, образующихся в процессе сушки, заливки и выбивки литейных форм, в цехе должна быть приточно-вытяжная вентиляция.

8. Входы и выходы в цехе должны быть устроены так, чтобы не было сквозняков, ведущих к простудным заболеваниям рабочих.

### § 115. Оказание первой помощи при несчастном случае

Формовщик литейного цеха в процессе выполнения работы соприкасается с расплавленным металлом, его тепловым излучением, газами, выделяемыми формами при заливке, с электрической энергией работающего оборудования. В этих случаях несоблюдение соответствующих правил техники безопасности может быть причиной несчастного случая: ожоги металлом, тепловой удар, ушибы, отравление угарным газом, засор и ранение глаз, поражение электрическим током и др. При несчастном случае следует немедленно обращаться в медпункт предприятия или оказать медицинскую помощь пострадавшему на месте.

Однако до оказания квалифицированной медицинской помощи пострадавшему необходимо оказать первую помощь, приемы которой должен знать каждый работающий в цехе. Для оказания первой помощи на каждом участке цеха должна быть аптечка, носилки и все необходимые предметы оказания первой помощи.

Каждый рабочий литейного цеха должен знать следующее:

**При ожоге:** 1) осторожно обнажить место ожога (снять одежду и обувь); 2) положить на обнаженное место повязку из индивидуального пакета; смачивать или смазывать место ожога не рекомендуется; 3) направить пострадавшего в медпункт.

**При тепловом ударе** (перегретое тело): 1) положить пострадавшего в прохладное место без сквозняков; 2) растегнуть одежду; 3) вызвать врача для оказания пострадавшему квалифицированной помощи.

**При порезах:** 1) смочить рану раствором перекиси водорода; 2) перевязать чистым бинтом. Промывание ран водой не допускается.

**При переломах конечностей:** пострадавшего осторожно уложить на носилки и немедленно отправить в медпункт.

**При отравлении угарным газом:** 1) вынести пострадавшего на свежий воздух; 2) дать понюхать нашатырный спирт, в тяжелых случаях — отправить в медпункт.

**При поражении электрическим током:** 1) освободить пострадавшего от воздействия тока; 2) при потере сознания положить пострадавшего на спину, растегнуть одежду; 3) создать приток свежего воздуха; 4) срочно вызвать врача.

**При ушибах:** 1) на пораженное место тела наложить холодный компресс; 2) если требуется, доставить пострадавшего в медпункт.

**При засорении или ранении глаз** пострадавшего немедленно отправить к врачу.

## § 116. Противопожарные мероприятия в литейном цехе

В литейном цехе материалы и оборудование, используемые в технологическом процессе (расплавленный металл, работа плавильных печей и сушильных агрегатов), создают особые условия пожарной опасности. Причиной возникновения пожаров в литейном цехе чаще всего является небрежность в обращении с расплавленным металлом и в эксплуатации огнеопасных агрегатов.

Чтобы предупредить возможность возникновения пожаров в литейном цехе, каждый работающий в нем должен строго соблюдать правила пожарной безопасности:

1. Нельзя разводить огонь и курить в цехе изготовления деревянных моделей, в местах хранения горюче-смазочных материалов. Курение разрешается только в специально отведенных, оборудованных для этих целей местах.

2. Нельзя оставлять на рабочем месте масляные тряпки и другие материалы, которые могут воспламениться.

3. Нельзя хранить в больших объемах угольную пыль и ликоподий, в этих случаях они могут самовоспламениться.

4. Необходимо следить за исправностью изоляции электропроводки, не допускать возможности короткого замыкания и ее загорания.

5. Каждый участок цеха должен иметь приспособления и средства тушения пожара: огнетушители, ящики с песком, лопаты и багры, расположенные на специальных щитках, брандспойты со шлангами, хранящиеся в специальных шкафах с обеспечением свободного доступа к ним.

6. Следить, чтобы проезды и проходы в цехе не загромождались.

7. Иметь электрическую сигнализацию для вызова пожарной команды.

В литейном цехе созданы группы (из рабочих) по противопожарной безопасности. При пожаре каждая из них участвует в его тушении по заранее разработанной инструкции.

Тушение горючих материалов (дерево, бумага, ткани и т. п.) производится с помощью брандспойта; горючих жидкостей (бензин, керосин, масло) — огнетушителями.

### Вопросы для повторения

1. Каковы задачи техники безопасности?
2. Какие правила должны соблюдаться на территории предприятия?
3. Почему нельзя отделять полуформы в подвешенном состоянии?
4. Какие правила техники безопасности следует соблюдать при работе на формовочных машинах?
5. Какие Вы знаете правила промышленной санитарии в литейном цехе?
6. Какие правила безопасной работы при заливке форм?
7. В чем состоит оказание первой помощи пострадавшему от ожогов?
8. Как оказывать первую помощь при порезах?
9. Как оказать первую помощь при поражении электрическим током?
10. Какую помощь оказывают при отравлении угарным газом?
11. Какие Вы знаете правила пожарной безопасности в литейном цехе?
12. Какие горючие материалы при пожаре тушат брандспойтом и какие огнетушителем?

