

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

В.П. Можарин

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В двух книгах

КНИГА 1

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Научно-методическим советом
Юргинского технологического института (филиала)
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2011

УДК 621.746
ББК 304.327
М74

Можарин В.П.

М74 Литейное производство: учебное пособие в двух книгах. Книга 1 / В.П. Можарин; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 408 с

В пособии изложены основы технологии производства отливок в разовых формах из дисперсных материалов. Рассмотрены ручные и машинные методы изготовления форм и стержней и их сборка, используемые в процессе формовки оборудование, инструменты и приспособления, а также модельно-стержневая и опочная оснастка.

Пособие знакомит студентов со свойствами формовочных и стержневых материалов и смесей, со способами их приготовления и методами их контроля.

Описаны процессы заливки, выбивки и очистки отливок. Рассмотрены вопросы проектирования технологического процесса. Приведены сведения по дефектам отливок и мерам их предупреждения и исправления.

Предназначено для студентов машиностроительных вузов металлургических специальностей.

УДК 621.746
ББК 304.327

Рецензенты

Кандидат технических наук, доцент кафедры
электрометаллургии, стандартизации и сертификации СибГИУ
Р.А. Гизатулин

Кандидат технических наук
заведующий кафедрой МЧМ ЮТИ ТПУ
А.А. Сапрыкин

Главный специалист отдела главного металлурга
ООО «Юргинский машзавод»
Н.Ф. Седлецкий

© ГОУ ВПО НИ ТПУ Юргинский
технологический институт (филиал), 2011
© Можарин В.П., 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

Продуктом литейного производства является отливка, которая используется как литая заготовка, если в дальнейшем частично или полностью подвергается механической обработке, и в отдельных случаях как деталь, которая устанавливается в изделие без обработки.

Технология получения отливок известна человечеству с древнейших времен. Ее история начиналась на заре земных цивилизаций, ранее 4 тыс. лет до н. э. За такой исторический период литейное производство превратилось в одну из отраслей промышленности, использующей наряду с древнейшими традициями все современные достижения науки и техники: компьютерные технологии, лазеры, электронику и автоматизацию, композиционные материалы, сплавы с заранее заданными свойствами, биотехнологии и др.

В современной научно-технической и исторической литературе отдельным вопросам и периодам развития литейного производства были посвящены работы многих специалистов в данной области: П.Н. Аксенова, Г.Ф. Баландина, Б.Б. Гуляева, А.А. Горшкова, Л.И. Леви, Л.М. Мариенбаха, Ю.А. Нехендзи, Г.М. Орлова, А.М. Петриченко, Б.В. Рабиновича, Н.Н. Рубцова, В.М. Шестопала и др.

Для развития литейной техники и технологии характерны некоторые общие закономерности, в частности расширение ассортимента применяемых природных материалов (в первую очередь, по их прочности), постоянное совершенствование применяемых естественных и искусственных материалов (также по их прочности), рациональное использование материалов, создание искусственных материалов с заранее заданными свойствами и др.

Анализ и систематизация основных качественных изменений в развитии техники и технологии литейного производства позволили установить главные требования, предъявляемые машиностроением к своей заготовительной базе, – это прочность и точность производимых отливок.

Производство любого технического продукта непременно связано с использованием учения о совокупности и последовательности операций, о материалах, инструментах и машинах, применяемых в его производстве. Литейное производство также является многоматериальным, многооперационным сложнейшим технологическим процессом, изложение которого и предлагается в данном учебном пособии.

ГЛАВА 1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ

Сущность получения отливок заключается в том, что расплавленный и перегретый сплав заданного состава заливается в литейную форму, внутренняя полость которой с максимальной степенью приближения воспроизводит конфигурацию и размеры будущего изделия. При охлаждении металл затвердевает и в твердом состоянии сохраняет очертания той полости, в которую он был залит. Большая часть существующих технологий обработки металлов включает стадию получения литой заготовки (слитка). Из этого следует, что наиболее эффективной является литейная технология, позволяющая получать изделия необходимых конфигурации, размеров и свойств непосредственно из расплава при минимальных затратах энергии, материалов и труда.

Перспективность литейной технологии обусловливается также универсальностью, позволяющей получать изделия из сплавов практически любого состава, в том числе из труднодеформируемых, массой от нескольких граммов до сотен тонн, с размерами до десятков метров.

Теория и практика литейного производства на современном этапе позволяет получать изделия с высокими служебными свойствами. Об этом свидетельствует надежная работа отливок в реактивных двигателях, атомных энергетических установках, других машинах и установках ответственного назначения.

В настоящее время известны 54 способа литья. Общепринятое определение способа литья пока не сформулировано. Имеются предложения определять способы литья по классификационным признакам, число которых по разным источникам колеблется от пяти до десяти. Приведем шесть главных классификационных признаков:

- основа материала формы;
- природа связующих добавок;
- тип оснастки;
- способ уплотнения (упрочнения);
- способ заливки;
- способ воздействия на жидкий расплав в процессе кристаллизации.

Каждый способ литья отличается от других хотя бы по одному из этих признаков. Из 54 способов литья 35 (64 %) основаны на использовании дисперсных материалов, в основном это традиционные способы литья в объемные песчаные формы. Остальные способы литья относятся к специальным способам (видам). Определение специального способа (вида)

литься также не сформулировано. Учитывая, что основная масса отливок изготавливается в песчаные формы в настоящем учебном пособии производится в основном разбор технологии литья в песчаные формы.

В последние годы объем производства по массе стабилизировался. Основная тенденция развития заключается в росте качества отливок, повышении точности их размеров, снижении металлоемкости. Все это вместе взятое обеспечивает рост количества выпускаемых отливок.

Литейная технология может быть реализована различными способами. Последовательность технологического процесса получения отливок в разовой песчаной форме приведена на рис. 1.1.

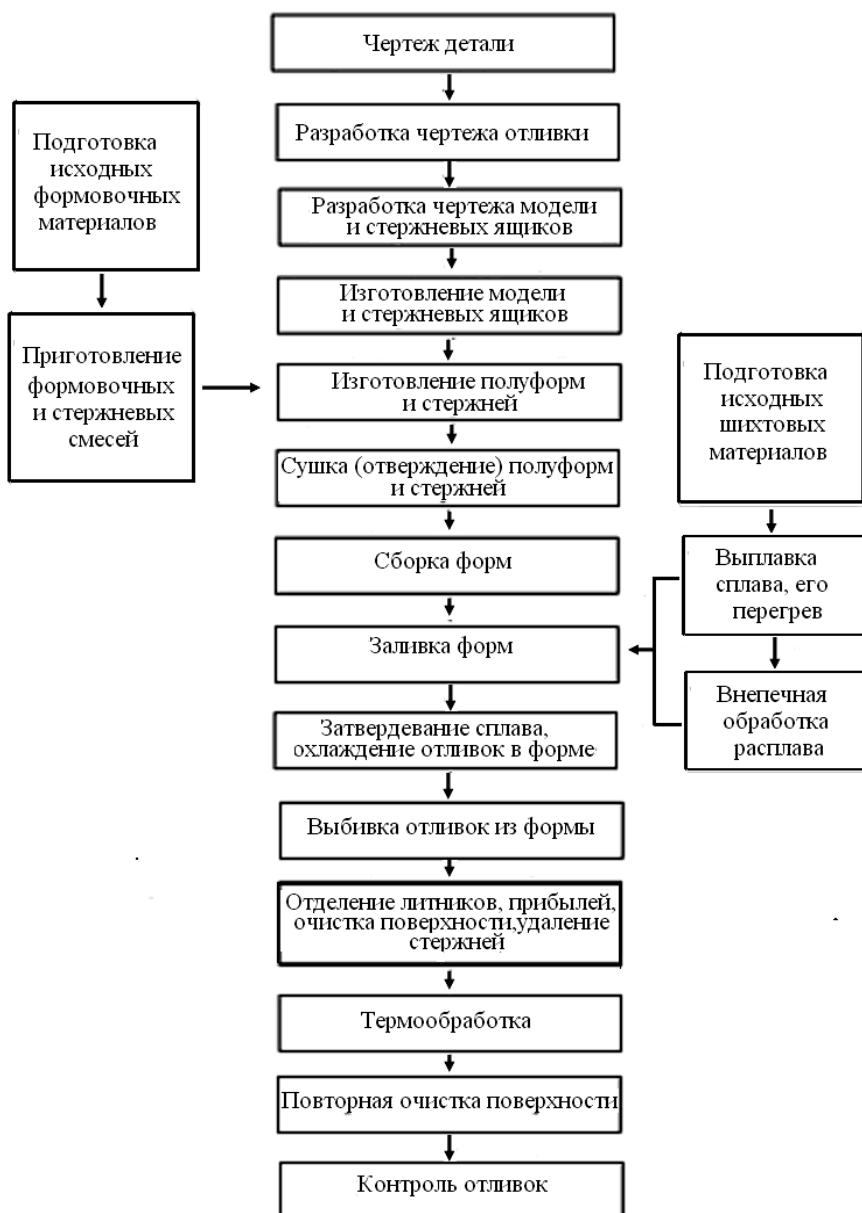


Рис. 1.1. Технологический процесс получения отливок в разовой песчаной форме

Весь цикл изготовления отливки состоит из ряда основных и вспомогательных операций, осуществляемых как параллельно, так и последовательно в различных отделениях литейного цеха. Модели, стержневые ящики и другую оснастку изготавливают, как правило, в модельных цехах.

Литейная разовая песчаная форма (рис. 1.2) в большинстве случаев состоит из двух полуформ: верхней 4 и нижней 3, которые получают уплотнением формовочной смеси вокруг соответствующих частей (верхней и нижней) деревянной или металлической модели в специальных металлических рамках – опоках 5. Модель отличается от отливки размерами, наличием формовочных уклонов, облегчающих извлечение модели из формы, и знаковых частей 7, предназначенных для установки стержня 10, образующего внутреннюю полость (отверстие) в отливке. Стержень изготавливают из смеси, например песка, отдельные зерна которого скрепляются при сушке или химическом отверждении специальными крепителями (связующими). В верхней полуформе с помощью соответствующих моделей выполняется воронка и система каналов 1, по которым из ковша поступает литейный сплав в полость формы 2, и дополнительные полости – прибыли 6.

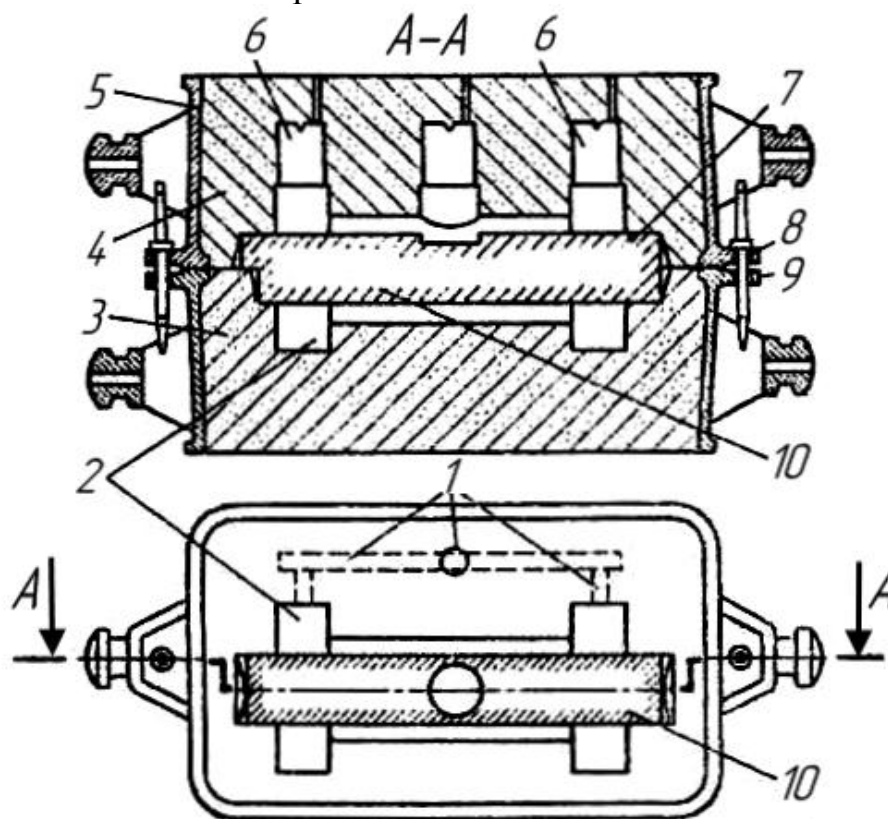


Рис. 1.2. Литейная разовая песчаная форма: 1 – литниковая система; 2 – полость формы; 3 – нижняя полуформа; 4 – верхняя полуформа; 5 – опока; 6 – прибыли; 7 – знаковая часть стержня; 8 – штырь; 9 – втулка; 10 – стержень

После уплотнения смеси модели собственно отливки, литниковой системы и прибылей извлекают из полуформ. Затем в нижнюю полуформу 3 устанавливают стержень 10 и накрывают верхней полуформой. Необходимая точность соединения обеспечивается штырями 8 и втулками 9 в опоках. Перед заливкой сплава во избежание поднятия верхней полуформы жидким расплавом опоки скрепляют друг с другом специальными скобами или на верхнюю опоку устанавливают груз.

В разовых песчаных формах производят ~ 80 % всего объема выпуска отливок. Однако точность и чистота их поверхности, условия труда, технико-экономические показатели не всегда удовлетворяют требованиям современного производства.

В связи с этим все более широкое применение находят специальные способы литья: по выплавляемым (выжигаемым) моделям, в металлические формы, под давлением, центробежным способом, вакуумным всасыванием, намораживанием и т. д. Отливки различных размеров, сложности и назначения из сплавов, существенно отличающихся по своим свойствам, нельзя изготавливать одинаковыми способами. В связи с этим получили распространение разнообразные технологические процессы, отличающиеся специфическими производственными приемами. Следует также отметить, что преимущественное развитие получают технологические процессы, позволяющие в максимальной степени механизировать и автоматизировать производство.

ГЛАВА 2

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ. ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Как отмечалось, в учебном пособии рассматривается способ литья в объемные формы из дисперсных материалов, чаще всего в песчано-глинистые формы. Поэтому изложение возможностей изготовления отливок, т. е. их технологичность, приводится именно для этого способа.

При обсуждении технологичности во внимание, как правило, принимают следующие параметры: сплав; минимальная толщина стенки; минимальный диаметр литого отверстия; радиусы сопряжения стенок; литейные радиусы; точность отливки по ГОСТ 26645; шероховатость поверхности; формовочные уклоны по ГОСТ 3212; требования к герметичности отливки и конструкционная технологичность.

Технолог-литейщик при приеме заказа на отливку в конкретном производстве оценивает возможность ее изготовления, т.е. ее технологичность, исходя из условий конкретного производства (из какого сплава будет изготовлена в цехе отливка, на каком оборудовании осуществляется плавка, формовка и т.п., какие возможности у цеха изготовить отливки по массе, габаритам и т.д.).

Каждый из перечисленных параметров далее рассматривается подробно с учетом возможностей способа литья в песчано-глинистые формы.

2.1. СПЛАВ

В песчано-глинистых формах можно, в принципе, готовить отливки практически любых размеров и массы из любых сплавов, если они будут удовлетворять заказчика по качественным показателям, перечисленным в списке параметров, начиная с точности отливки.

Исключение составляют, прежде всего, титановые сплавы, так как они имеют высокую температуру заливки (выше 1700 °С), активно вступают в реакцию с материалом формы (за исключением графита, который и является основным материалом формы для титановых сплавов); их плавку ведут в гарнисаже (затвердевшем слое титанового сплава).

Естественно, что при изготовлении отливок из разных сплавов необходимо учитывать их особенности, например, при изготовлении отливок из магниевых сплавов в формовочную смесь вводят гидроксид бора $B(OH)_3$ (борная кислота) и серу для предотвращения их окисления и возгорания. С учетом перечисленных выше параметров возможности изготовления отливок из разных

сплавов будут неодинаковые, и это должно учитываться.

2.2. МИНИМАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА СТЕНКИ

В первую очередь конкретные особенности сплавов учитываются при выборе минимально возможной толщины стенки. Толщина стенки отливки назначается конструктором из соображений прочности и принимается технологом-литейщиком. Установлена «критическая» толщина стенки для песчано-глинистых форм. Для чугунных отливок она составляет 3... 5 мм, для отливок из углеродистой стали – 5... 8 мм. Название «критическая» означает наименьшую минимальную толщину стенок с учетом «средних» технологических характеристик – температуры заливки, влажности смеси и т. п. Критическая толщина стенки также является некоторой статистической величиной из производственных данных. Использовать эту величину литейщики могут, но с учетом того, что меньшую толщину стенки получить практически нельзя.

Для оценки толщины стенки конкретной отливки можно предложить данные, представленные в табличной форме, учитывающие вид сплава, массу, протяженность стенки отливки и класс точности ее размеров изготовления (табл. 2.1). Влияние вида сплава и протяженности стенки отливки определяется величиной жидкотекучести. По поводу влияния класса точности размеров на минимальную толщину стенки следует привести данные из практики, согласно которым попытки изготовления отливки блока цилиндров автомобильного двигателя из высокопрочного чугуна взамен серого с меньшей, чем 3... 5 мм, стенкой окончились неудачей именно из-за невозможности обеспечить точность более тонкой стенки.

Таблица 2.1

*Минимальная толщина стенки отливок при их изготовлении
в песчано-глинистых формах*

Сплавы	Масса отливок, кг	Протяженность стенки, мм	Минимальная толщина стенки, мм, с учетом классов точности размеров отливки (КР ₀)		
			5–7	8–10	11т–16
Алюминиевые и магниевые	До 0,2	До 100	3,0	4,0	5,0
	Свыше 0,2 до 1,5	100... 250	4,0	5,0	7,0
	Свыше 1,5 до 5,0	250...630	5,0	6,0	8,0
Оловянные бронзы	До 1,0	До 100	3,5	4,5	5,5
	Свыше 1,0 до 7,0	100... 250	4,5	5,5	6,5
	Свыше 7,0 до 30	250...630	5,5	6,5	8,0

Окончание таблицы 2.1

Медные	До 0,6	До 100	4,0	5,0	6,0
	Свыше 0,6 до 15	100...250	5,0	6,0	8,0
	Свыше 15 до 60	250...630	6,0	8,0	10,0
СЧ15-СЧ20	До 0,5	До 100	3,0	4,0	5,0
	Свыше 0,5 до 12	100... 250	5,0	6,0	8,0
	Свыше 12 до 50	250... 630	6,0	8,0	10,0
	Свыше 50 до 300	630... 1600	8,0	10,0	12,0
СЧ21-СЧ35 ВЧ35-ВЧ50	До 1,0	До 100	3,5	5,0	6,0
	Свыше 1,0 до 50	100... 250	6,0	7,0	9,0
	Свыше 50 до 100	250... 630	7,0	9,0	11,0
	Свыше 100 до 500	630... 1600	9,0	11,0	13,0
ВЧ60-ВЧ100	До 2,5	До 100	4,0	6,0	7,0
	Свыше 2,5 до 100	100...250	7,0	8,0	10,0
	Свыше 100 до 300	250...630	8,0	10,0	12,0
	Свыше 300 до 1000	630... 1600	10,0	12,0	14,0
Легированная сталь	До 12,0	До 100	5,0	5,0	8,0
	Свыше 12,0 до 100	100... 250	7,0	9,0	10,0
	Свыше 100 до 500	250... 630	9,0	11,0	14,0
	Свыше 500 до 3000	630... 1600	12,0	14,0	18,0
Углеродистая сталь	До 40,0	До 100	6,0	7,0	9,0
	Свыше 40,0 до 300	100...250	8,0	10,0	12,0
	Свыше 300 до 1000	250...630	10,0	14,0	16,0
	Свыше 1000 до 3000	630... 1600	14,0	16,0	20,0

В табл. 2.1 влияние класса точности размеров на минимальную толщину стенки отражено с учетом того, что допуск на толщину стенки не должен превышать половины номинального значения толщины стенки.

Выше приведены данные о минимальной толщине наружных стенок отливки. Из производственного опыта известно, что толщина внутренних стенок может быть на 10...20 % меньше, чем наружных. Поэтому для уменьшения массы отливки этим следует пользоваться.

2.3. РАДИУСЫ ПЕРЕХОДОВ И СОПРЯЖЕНИЙ СТЕНОК ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЙ

Плавность перехода от тонких к толстым сечениям, правильное сопряжение и достаточная величина радиусов обеспечивают получение отливок без литейных дефектов (усадочных раковин, пористости, трещин, ужимин и т.д.). Малый радиус приводит к напряжениям (трещинам), ужиминам в отливках, большой – к увеличению массы отливки, усадочным дефектам в отливках (увеличению теплового узла).

В правильно сконструированной литой детали отношение толщин стенок (h) должно удовлетворять неравенству $h_1/h_2 \leq 2$. В машиностроитель-

ных отливках приведенное отношение может быть больше – $h_1 / h_2 \leq 4$.

Сопряжения стенок, различающихся по толщине менее чем в 2 раза, выполняются посредством радиуса перехода R_{Π} или радиуса сопряжения R_C (рис. 2.1, а, б, в). Радиус сопряжения R можно определить по уравнению

$$R_C = K \cdot (h_1 + h_2) / 2, \quad (2.1)$$

где $K = 1/2 \dots 1/3$.

Радиус угловых L-образных сопряжений (R_C) зависит не только от толщины стенки, но и от угла α между сопрягаемыми стенками (рис. 2.1, в), а также от класса дефектности (табл. 2.2). Классы дефектности 1, 2, 3-й характеризуют соответственно низкую, среднюю и высокую склонность отливок к таким дефектам, как усадочные раковины, горячие и холодные трещины, ужимины.

Следует также различать радиусы сопряжений R_C и радиусы переходов R_{Π} .

Из (рис. 2.1, б) видно, что при определении радиуса сопряжения R_C или перехода R_{Π} возможна некоторая неопределенность. Действительно, если радиус определяется для сплошного контура, то принимают во внимание толщины стенок h_1 и h_2 , если же учесть показанный на рисунке штрихом контур, то во внимание принимаются толщины стенок h_1 , и h_3 . Для устранения неопределенности при нахождении R_{Π} и R_C следует учесть протяженность стенок.

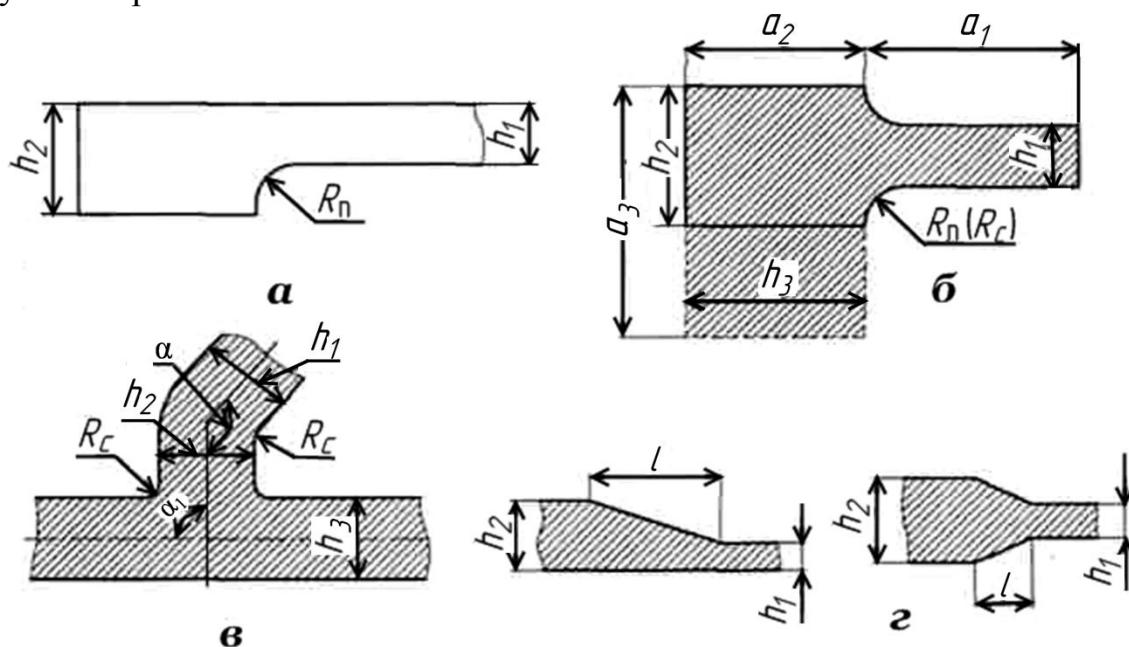


Рис. 2.1. Радиусы R_{Π} односторонних (а) и двусторонних (б) переходов, радиусы R_C сопряжений (в), длина l сопряжений стенок в виде клина (г): h_1, h_2, h_3 — толщины стенок; a_1, a_2, a_3 — протяженность стенки; — угол сопряжения

На основании практического опыта принято *граничное значение протяженности* $[a_i]$, которое для первой и второй стенок составляет

$$[a]_1 = (h_1/2) + 7; [a]_2 = (h_2/2) + 7.$$

Реальную протяженность стенки по чертежу следует сравнить с граничным значением, вычисленным для каждой из стенок по приведенным уравнениям, и выбрать вид радиуса.

Если $a_1 > [a]_1$ и $a_2 > [a]_2$, то определяется R_C ; для трех пар неравенств – $a_1 \leq [a]_1$ и $a_2 \leq [a]_2$, $a_1 \leq [a]_1$ и $a_2 \geq [a]_2$, $a_1 \geq [a]_1$ и $a_2 \leq [a]_2$ – определяется $R_{П}$.