Приложение  
Образцы художественного и архитектурного  
литья



МЕДВЕДЬ У ПНЯ



КУТУЗОВ И БАГРАТИОН



КОСУЛИ



ДОН-КИХОТ

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М.: Машиностроение, 1977.
2. Денисов И. С. Литейные формы и их сборка. М.: Высшая школа, 1970.
3. Липницкий А. М., Морозов И. В. Справочник рабочего литейщика. Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1976.
4. Литейное производство: Учебник/Под ред. И. Б. Куманина. М.: Машиностроение, 1971.
5. Матвеев И. В., Тарский В. П. Оборудование литейных цехов. М.: Машиностроение, 1976.
6. Небогатов Ю. Н., Тамаровский В. П. Специальные виды литья. М.: Машиностроение, 1975.
7. Петриченко А. М. Книга о литье. Киев: Техника, 1978.
8. Павловский Б. В. Каслинский чугунный павильон. Свердловск, Средне-Уральское книжное издательство, 1979.
9. Рубцов Н. Н. История литейного производства в СССР. М.: Машгиз, 1962.
10. Титов Н. Д., Степанов Ю. А. Технология литейного производства. М.: Машиностроение, 1978.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3	§ 30. Формовка с нижним болваном	92
Глава 1.		§ 31. Формовка с верхним болваном	93
<b>ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФОРМОВКЕ И ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ</b>		§ 32. Формовка по разъемной модели	94
§ 1. Формовка	5	§ 33. Формовка по модели с отъемными частями	98
§ 2. Литейный цех и технологический процесс производства отливок	5	§ 34. Формовка с подрезкой	99
§ 3. Формовочные материалы и их свойства	7	§ 35. Формовка с фальшивой опокой	101
§ 4. Основные формовочные материалы	9	§ 36. Формовка со специальной подмодельной плитой	103
§ 5. Вспомогательные формовочные материалы	16	§ 37. Формовка по модельной плите	104
§ 6. Подготовка исходных формовочных материалов	20	§ 38. Формовка в съемных опоках	104
§ 7. Формовочные смеси и их свойства	25	Вопросы для повторения	105
§ 8. Разновидности формовочных смесей	28	Глава 6.	
§ 9. Приготовление формовочных смесей	34	<b>СТЕРЖНИ И ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЕ</b>	106
§ 10. Испытание формовочных смесей	36	§ 39. Стержни и требования, предъявляемые к ним	106
Вопросы для повторения	41	§ 40. Классификация и виды стержней	107
Глава 2.		§ 41. Способы изготовления стержней	108
<b>ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ</b>	42	§ 42. Изготовление стержней в ящиках	109
§ 11. Общие сведения	42	§ 43. Изготовление стержней в модели	113
§ 12. Литейные свойства сплавов	42	§ 44. Скоростное изготовление стержней	114
§ 13. Применяемые литейные сплавы	43	Вопросы для повторения	116
Вопросы для повторения	47	Глава 7.	
Глава 3.		<b>ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ СО СТЕРЖНЯМИ</b>	117
<b>ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ</b>	48	§ 45. Подготовка стержней	117
§ 14. Модельная оснастка	48	§ 46. Способы крепления стержней в форме	118
§ 15. Модели и требования, предъявляемые к ним	48	Вопросы для повторения	122
§ 16. Виды моделей	49	Глава 8.	
§ 17. Материалы для изготовления моделей	51	<b>ФОРМОВКА В ТРЕХ И БОЛЕЕ ОПОКАХ</b>	123
§ 18. Модельные плиты	55	§ 47. Формовка в трех опоках	123
§ 19. Изготовление моделей	57	§ 48. Формовка с перекидным болваном	125
§ 20. Изготовление модельных плит	63	§ 49. Формовка в четырех опоках	126
§ 21. Стержневые ящики и их конструкции	65	Вопросы для повторения	129
§ 22. Опоки	67	Глава 9.	
§ 23. Формовочный инструмент	72	<b>ФОРМОВКА АЖУРНЫХ ОТЛИВОК</b>	130
Вопросы для повторения	76	§ 50. Особенности отливок и форм	130
Глава 4.		§ 51. Формовка по модели с односторонним ажуром	132
<b>ЛИТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ</b>	77	§ 52. Формовка по модели с двусторонним ажуром	134
§ 24. Литниковая система, ее назначение и устройство	77	§ 53. Формовка печочек	136
§ 25. Типы литниковых систем	80	Вопросы для повторения	139
§ 26. Расчет литниковой системы	83	Глава 10.	
§ 27. Подвод металла в полость формы	85	<b>КУСКОВАЯ ФОРМОВКА</b>	140
Вопросы для повторения	86	§ 54. Сущность кусковой формовки	140
Глава 5.		§ 55. Кусковая формовка по сырому	141
<b>ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ</b>	87	§ 56. Кусковая формовка	
§ 28. Формовка по-сырому	87		
§ 29. Формовка по неразъемной модели	88		