Таблица 2.2

Радиусы сопряжений R_C стенок отливки

$(h_1 + h_2)/2$, мм	Класс дефект- ности отливки	Величина R_C , мм, в зависимости от угла сопряжения $\alpha, ^\circ$					
		до 50	свыше 50 до 75	свыше 75 до 105	свыше 105 до 135	свыше 135 до 165	свыше 165
До 1,5	1	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
	2	0,6	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
	3	0,8	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Свыше 1,5 до 3	1	0,6	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
	2	0,8	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
	3	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,2
Свыше 3 до 5	1	2,0	2,5	3,0	3,0	4,0	5,0
	2	2,5	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0
	3	3,0	3,2	5,0	5,0	6,0	8,0
Свыше 5 до 8	1	2,5	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0
	2	3,0	4,0	5,0	5,0	6,0	8,0
	3	4,0	5,0	6,0	6,0	8,0	10,0
Свыше 8 до 10	1	3,0	4,0	5,0	5,0	6,0	8,0
	2	4,0	5,0	6,0	6,0	8,0	10,0
	3	5,0	6,0	8,0	8,0	10,0	12,0
Свыше 10 до 20	1	4,0	5,0	6,0	6,0	8,0	10,0
	2	5,0	6,0	8,0	8,0	10,0	12,0
	3	6,0	8,0	10,0	10,0	12,0	14,0
Свыше 20 до 30	1	5,0	6,0	8,0	8,0	10,0	12,0
	2	6,0	8,0	10,0	10,0	12,0	14,0
	3	8,0	10,0	12,0	12,0	14,0	16,0
Свыше 30 до 40	1	6,0	8,0	10,0	10,0	12,0	14,0
	2	8,0	10,0	12,0	12,0	14,0	16,0
	3	10,0	12,0	14,0	14,0	16,0	18,0
Свыше 40 до 50	1	8,0	10,0	12,0	12,0	14,0	16,0
	2	10,0	12,0	14,0	14,0	16,0	18,0
	3	12,0	14,0	16,0	16,0	18,0	20,0

Свыше 50	1	10,0	12,0	14,0	14,0	16,0	18,0
	2	12,0	14,0	16,0	16,0	18,0	20,0
	3	14,0	16,0	18,0	18,0	20,0	22,0

Радиусы переходов R_{Π} односторонних (рис. 2.1, а) и двусторонних (рис. 2.1, б) определяются по табл. 2.3. При прочих равных условиях радиусы сопряжения и переходов для отливок из алюминиевых сплавов в 1,25 раза меньше, а для стальных в 1,25 раза больше, чем для чугунных.

Если отношение толщин сопрягаемых стенок более 2, то переход двух стенок выполняют в виде клина (рис. 2.1, в).

Длина клина l рассчитывается по уравнению

$$l = 4(h_1 - h_2). \quad (2.2)$$

Радиусы сопряжения и переходов назначаются при конструировании литой детали. Однако этот параметр является оценочным с точки зрения технологичности, но его также назначает технолог после нанесения технологических напусков и припусков на сопрягаемые поверхности.

Таблица 2.3.

Радиусы переходов R_{Π}

$(h_1 + h_2)/2$, мм	Величина R_{Π} , мм, переходов	
	односторонних	двусторонних
До 5	5	3
Свыше 5 до 6	6	5
Свыше 6 до 8	8	6
Свыше 8 до 10	10	6
Свыше 10 до 12	12	8
Свыше 12 до 14	15	8
Свыше 14 до 18	16	8
Свыше 18 до 20	20	8
Свыше 20 до 25	25	10

2.4. ЛИТЕЙНЫЕ РАДИУСЫ

Литейный радиус предусматривается в углах стенок отливки.

Слишком малый литейный радиус приводит к подрыву формы (стержня), отбелу кромок и появлению холодных трещин в чугунных отливках, а на стальных отливках появляются горячие трещины, пригар, газовые свищи.

Величина литейного радиуса выбирается в зависимости от толщины стенки отливки. Толщина стенки H определяется из чертежа детали как наименьшая из сторон, формирующих угол отливки (рис. 2.2). Если

h_2 меньше h_1 , то для определения литейного радиуса R по табл. 2.4 следует принять $H = h_2$.

В реальных отливках на литейный радиус, кроме толщины стенки, влияет склонность к подрыву и трещинам песчано-глинистых форм и стержней при их выеме и склонность к образованию отбела и холодных трещин в чугунных отливках. Эти факторы оцениваются тремя классами, которые были названы «классами дефектности»: 1, 2 и 3-й классы дефектности отливок характеризуют соответственно низкую, среднюю и высокую склонность отливок к названным дефектам. Технолог на основании своего опыта может выбрать необходимый класс и определить литейный радиус по табл. 2.4.

Таблица 2.4.

Данные к определению литейного радиуса R

Толщина стенки H , мм	Литейный радиус R , мм, для классов склонности отливок к дефектам		
	1	2	3
До 5	1	2	3
Свыше 5 до 10	2	3	4
Свыше 10 до 30	2	3	4
Свыше 30 до 40	3	4	5
Свыше 40 до 50	3	4	5
Свыше 50 до 60	4	5	6
Свыше 60	5	6	7

Если угол детали образуется обрабатываемыми поверхностями (рис. 2.2, б), то после нанесения припусков Z_1 и Z_2 литейный радиус в отливке может быть определен из соотношения (рис. 2.2, б)

$$R = (Z_1 + Z_2)/2. \quad (2.3)$$

Если угол образуется обрабатываемой и необрабатываемой поверхностями чугунной детали (рис. 2.2, в), то литейный радиус принят равным Z – припуску на обрабатываемую поверхность:

$$R = Z.$$

Понятие «литейный радиус» применимо не только к отливке, но и к элементам литниковой системы, поскольку его отсутствие ($R = 0$) приводит к подрыву формы в элементах литниковой системы (рис. 2.2, г). На рис. 2.2, д изображен шлакоуловитель 1 с литейным радиусом и модельная плита 2. Иногда для предотвращения подрыва используют врезку шлакоуловителей, с тем, чтобы обеспечить литейный радиус, который должен составлять 2...3 мм.

Требования по литейному радиусу указываются на чертеже отливки надписью типа: «Неуказанные литейные радиусы R 3 мм».

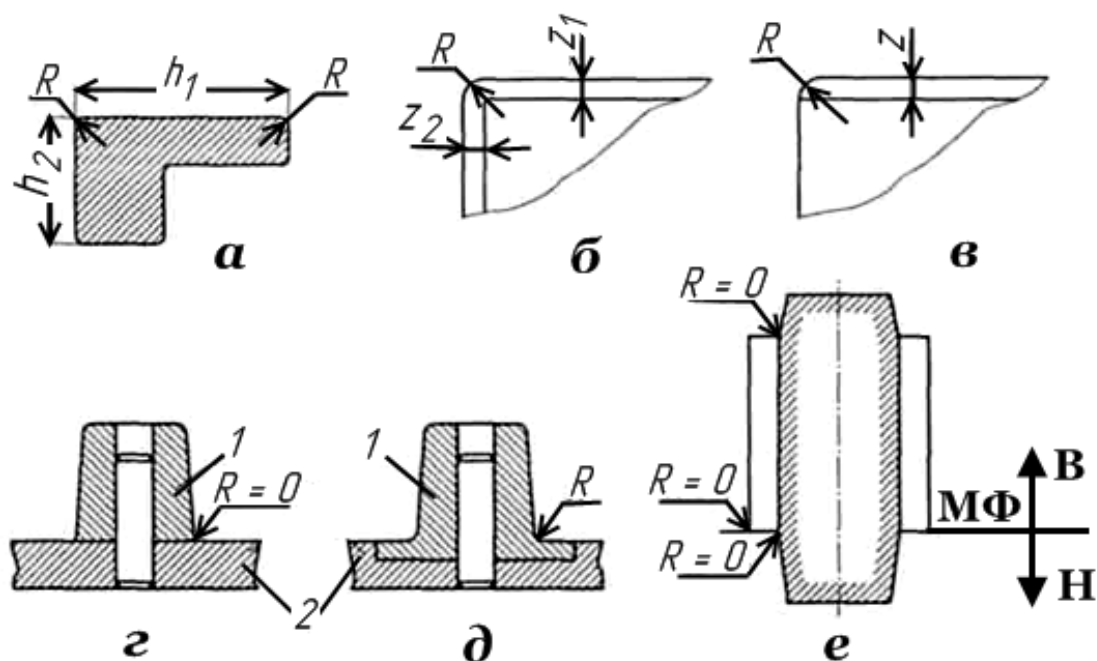


Рис. 2.2. Литейный радиус R на необрабатываемых поверхностях (а), на обрабатываемых поверхностях (б, в), на модельной оснастке (г, д), на углах, образуемых стержнем и плоскостью разъема (е): 1 – элемент литниковой системы; 2 – модельная плита; МФ – разъем модели и формы; В, Н – соответственно верх и низ формы; h_1, h_2 – толщины стенок; Z, Z_1, Z_2 – припуски

Литейный радиус ($R = 0$) отсутствует в плоскости разъема и на пересечении формы и стержня (рис. 2.2, е), так как в этих местах, как правило, образуются заливки, которые впоследствии зачищаются.

2.5. ФОРМОВОЧНЫЕ (ЛИТЕЙНЫЕ) УКЛОНЫ

Формовочные (литейные) уклоны предусматриваются на моделях, в стержневых ящиках, в металлических формах для обеспечения извлечения соответственно модели из формы, стержня из стержневого ящика и отливки из металлической формы.

В настоящее время при назначении формовочных уклонов используется ГОСТ 3212 «Комплекты модельные. Уклоны формовочные. Стержневые знаки. Допуски размеров», согласно которому существуют три типа уклонов (рис. 2.3, а, б, в).

Тип 1 назначается на обрабатываемые поверхности детали (N_d – размер детали) сверх припуска на обработку Z (за счет увеличения размеров и массы отливки) (на рис. 2.3, а показан знаком «+»).

Тип 2 назначается на необрабатываемые поверхности отливки, не сопрягаемые по контуру с другими деталями, за счет частичного увеличения (знак «+») и уменьшения (знак «-») размеров отливки (N_o) (рис. 2.3, б).

Тип 3 назначается на необрабатываемые поверхности отливки, сопрягаемые по контуру с другими деталями, за счет уменьшения размеров детали (на рис. 2.3, в показано знаком «—») и ее массы.

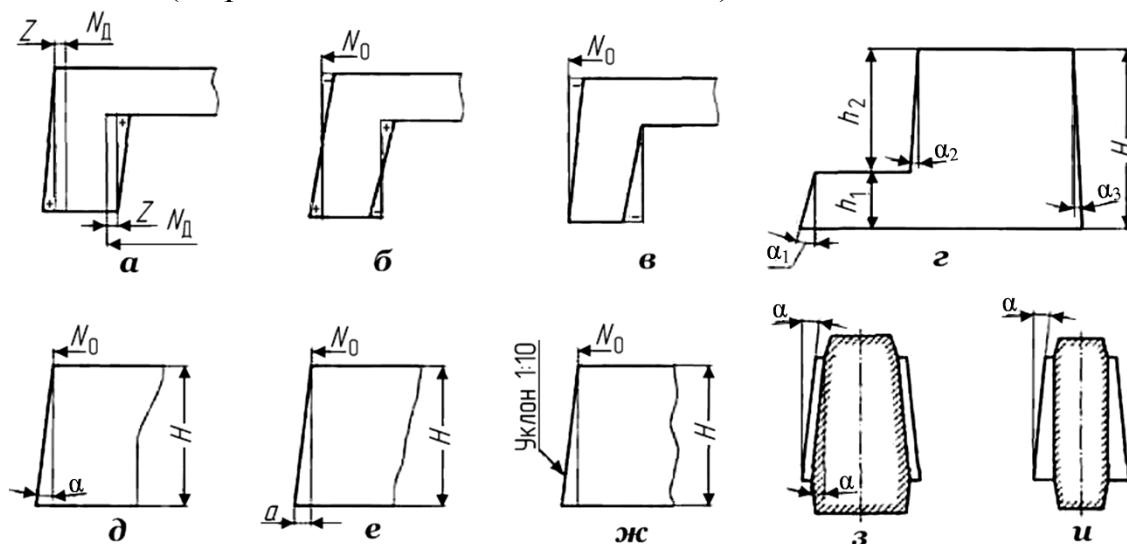


Рис. 2.3. Типы литейных уклонов, их обозначение на чертеже отливки, взаимосвязь литейных уклонов с высотой формообразующего элемента и взаимосвязь литейных уклонов формы и стержня: а – для обрабатываемых поверхностей; б – для необрабатываемых поверхностей, не сопрягаемых с другими поверхностями; в – для необрабатываемых поверхностей, но сопрягаемых с другими поверхностями; г, д – обозначение литейного уклона его углом в градусах; е – то же, абсолютная величина размера уклона a , мм; ж – то же, отношение абсолютной величины размера к высоте формообразующей поверхности; з – взаимосвязь литейных уклонов формы и стержня, когда для стержня необходим литейный уклон; и – то же, когда у стержня нет литейного уклона

Величина формовочного уклона зависит от высоты (h_1 , h_2 , H) формообразующей поверхности (рис. 2.3, г): чем меньше высота (например, h_1), тем больше уклон (угол α_1). Для сырой формовки это связано с тем, что поверхностные слои формы более подвержены подрыву, чем глубинные.

Формовочные уклоны α на чертежах задаются тремя способами (рис. 2.3, д, е, ж).

На чертеже отливки в ТУ литейные уклоны указываются обязательной строкой, например, типа: «Неуказанные литейные уклоны – не более 2° ».

Если в стержневом ящике требуется выполнение уклона на вертикальную стенку отливки, то согласно ГОСТу величина его должна соответствовать уклону модели на эту стенку (угол α на рис. 2.3, з) для соблюдения равномерной толщины стенки отливки, и, наоборот, если

уклон не требуется, то допускается вариант, показанный на рис. 2.3, *и*.

Правильно выбранные тип и величина уклона обеспечивают наиболее рациональные значения толщины стенки отливки и ее массы. На величину литейного уклона влияют следующие факторы:

- материал и чистота поверхности модели (стержневого ящика);
- вид поверхности (внутренняя или внешняя);
- наличие антифрикционных смазок;
- технологические свойства формовочных смесей.

В последнее десятилетие появились новые процессы формовки, которые обеспечивают изготовление качественной формы при значительно меньших уклонах (в частности, импульсная формовка сетевого давления). При вакуумной формовке возможно изготовление форм с нулевыми или даже отрицательными уклонами.

При изготовлении отливок в металлических формах также предусматриваются уклоны для обеспечения (облегчения) извлечения отливок, но они не называются формовочными. Стандарты для их назначения в настоящее время не разработаны.

По ГОСТ 3212 можно назначать уклоны для моделей при литье по выплавляемым моделям, которые по существу являются отливками. Тем не менее, уклоны называются формовочными.

Следовательно, уклоны необходимы на моделях (затем они передаются формам и потом отливкам), в стержневых ящиках (затем они передаются стержням и потом отливкам), в металлических формах и на металлических стержнях (затем они передаются отливкам). Назначение уклонов одинаковое – обеспечить извлечение модели, стержня, отливки. Однако в случае изготовления моделей и стержней уклоны обеспечивают извлечение при формовке, поэтому они называются формовочными. В случае металлических форм уклоны обеспечивают извлечение отливки, поэтому называются просто уклонами, или литейными уклонами¹.⁽¹⁾ Неточным является иногда используемый для этого случая термин «формовочный уклон»).

Актуальным является предложение о названии всех уклонов «литейными» и разработке единой методики их определения для всех технологических процессов изготовления форм, стержней и отливок.

Статистическая обработка данных таблицы ГОСТ 3212 по методу наименьших квадратов позволила получить уравнение единицы $i_{\text{л.у}}$ литейных уклонов, мкм, в зависимости от высоты h формообразующей поверхности:

$$i_{л.у} = 1,4616 + 7,52 \cdot 10^{-3}h + 11,68 \cdot 10^{-6}h^2. \quad (2.4)$$

С учетом основного ГОСТ 3212 – 92 с его таблицами, интервалами высот основной формообразующей поверхности было разработано 22 класса литейных (формовочных) уклонов, в которых заложена тенденция в сторону больших значений уклонов. Значения литейных (формовочных) уклонов приведены в табл. 2.5, при этом 1-й класс является перспективным. Значения уклонов приведены в градусах с точностью до минут и в миллиметрах. Уклоны, приведенные в табл. 1 – 4 ГОСТ 3212 – 92, соответствуют 14-му и 15-му классам (табл. 1), 18-му и 19-му классам (табл. 2), 13, 16, 17-му классам (табл. 3), 9-му, 12-му классам (табл. 4).

Различие в уклонах соседних классов определяется множителем 1,25, который определен ранее, при разработке ГОСТ 26645 – 85 (изм. № 1, 1989 г.). Было установлено, что любое технологическое воздействие вызывает изменение параметра в 1,25 раза

В рекомендательной табл. 2.6 приведены данные по назначению классов литейных уклонов. При этом классы литейных уклонов назначаются по следующим входным параметрам: технологический процесс, вид поверхности (наружная, внутренняя), материал моделей, вид формовки, вид отверждения форм и стержней, заливаемый сплав при литье в металлические формы.

Таблица 2.6 является открытой, т. е. ее структура позволяет вносить новые технологические процессы, а также учитывать совершенствование существующих. При разработке ГОСТ 26645 – 85 (изм. № 1, 1989 г.) было принято, что под точностью отливки понимается степень приближения ее размеров, формы, расположения, показателей качества поверхности и массы к соответствующим параметрам детали. Поэтому однозначно можно утверждать, что одним из показателей степени приближения являются литейные уклоны, а именно класс литейных уклонов, который должен быть указан на чертеже детали или отливки вместе с параметрами точности по ГОСТ 26645 – 85 (изм. № 1, 1989 г.).

Следует отметить, что надпись на чертеже отливки в технических условиях «*Неуказанные уклоны не более 2°*» часто воспринимался однозначно – уклоны 2°. Однако уклоны зависят от высоты формообразующей поверхности (подразд. 2.5) и их значения будут разными для поверхностей с разными высотами.

Данные, приведенные в табл. 2.5 и 2.6, *не утверждены в Госстандарте* и могут быть использованы только в качестве рекомендаций.

Таблица 2.5.
Литейные (формовочные) уклоны* модельного комплекта (размеры градусы-минуты/мм не более для каждого из 22 классов)

Высота формобразующей поверхности, мм	Класс литейного уклона										
	1 й	2 й	3 й	4 й	5 й	6 й	7 й	8 й	9 й	10 й	11й
До 10	0°07'/0,02	0°09'/0,025	0°10'/0,03	0°14'/0,04	0°17'/0,05	0°21'/0,06	0°28'/0,08	0°34'/0,10	0°42'/0,12	0°55'/0,16	109°0,20
Свыше 10 до 18	0°06'/0,025	0°08'/0,03	0°10'/0,04	0°13'/0,05	0°15'/0,06	0°20'/0,08	0°26'/0,10	0°31'/0,12	0°41'/0,16	0°51'/0,20	1°04'/0,25
Свыше 18 до 30	0°04'/0,030	0°06'/0,040	0°07'/0,05	0°09'/0,06	0°12'/0,08	0°15'/0,10	0°22'/0,12	0°24'/0,16	0°30'/0,20	0°37'/0,25	0°44'/0,30
Свыше 30 до 50	0°03'/0,040	0°04'/0,050	0°05'/0,06	0°06'/0,07	0°09'/0,10	0°11'/0,12	0°16'/0,16	0°18'/0,20	0°22'/0,25	0°27'/0,30	0°31'/0,35
Свыше 50 до 80	–	–	–	–	0°07'/0,12	0°09'/0,16	0°11'/0,20	0°14'/0,25	0°16'/0,30	0°22'/0,40	0°24'/0,45
Свыше 80 до 120	–	–	–	–	–	–	–	0°11'/0,30	0°14'/0,40	0°18'0,50	0°18'0,50
Свыше 120 до 180	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0°14'/0,60

Высота формообразующей поверхности, мм	Класс литейного уклона										
	12 й	13 й	14 й	15й	16 й	17й	18 й	19 й	20 й	21 й	22й
До 10	1°26'/0,25	1°43'/0,3	2°17'/0,4	2°52'/0,5	3°26'/0,6	4°00'/0,7	4°34'/0,8	5°43'/1,0	6°51'/1,2	9°05'/1,6	11°19'/2,0
Свыше 10 до 18	1°17'/0,30	1°42'/0,4	2°08'/0,5	2°34'/0,6	3°25'/0,8	3°50'/0,9	4°16'/1,0	5°07'/1,2	6°48'/1,6	8°29'/2,0	9°19'/2,2
Свыше 18 до 30	0°52'/0,35	1°14'/0,5	1°29'/0,6	1°58'/0,8	2°28'/1,0	2°57'/1,2	3°27'/1,4	3°56'/1,6	4°55'/2,0	5°24'/2,2	5°54'/2,4
Свыше 30 до 50	0°36'/0,40	0°53'/0,6	1°02'/0,7	1°20'/0,9	1°37'/1,1	1°55'/1,3	1°52'/1,5	2°40'/18	3°15'/2,2	3°33'/2,4	3°59'/2,7
Свыше 50 до 80	0°27'/0,50	0°38'/0,7	0°43'/0,8	0°54'/1,0	1°11'/1,3	1°22'/1,5	1°07'/1,7	1°49'/2,0	2°10'/2,4	2°27'/2,7	2°43'/3,0
Свыше 80 до 120	0°21'/0,60	0°28'/0,8	0°32'/0,9	0°39'/1,1	0°49'/1,4	0°56'/1,6	0°47'/1,9	1°17'/2,2	1°35'/2,7	1°45'/3,0	2°06'/3,6
Свыше 120 до 180	0°16'/0,70	0°21'/0,9	0°23'/1,0	0°28'/1,2	0°35'/1,5	0°42'/1,8	0°44'/2,0	0°56'/2,4	1°10'/3,0	1°24'/3,6	1°34'/4,0

В числителе – угловой размер литейного уклона в градусах и минутах, знаменателе – линейный размер литейного уклона в мм.

Таблица 2.6.

Рекомендуемые данные при выборе классов литейных уклонов

Технологический процесс*	Литейные формы, формы для моделей, материал оснастки, модели и стержневые ящики для их изготовления	Класс литейного уклона для поверхности	
		наружной	внутренней
1. Вакуумная формовка	Металл Дерево	6 8	7 9
2. Литье под давлением: цинковые сплавы алюминиевые сплавы магниевого сплавы медные сплавы стали	Металл	7 9 9 10 11	9 11 11 12 13
3. Литье в кокиль под низким давлением: цинковые сплавы алюминиевые сплавы магниевого сплавы медные сплавы стали	Металл	8 10 11 12 13	10 12 13 14 15
4. Пресс-формы для изготовления моделей	Выплавленные Выжигаемые Газифицируемые	8 9 9	10 11 11
5. Стержни, изготавливаемые: в холодной оснастке в горячей оснастке вне оснастки	Металл Металл Металл Дерево	13 14 16 18	14 15 18 20
6. Формы из ПГС (АФЛ, опочная)	Металл	16	18
7. Формы из ПГС (АФЛ, безопочная)	Металл	17	19
8. формы из ПГС (поточно - механизированное производство)	Металл Дерево	17 18	19 20
9. Формы из ПГС (ручная)	Дерево	19	21
10. Формы из ХТС	Металл Дерево	13 15	14 16
11. Формы оболочковые	Металл	13	14

* В процессах 6–10 ПГС – песчано-глинистая смесь; АФЛ – автоматическая формовочная линия; ХТС – холоднотвердеющая смесь.

2.6. МИНИМАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР ЛИТОГО ОТВЕРСТИЯ

Возможность получения литого отверстия в отливках связана, прежде всего, со спекаемостью стержня, а также с возможностями протяжки сырых «болванов». Под минимальным диаметром литого отверстия далее понимается отверстие, которое может быть выполнено с применением стержня.

Возможность изготовления литого обрабатываемого отверстия определяется после назначения припуска на обработку.

Минимальный диаметр литого отверстия определяется, как правило, толщиной стенки отливки и глубиной (высотой) отверстия.

Часто сложности возникают при определении толщины стенки. Предложено все тела, в которых выполняются отверстия, подразделять на два типа. К первому типу относят тела, для которых отношение глубины (высоты) отверстия H к толщине стенки h больше или равно единице (это, например, гильзы, втулки; в этом случае $h = h_1$) (рис. 2.4, а); ко второму типу – тела, для которых данное отношение меньше единицы (например, плиты). За толщину стенки для таких тел принимается большая из толщин стенок, окружающих отверстие, т.е. $h = h_1$ (рис. 2.4, б). Тела первого типа в реальных отливках усложняются различными ребрами, фланцами и другими элементами, поэтому возможен промежуточный вариант как сочетание вышеотмеченных элементов (рис. 2.4, в). Толщина стенки h в этом случае может быть выбрана по уравнению $h = (h_1 + h_2)/3$, при этом учитывается тепловое влияние фланца на стержень.

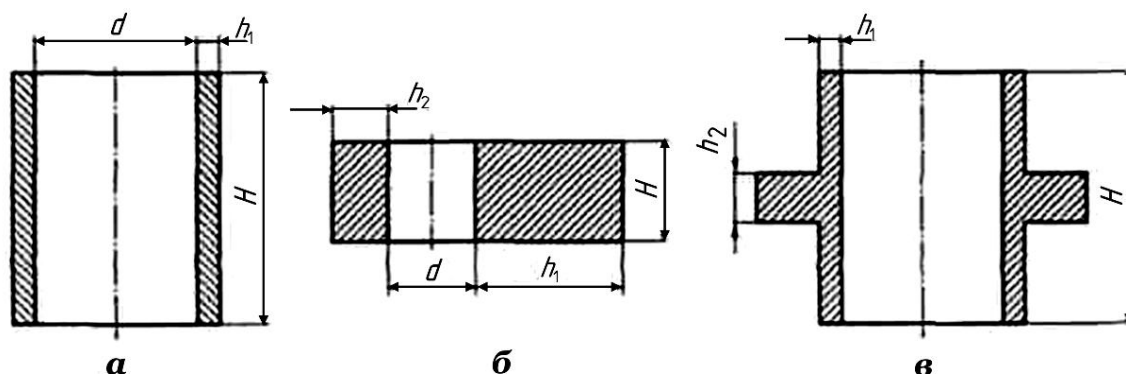


Рис. 2.4. Эскизы тел к определению минимального диаметра литого отверстия в отливке типа: а – цилиндр; б – плита; в – цилиндр с фланцем; d – диаметр отверстия; h_1, h_2 – толщины стенок; H – высота (глубина) отверстия

Для заданных значений толщины h отливки и глубины (высоты) H отверстия минимальный диаметр литого отверстия для чугуновых отливок определяется по табл. 2.7, для стальных отливок — по табл. 2.8. В последнем случае (стальные отливки) следует учитывать тип сечения отверстия,

вводя поправочный коэффициент, используя данные табл. 2.9. Для отливок из алюминиевых сплавов минимальные отверстия можно определять по табл. 2.7, уменьшая полученные значения в 1,25 раза.