по сукому	144
§ 57. Формовка бюстов	146
§ 58. Изготовление стержня в полости формы	150
§ 59. Формовка статуэток	151
§ 60. Кусковая формовка в стержнях	160
§ 61. Формовка по разборной модели	161
Вопросы для повторения	164
Глава 11.	
<b>ФОРМОВКА ПО ГИПСОВЫМ МОДЕЛЯМ</b>	165
§ 62. Способы формовки по гипсовой модели	165
§ 63. Формовка с рамкой	165
§ 64. Формовка по гипсовой модели с подрезкой болвана	167
Вопросы для повторения	168
Глава 12.	
<b>ИЗГОТОВЛЕНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ОТЛИВОК ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ</b>	169
§ 65. Сущность способа	169
§ 66. Пресс-формы и их изготовление	170
§ 67. Модельные составы	176
§ 68. Изготовление моделей	178
§ 69. Изготовление керамических оболочек	182
§ 70. Выплавление моделей	185
§ 71. Формовка оболочек	187
§ 72. Прокаливание форм	188
Вопросы для повторения	190
Глава 13.	
<b>ФОРМОВКА СКУЛЬПТУР</b>	191
§ 73. Способы формовки скульптур	191
§ 74. Формовка по восковой модели	191
§ 75. Формовка скульптур по восковой модели	192
§ 76. Формовка по пустотелой выплавляемой модели	194
§ 77. Кусковая формовка с глиняной рубашкой	196
§ 78. Кусковая формовка в опоках	198
Вопросы для повторения	201
Глава 14.	
<b>ФОРМОВКА АРХИТЕКТУРНЫХ ОТЛИВОК</b>	202
§ 79. Особенности архитектурных отливок	202
§ 80. Формовка решеток	202
§ 81. Формовка брусев и поручней решеток	205
§ 82. Формовка колонок	207
§ 83. Формовка по шаблонам	209
§ 84. Формовка в почве	215
§ 85. Машинная формовка архитектурных отливок	218
§ 86. Классификация формовочных машин	219
§ 87. Конструкция и работа формовочных машин	220
§ 88. Формовочные автоматические линии	227
Вопросы для повторения	229

Глава 15.	
<b>ПОДГОТОВКА ФОРМ К ЗАЛИВКЕ</b>	
§ 89. Окраска форм и стержней	
§ 90. Сушка форм и стержней	
§ 91. Сборка и подготовка форм к заливке	
Вопросы для повторения	
Глава 16.	
<b>ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСПЛАВОВ И ЗАЛИВКА ФОРМ</b>	
§ 92. Плавильные печи	
§ 93. Заливка форм	
Вопросы для повторения	
Глава 17.	
<b>ВЫБИВКА И ОЧИСТКА ОТЛИВОК</b>	
§ 94. Выбивка отливок из форм	
§ 95. Обрубка отливок	
§ 96. Очистка отливок	
§ 97. Контроль отливок	
§ 98. Основные виды брака в отливках и причины его образования	
Вопросы для повторения	
Глава 18.	
<b>СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ЛИТЬЯ</b>	
§ 99. Литье в кокили	
§ 100. Центробежное литье	
§ 101. Литье под давлением	
§ 102. Литье в оболочковые формы	
§ 103. Литье в разъемные керамические формы	
§ 104. Литье вакуумным всасыванием	
§ 105. Литье намораживанием	
Вопросы для повторения	
Глава 19.	
<b>ОБРАБОТКА И СБОРКА ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ОТЛИВОК</b>	
§ 106. Значение обработки отливок	
§ 107. Термическая обработка	
§ 108. Обработка поверхности отливок	
§ 109. Чеканка отливок	
§ 110. Сборка отливок	
§ 111. Окраска отливок	
Вопросы для повторения	
Глава 20.	
<b>ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ В ЛИТЕЙНОМ ЦЕХЕ</b>	
§ 112. Правила поведения на территории предприятия	
§ 113. Правила техники безопасности в литейном цехе	
§ 114. Промышленная санитария	
§ 115. Оказание первой помощи при несчастном случае	
§ 116. Противопожарные мероприятия в литейном цехе	
Вопросы для повторения	
ПРИЛОЖЕНИЕ. Образцы художественного и архитектурного литья	
Список литературы	

231  
231  
231  
234  
237  
  
238  
238  
244  
247  
  
250  
250  
252  
252  
255  
255  
257  
  
259  
259  
262  
263  
267  
269  
271  
271  
272  
  
273  
  
273  
273  
274  
274  
275  
276  
277  
  
278  
278  
278  
280  
281  
282  
282  
  
283  
286