Таблица 2.7

Минимальный диаметр литого отверстия для чугунных отливок

Глубина (высота) H отверстия, мм	Минимальный диаметр d , мм, отверстия при толщине стенки отливки h , мм					
	до 10	свыше 10 до 20	свыше 20 до 30	свыше 30 до 40	свыше 40 до 50	свыше 50 до 60
До 10	6	10	12	14	16	18
Свыше 10 до 20	10	12	14	16	18	20
Свыше 20 до 30	12	14	16	18	20	24
Свыше 30 до 40	14	16	18	20	24	28
Свыше 40 до 50	16	18	20	22	28	30
Свыше 50 до 60	18	20	22	28	30	32

Таблица 2.8

Минимальные литые отверстия в отливках из углеродистых сталей

Глубина (высота) H отверстия, мм	Минимальный диаметр d , мм, отверстия при толщине стенки отливки h , мм						
	до 40	свыше 40 до 60	свыше 60 до 80	свыше 80 до 100	свыше 100 до 150	свыше 150 до 200	свыше 200 до 300
До 40	24	30	35	40	40	40	40
Свыше 40 до 60	28	35	40	45	50	50	50
Свыше 60 до 80	32	45	50	55	60	65	65
Свыше 80 до 100	35	50	55	60	65	70	75
Свыше 100 до 150	40	55	60	65	70	75	90
Свыше 150 до 200	45	60	65	70	75	80	100
Свыше 200 до 300	50	65	70	75	80	90	110
Свыше 300 до 500	55	70	75	80	95	110	130

Окончание таблицы 2.8

Свыше 500 до 800	60	75	80	90	100	120	140
Свыше 800 до 1000	65	80	90	100	ПО	130	160
Свыше 1000 до 1500	70	90	100	120	140	150	180
Свыше 1500 до 2000	75	95	110	130	150	180	200
Свыше 2000 до 2500	80	100	120	140	160	200	220

Таблица 2.9

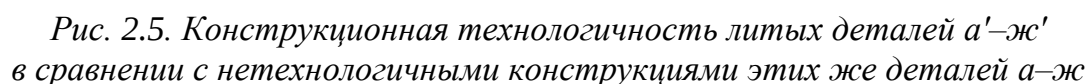
*Данные к определению минимальных литых отверстий в отливках
из углеродистых сталей*

Характер отверстия	Сечение отверстия	Соотношение сторон	Определяемая величина	Поправочный коэффициент
Сквозное	Квадратное Прямоугольное	1:1	Сторона квадрата	1,2
		Менее 2:1	Меньшая сторона	1
		Более 2:1	Тоже	0,7
Закрытое с одной стороны	Круглое Квадратное Прямоугольное	–	Диаметр	1,2
		1:1	Сторона квадрата	1,4
		Менее 2:1	Меньшая сторона	1,2
		Более 2:1	Тоже	0,8
Закрытое прибылью	Круглое	–	Диаметр	1,4

2.7. ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Одним из показателей технологичности литой детали является ее конструкционная сложность. При этом технологичным считается изделие, которое является простым и экономичным по таким показателям, как изготовление модельно-стержневой оснастки и изготовление литейной формы, а также по очистным и зачистным операциям.

На рис. 2.5 приведены примеры технологичных (a' – $ж'$) и нетехнологичных (a – $ж$) конструкций литых деталей по отмеченным выше признакам.



Более технологично их выполнять одинаковыми по высоте l , чтобы при изготовлении модели была возможность их совместной механической обработки за один проход без переналадки станка, так как при этом уменьшается стоимость модели.

Выступающие бобышки, расположенные выше плоскости разъема (рис. 2.5, в), при изготовлении формы приведут к вынужденному использованию либо отъемных частей, либо стержней. В первом случае это понизит геометрическую и размерную точность отливок, а во втором при-

ведет к их удорожанию. Поэтому предпочтительнее конструкцию следует сделать такой, как показано на рис. 2.5, *в'*.

Следует избегать конструкций с консольными стержнями (с одним знаком) (рис. 2.5, *з*).

Необходимо предусматривать в корпусных конструкциях (рис. 2.5, *д*) открытые полости для простоты и экономичности изготовления литейной формы (рис. 2.5, *д'*).

При выполнении внутренних поверхностей отливки следует устранять многоступенчатость, так как из-за усадки отливки в ней могут возникнуть горячие или холодные трещины.

В случае увеличения жесткости конструкции за счет ребер (рис. 2.5, *е*), их следует располагать во взаимно-перпендикулярном направлении относительно плоскости разъема (рис. 2.5, *е'*).

В конструкции, изображенной на рис. 2.5, *ж*, на внутренних поверхностях отливки следует учитывать высокую вероятность образования пригара из-за значительного прогрева стержня в полостях, обозначенных буквой *А*, что приведет к большим затратам на очистных операциях.

2.7.1. Анализ технологичности с учетом возможных способов формообразования отливок

Изготовлению отливки предшествует проектирование технологии литейной формы, конструирование и изготовление модельной оснастки. На стадии проектирования технологии разрабатываются возможные варианты способов формообразования при разных положениях отливки в форме. На основе анализа возможных вариантов выбирают способ формообразования, обеспечивающий получение отливки, прежде всего, в соответствии с ГОСТом или ТУ при наименьшей стоимости затрат.

Варианты могут оцениваться по многим показателям, в их числе следующие:

- степень приближения заготовки к обработанной детали;
- затраты материалов, энергии и труда на изготовление модельной оснастки, форм, стержней и сборки (возможность замены стержней болванами, возможность размещения большего числа моделей в опоке данного размера и т.д.);
- наиболее благоприятные условия получения плотной отливки (без рыхлостей, трещин);
- меньшая опасность нарушения «сплошности» металла в виде газовых раковин, неметаллических включений;
- 5) меньшая трудоемкость очистных работ (удаление литников, прибылей, напусков, механического пригара, заусенцев, заливов).

Показатели 1 и 2 (и отчасти 4 и 5) имеют прямое отношение к задаче формообразования отливки, которая сводится в основном к решению «пространственной» или «геометрической» задачи, обусловленной особенностями конфигурации отливки. Показатель 3 оценивает успешное решение задачи формирования отливки и требует учета процессов кристаллизации, охлаждения и усадки металла.

Для отливок из серого чугуна (особенно эвтектического или околоэвтектического состава и при наличии жесткой формы) первые два показателя являются определяющими. Для сплавов, образующих твердые растворы и характеризующихся относительно большим изменением объема при затвердевании (сталь, белый чугун, высокопрочный чугун, цветные сплавы и др.), решающим является показатель 3, даже если при этом придется получать отливку в положении, усложняющем и ее формовку, и ее механическую обработку.

Одновременное рассмотрение вопросов формообразования и формирования отливки во всей их сложности не представляется возможным из-за многообразия отливок.

В качестве первого шага ниже рассматриваются только методы формообразования. Приведенные при этом схемы охватывают основные способы получения форм для отливок разной конфигурации. Изучение схем должно способствовать развитию пространственного воображения и способности к геометрическому анализу у начинающего технолога для того, чтобы применение методики предварительной разработки всех возможных технологических вариантов формообразования (при различных положениях отливки в форме – о чем было сказано ранее) стало обязательным условием при выборе оптимального технико-экономического решения.

Введем термин «тело» для обозначения понятий «отливка» или «модель». Тогда все реальные тела в зависимости от их геометрии по определенным признакам можно разбить на пять групп сложности. Каждую группу будет характеризовать свое стилизованное тело-представитель (рис. 2.6, *а–д*).

Первая группа (рис. 2.6, *а*): тела без поднутрений и выступов; проекции сечений, перпендикулярные направлению выема модели, по мере удаления (1–1, 2–2, 3–3) от плоскости разъема формы сверху вниз непрерывно уменьшаются и вписываются одно в другое. Форма может состоять из одной или двух частей.

Вторая группа (рис. 2.6, *б*): тела без поднутрений с одним внешним выступом относительно плоскости разъема формы, расположенным так, что признак первой группы нарушается скачкообразно или монотонно один раз; возможно формообразование при помощи болвана (подрезки),

без отъемных частей и внешних стержней. Форма состоит из двух частей.

Третья группа (рис. 2.6, в): тела с выступом над выступом или поднутрением, представляющие собой сочетание в любой комбинации нескольких тел первой и второй групп. Их формообразование при помощи болвана невозможно — требуются стержни, отъемные части, газифицированные вставки или форма должна состоять из трех частей.

Четвертая группа (рис. 2.6, г): тела с одной внутренней полостью, которая отвечает признаку первой группы. Формообразование может выполняться болваном или стержнем. Форма состоит из двух частей или при наличии грибовидного знака стержня из одной части.

Пятая группа (рис. 2.6, д): тела с двумя полостями, разделенными перегородкой, полости отвечают признакам второй или третьей групп. Формообразование может выполняться болванами, стержнями или одновременно теми и другими. Форма состоит из двух или более частей.

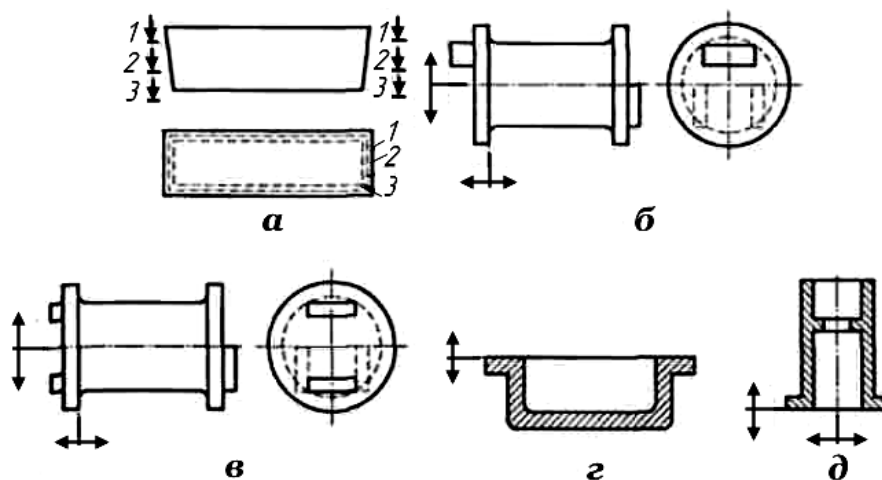


Рис. 2.6. Группы сложности тел в зависимости от их геометрии (а–д):

1, 2, 3 – проекции условных сечений; $\leftrightarrow$ и $\updownarrow$ – линии разъема отливки

Тела первой группы. Все поверхности обрабатываются, и, следовательно, задача формообразования упрощается, поскольку литейные уклоны будут удалены при механической обработке. Для этих тел при оценке рациональности варианта важную роль играет точность отливки, в частности, величина припуска на обработку (рис. 2.7, а):

- ✓ – необрабатываемая поверхность;
- ✓ – обрабатываемая поверхность).

На рис. 2.7, б–з изображены схемы форм в разрезе и отливок, на поперечном разрезе которых тонкой линией нанесены припуски на механическую обработку. Рассмотрим конкретные варианты формообразования.

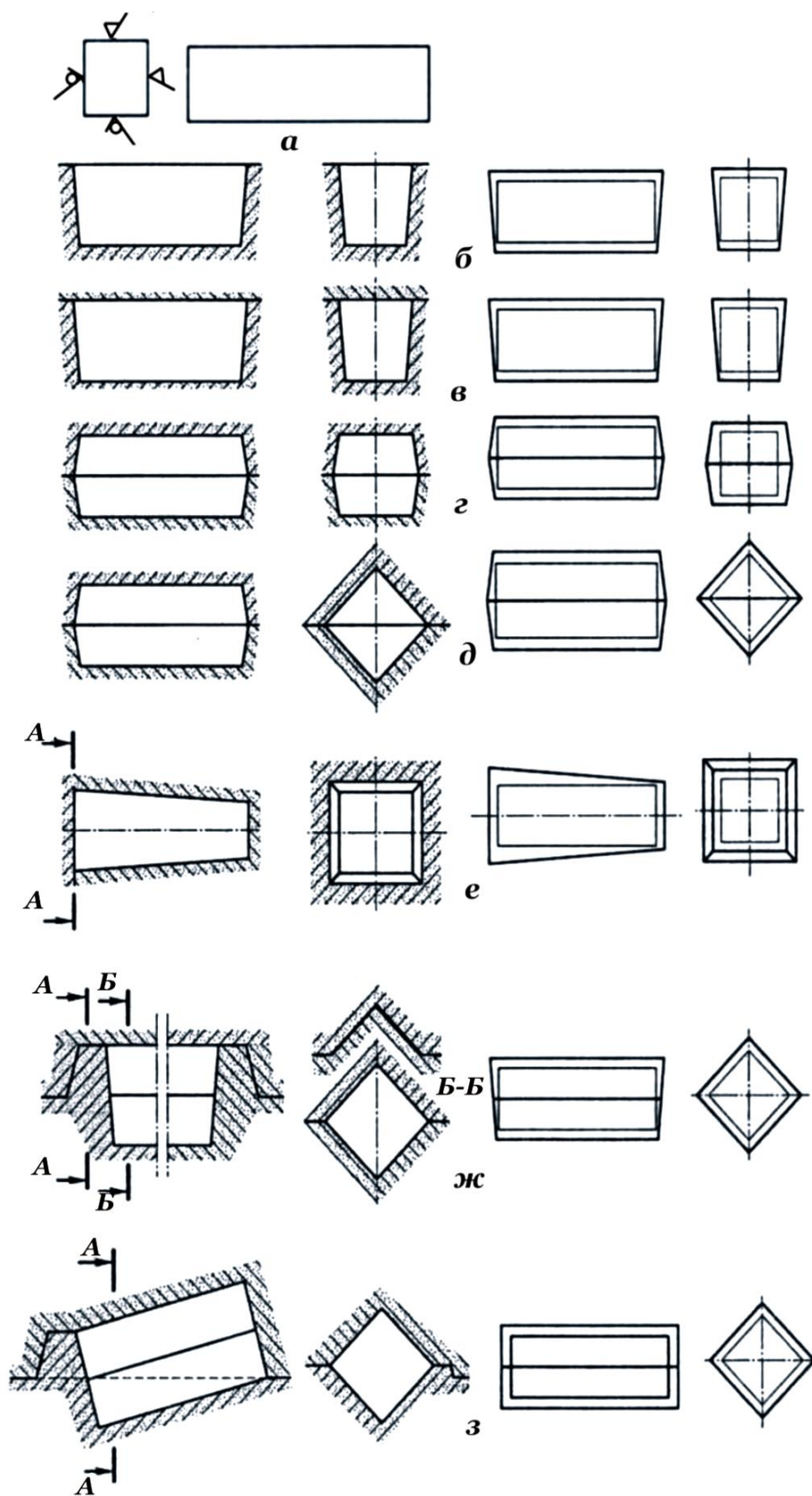


Рис. 2.7. Тело первой группы сложности (а) и варианты его формообразования (б–з)

Открытая форма (рис. 2.7, б). Полость, образующая тело, расположена в нижней полуформе; формовочный уклон односторонний; периметр продольного и поперечного сечений – трапеция. К преимуществам можно отнести простоту формовки и минимальную массу литниковой системы. К недостаткам следует отнести быстрое окисление и захлаживание открытой поверхности металла, всплытие шлака на верхнюю поверхность, формирование на верхней поверхности утяжины, что приводит к существенному увеличению припуска на верхнюю поверхность тела. Область применения – единичное производство для неответственных отливок.

Формовка в двух полуформах (рис. 2.7, в). Тело находится в нижней полуформе, литейный уклон односторонний, периметр продольного и поперечного сечений – трапеция. Заливка осуществляется с напором, припуск на нижнюю и верхнюю поверхности одинаков. Для торцевых поверхностей требуются односторонние литейные уклоны.

Формовка в двух полуформах (рис. 2.7, г). Тело расположено в верхней и нижней полуформах, периметр продольного и поперечного сечений – шестиугольник. Вариант используется, когда тело не может быть расположено в одной полуформе (по высоте опоки). В этом случае при расчете припусков следует принять во внимание смещение элементов тела. Для торцевых и боковых поверхностей требуются двусторонние литейные уклоны. Припуск на боковые поверхности будет больше, чем в варианте на рис. 2.7, в.

Тело расположено в форме таким образом, что в сечении получается квадрат постоянного сечения (рис. 2.7, д). В этом случае у боковых поверхностей литейные уклоны получаются естественным образом, двусторонние литейные уклоны необходимы только на торцевые поверхности. Припуск на боковые поверхности меньше, чем в варианте на рис. 2.7, г.

Тело формируется в двух полуформах, но расположено вертикально в нижней полуформе; поперечный периметр – квадрат переменного сечения (рис. 2.7, е). Припуск на боковые поверхности в этом случае возрастет (необходимо учесть, что при $\text{tg } 1^\circ = 0,0175$ и при высоте формообразующей поверхности, равной 100 мм, абсолютное значение уклона составит 1,75 мм, а на 200 мм – 3,5 мм).

Формовка в двух полуформах (рис. 2.7, ж). Тело находится в обеих полуформах; поперечный периметр – квадрат постоянного сечения. Но в отличие от варианта на рис. 2.7, д торцы имеют односторонний уклон. В

этом случае используется торцевая подрезка. Следует отметить, что использование подрезки в парных опоках по металлическим моделям приводит к удорожанию технологии, однако при крупносерийном и массовом производстве отливок это окупается.

Формовка в двух полуформах (рис. 2.7, з). Тело находится в обеих полуформах под наклоном; формовочный уклон отсутствует; поперечный периметр – квадрат постоянного сечения; периметр продольного сечения – прямоугольник. С точки зрения припусков на механическую обработку вариант наиболее целесообразен. В варианте использованы боковая и торцевая подрезки.

Усложним задачу, представив тело первой группы (рис. 2.8, а), у которого обрабатываются торцевые и две продольные поверхности. Две оставшиеся поверхности должны быть выполнены в процессе литья, причем угол между этими поверхностями должен быть равен 90° .

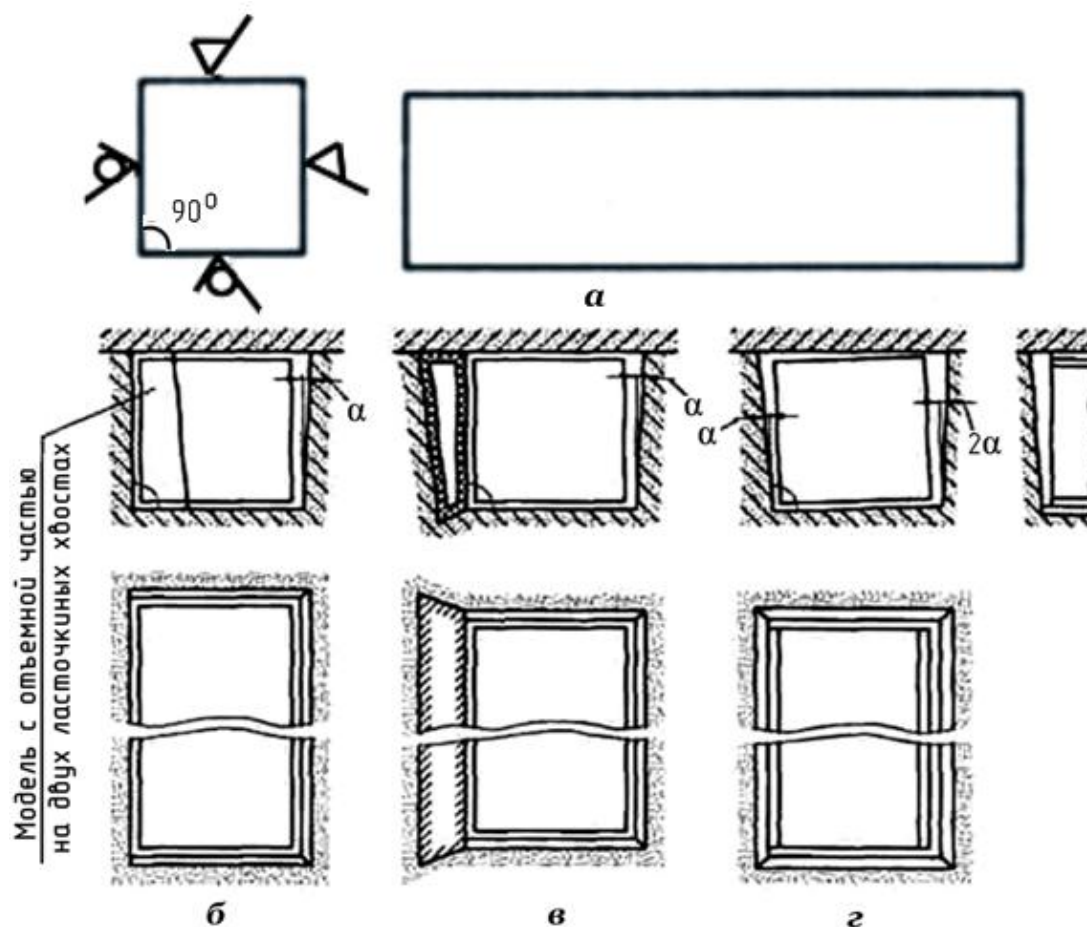


Рис. 2.8. Тело первой группы сложности (а) и варианты его формообразования (б–г)

Для получения прямого угла между необрабатываемыми поверхно-

стями применена модель с отъемной частью (рис. 2.8, б). Припуск на механическую обработку по длине тела равномерный.

Для получения прямого угла между необрабатываемыми поверхностями используется стержень (рис. 2.8, в).

Для получения прямого угла между необрабатываемыми поверхностями без отъемных частей и стержня необходимо левую грань модели повернуть на угол α , а правая грань при этом будет иметь уклон 2α (рис. 2.8, г). Припуск на двух обрабатываемых поверхностях будет неравномерный.

Представим тело первой группы, у которого обрабатывается только одна продольная поверхность, остальные получаются в процессе литья (рис. 2.9, а). Между необрабатываемыми поверхностями оба угла должны быть прямые.

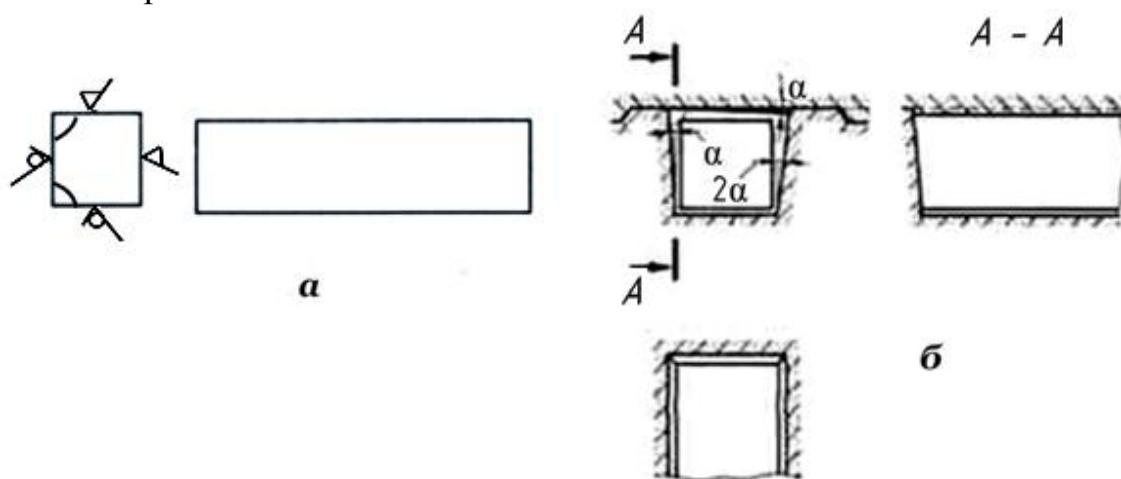


Рис. 2.9. Тело первой группы сложности (а) и вариант его формообразования (б)

Чтобы заформовать модель с двумя прямыми углами между литыми гранями без отъемных частей и стержня (рис. 2.9, б), нужно в дополнение к приему, показанному на рис. 2.8, г, поместить модель на плоскость, наклонную к основной плоскости разъема формы под углом α . При этом необходима подрезка.

Тела второй группы. На рис. 2.10, а представлено тело второй группы. Рассмотрим варианты его формообразования.

Левый выступ на торце фланца образуется при помощи подрезки (рис. 2.10, б). Попутно нужно уяснить разницу между токарным и фрезерным формовочными уклонами на фланцах.

Выступ на фланце образуется при помощи стержня, который устанавливается в нижней полуформе (рис. 2.10, в).

Выступ расположен в верхней полуформе (рис. 2.10, г). В этом случае вместо того, чтобы делать знак в нижней полуформе или крепить стержень

в верхней полуформе шпильками, нужно выполнить стержень с обратным уклоном, для чего его необходимо установить в модель и заформовать.

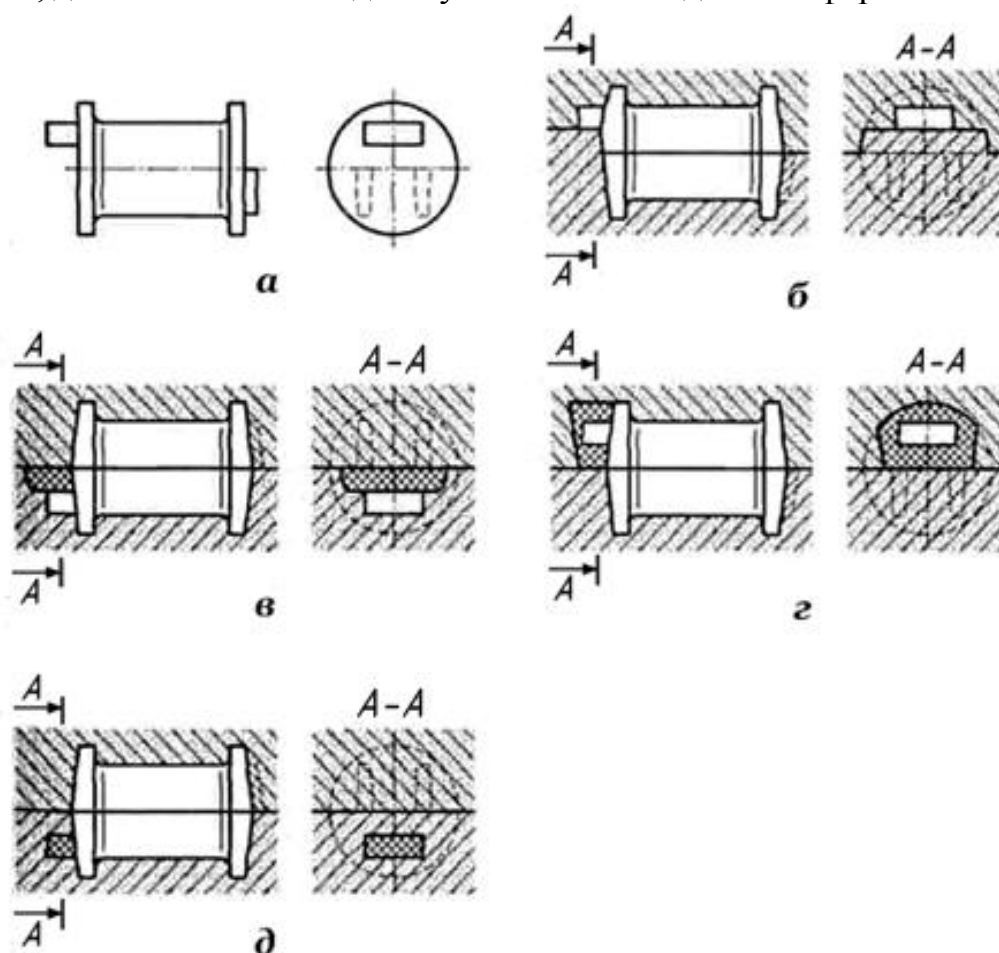


Рис. 2.10. Тело второй группы сложности (а) и варианты его формообразования (б–д)

На рис. 2.10, д показан выступ, образованный при помощи газифицируемой вставки.

На рис. 2.11, а также приведено тело второй группы с целью показать пять возможных вариантов положения тела относительно плоскости разъема формы (рис. 2.11, б–и) в процессе формообразования отливки. При этом формообразование бобышки и поднутренной полости тела выполняется по-разному.

По вариантам рис. 2.11, б, г для формообразования бобышки возможно применение подрезки.

Рекомендуется обратить внимание на линию разъема, оформляющую торец бобышки (сечение А–А) таким образом, чтобы он получился плоским. При этом устраняется необходимость абразивной зачистки шва, получающегося в случае прохождения линии разъема по центру бобышки (рис. 2.11, в). Этот прием следует применять для цилиндрических тел,

располагаемых в форме горизонтально. Поднутренный торец для вариантов на рис. 2.11, б–д, и формируется болваном.

Для формообразования бобышки по вариантам на рис. 2.11, д, е необходим стержень, в том числе в варианте д стержень помещается в верхней полуформе по способу, показанному на рис. 2.11, з, а в варианте е стержень проставляется в нижнюю полуформу, что предпочтительнее. Также необходим стержень для формообразования торца с поднутрением в вариантах на рис. 2.11, ж, з.

По варианту на рис. 2.11, и бобышка образуется при помощи отъемной части на модели.

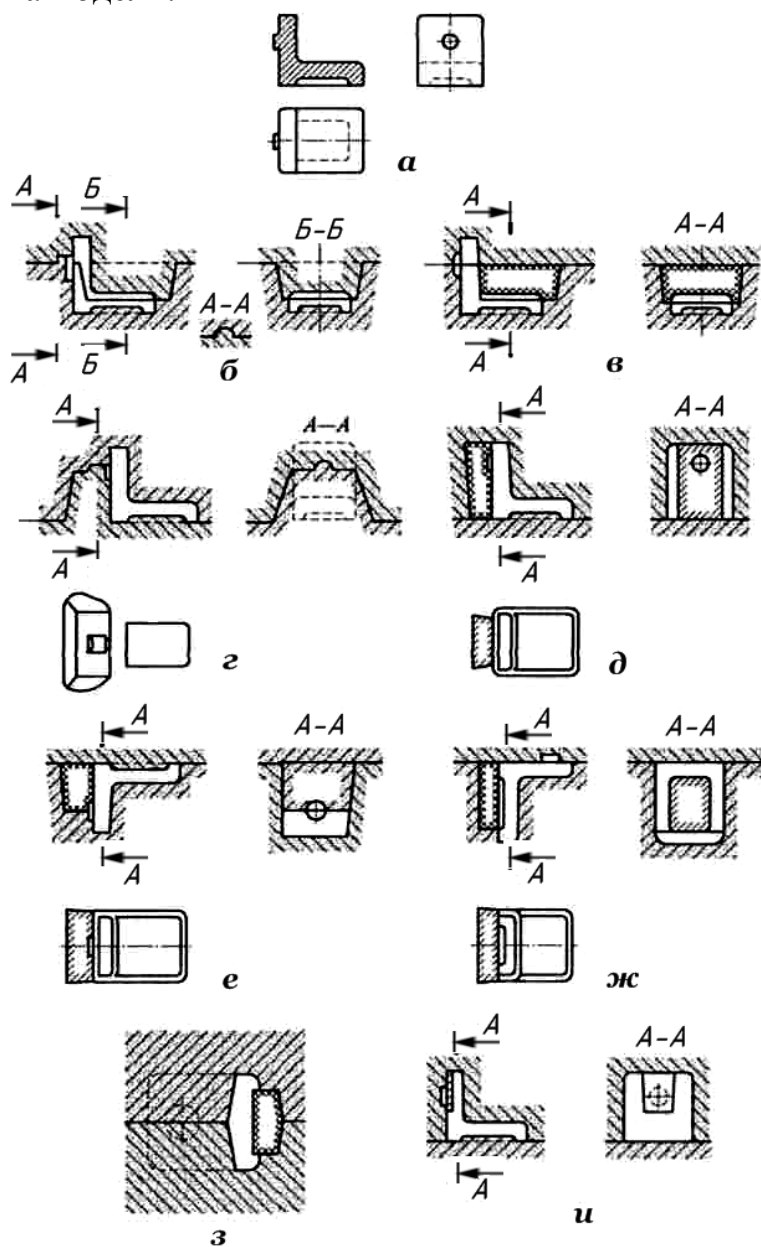


Рис. 2.11. Тело второй группы сложности (а) и варианты его формообразования (б – и) (↑ – линия разъема отливки и формы)

Тела третьей группы. На рис. 2.12, *а* представлено тело третьей группы сложности, а на рис. 2.12, *б–г* – варианты его формообразования. По варианту на рис. 2.12, *б* из-за наличия двух выступов на обоих фланцах формообразование при помощи болвана невозможно, и необходим стержень. При вертикальном положении тела пространство между двумя фланцами образуется при помощи стержня (рис. 2.12, *в*) или сырого подъемного болвана (рис. 2.12, *г*).

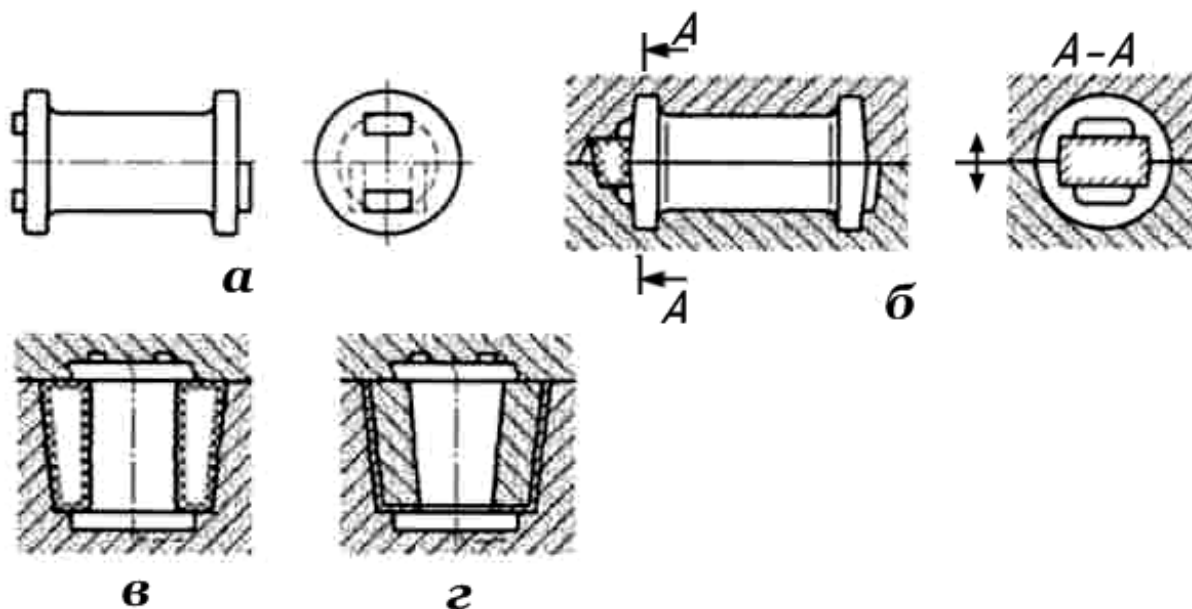


Рис. 2.12. Тело третьей группы сложности (*а*) и варианты его формообразования (*б–г*) (↑ – линия разреза отливки и формы)

В случае изготовления тела третьей группы сложности (рис. 2.13, *а*) форма может состоять из трех частей (рис. 2.13, *б*). Линия х–х–х – обозначает отъемную часть модели; наличие подрезки вызвано подбором средней опоки по высоте модели. На рис. 2.13, *в* показано формообразование фланца при помощи стержневой лепешки: форма набивается до уровня *ММ*, отъемная часть модели вынимается, полость перекрывается лепешкой, затем засыпается и уплотняется остальная часть смеси.

При наличии прибыли отъемная часть модели удаляется вместе с ней через контрлад (рис. 2.13, *г*).

При вынужденном положении фланца в верхней полуформе и отсутствии прибыли фланец перекрывается стержневой лепешкой (рис. 2.13, *д*) по варианту (рис. 2.13, *е*). Существует метод образования верхнего фланца путем раскатки формы при помощи специального приспособления.

Формообразование без отъемной части модели при помощи стержня показано на рис. 2.13, *е*.

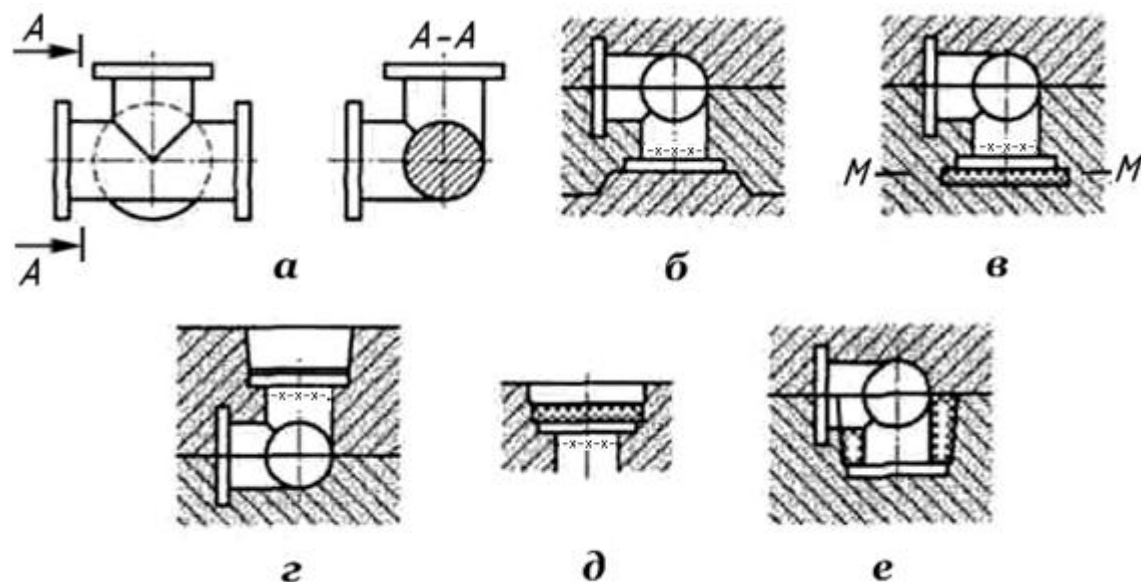


Рис. 2.13. Тело третьей группы сложности (а) и варианты его формообразования (б–е): ММ – уровень набивки

Тела четвертой группы. На рис. 2.14, а показано тело четвертой группы. Формообразование полости ведется при помощи болвана (рис. 2.14, б). В зависимости от соотношения высоты к его толщине тело может быть расположено в верхней (I) или нижней (II) полуформах (В – верх, Н – низ тела). По варианту на рис. 2.14, в полость образуется стержнем.

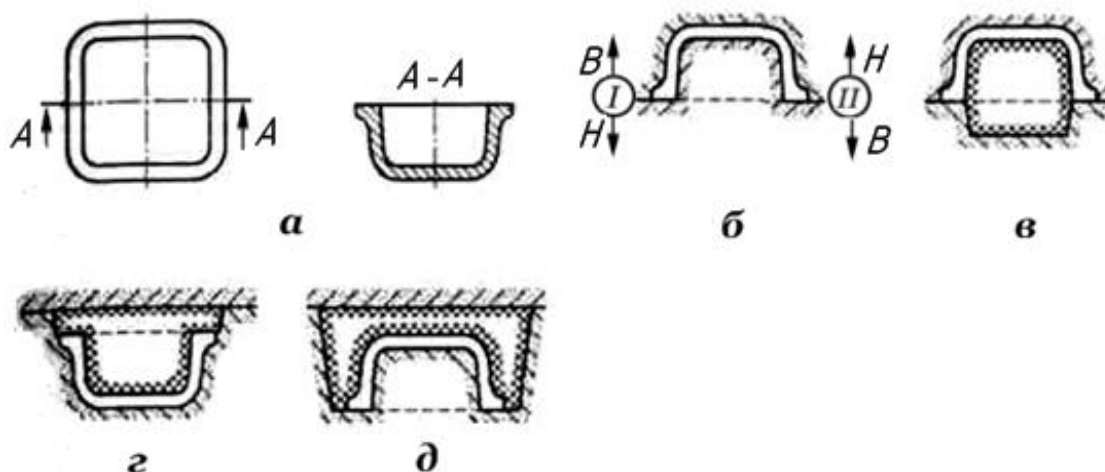


Рис. 2.14. Тело четвертой группы сложности (а) и варианты его формообразования (б–д) (В, Н – верх и низ формы в случаях I и II)

Грибовидный знак стержня, показанный на рис. 2.14, г, позволяет получить тело полностью в одной полуформе. Для облегчения усадки отливки и предотвращения трещин в ряде случаев (рис. 2.14, д) необхо-

димо образовывать полость сырым болваном, при этом, если форма изготавливается вручную и прочность деревянной «чистой» модели недостаточна, следует применять наружный стержень.

Тела пятой группы. На рис. 2.15, *а* показано тело, пятой, группы. При вертикальном положении тела полость может выполняться стержнем или болваном в зависимости от отношений диаметров к высоте D/H_1 и D/H_2 (рис. 2.15, *б–з*). Обращается внимание на конструкцию стержневого знака, состоящего из двух усеченных конусов (рис. 2.15, *б, г, е, ж*): верхний – определяет положение стержня вдоль вертикальной оси тела, нижний – обеспечивает соосность стержня с телом. Чтобы положение стержня по высоте было точным, его знак опирается на боковую поверхность верхнего конуса с углом 30° , а по торцу знака с формой имеется зазор. Для обеспечения строго вертикального положения стержня его знак выполняют с обратным конусом, стержень вставляют в полую модель и заформовывают (рис. 2.15, *д*).

В случаях, приведенных на рис. 2.15, *б–ж*, тело образуется элементами, расположенными в двух полуформах, а на рис. 2.15, *з* показано тело, находящееся в одной полуформе.

При горизонтальном положении тела (рис. 2.15, *и*) полость выполняется стержнем, его положение вдоль оси определяется фиксатором на знаке.

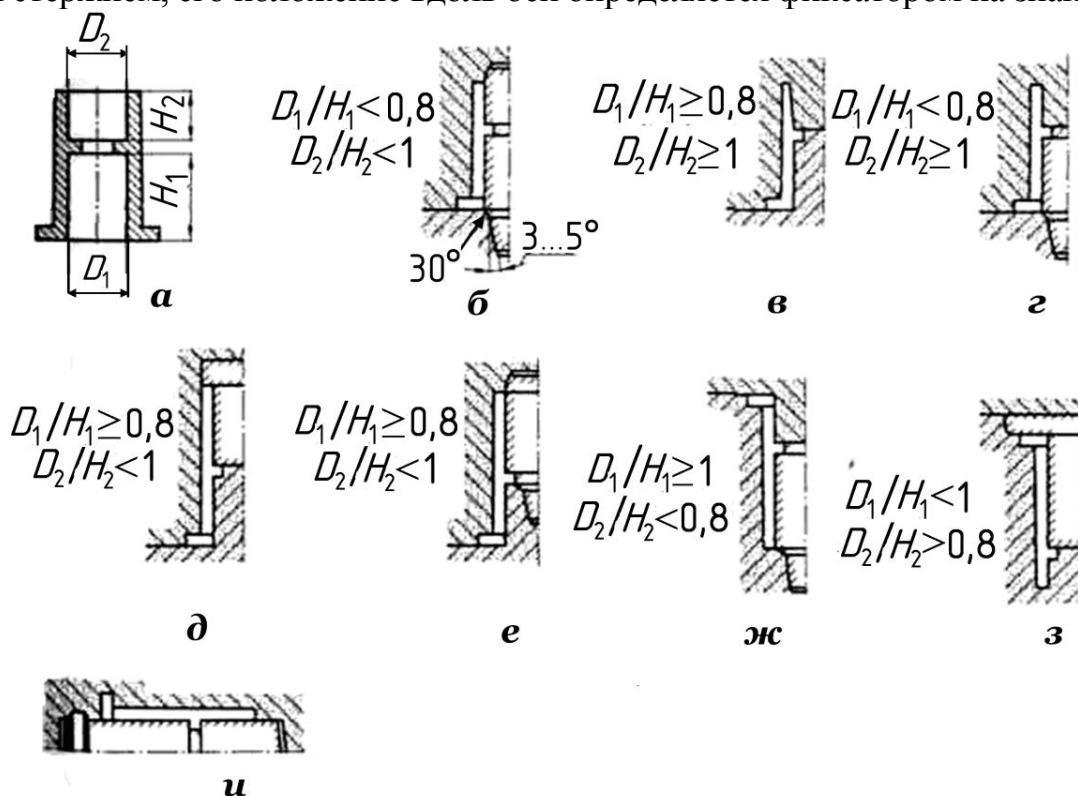


Рис. 2.15. Тело пятой группы сложности (*а*) и варианты его формообразования (*б – и*): D_1 D_2 – внутренние диаметры тела глубиной H_1 , и H_2 соответственно

На рис. 2.16, *а* приведено тело также пятой группы сложности. Полость формируется стержнем, который является сложным в изготовлении, поэтому его следует разбить на простые части (простые стержни). Для этого необходимо определить границы и разъем стержней. Варианты разбивки сложного стержня на простые (1–3) представлены на рис. 2.16, *б–г* (1*а* – стержень, вклеиваемый в стержень 1).

При разбивке сложного стержня на простые необходимо стремиться: 1) число стержней должно быть минимальным; 2) разбивка должна обеспечивать точность изготовления стержней (желательно без отъемных частей в стержневом ящике), удобство установки и надежное крепление стержня в форме.

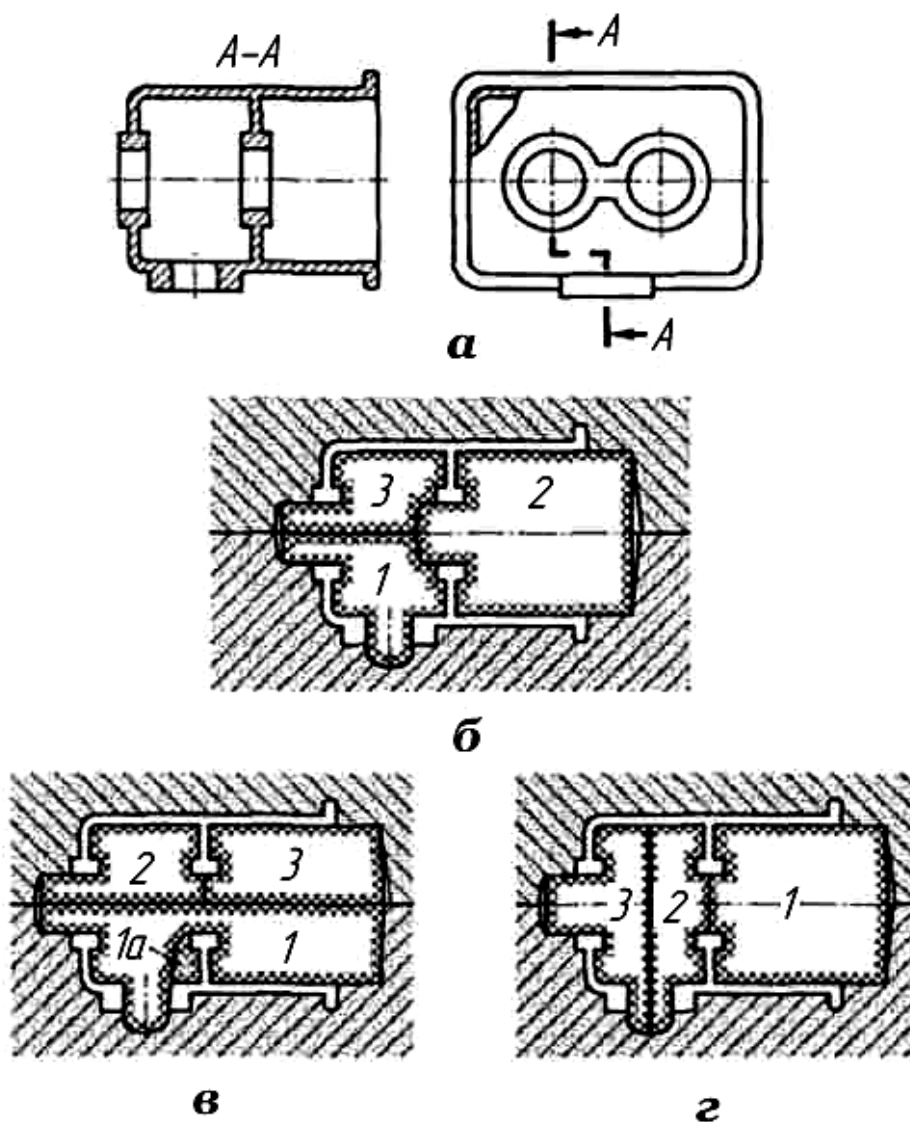


Рис 2.16. Варианты формообразования тела пятой группы сложности:
1, 2, 3 – простые стержни; 1*а* – вклеиваемый стержень

2.8. ТОЧНОСТЬ ОТЛИВКИ

В соответствии с ГОСТ 26645–85 (изм. № 1, 1989 г.) точность отливки определяется следующими пятью показателями: классом точности размеров, степенью коробления (пространственными отклонениями), степенью точности поверхности, классом точности массы и смещением по плоскости разъема.

При приеме заказа на изготовление отливки технолог должен оценить возможности цеха для обеспечения указанной на чертеже точности отливки.

В рекомендуемых таблицах ГОСТ 26645–85 (изм. № 1, 1989 г.) приведены широкие пределы показателей точности. Каждый технолог, зная возможности конкретного производства, однозначно определяет точностные показатели, по крайней мере, два из них: класс точности размеров и класс точности массы.

Для песчано-глинистых форм можно указать следующие интервалы точности размеров (KP_O) и величины допуска смещения T_{CM} , например, для отливок из серого чугуна: для ручной формовки KP_O 11–15; $T_{CM} = 4,0$ мм; для поточно-механизированной формовки KP_O 9–13Т; $T_{CM} = 2,0$ мм; для автоматизированной формовки KP_O 7–10; $T_{CM} = 1,0$ мм.

Меньшие значения классов точности размеров, как правило, труднодостижимы, поэтому для отечественного литейного производства реально изготовление, например, отливок средней сложности из серого чугуна с точностью KP_O 9_T (АФЛ типа «DISA», АФЛ типа «SPO»).

2.9. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ОТЛИВОК

В технических условиях на отливках из промышленных сплавов обычно указываются значения шероховатости поверхности отливок. Так, например, для отливок из серого чугуна в ГОСТ 1412 указывается, что шероховатость поверхности отливки после очистки в галтовочных барабанах не должна превышать $Rz = 250$ мкм, а шероховатость отливок, изготовленных на обычных формовочных машинах, до очистки равна не более $Rz = 500$ мкм.

Зная возможности производства отливок по шероховатости и сравнивая их с заданной шероховатостью на чертеже отливки, технолог определяет, например, что заданная шероховатость может быть обеспечена. В некоторых случаях для достижения требуемого качества поверхности форму окрашивают и высушивают. Требования по шероховатости поверхности отливок оговариваются в нормативной документации на отливки.

2.10. ГЕРМЕТИЧНОСТЬ ОТЛИВОК

Большинство машиностроительных отливок из чугуна не проверяют на герметичность, но при отработке технологии отливку разрезают, особенно по местам скопления металла (т. е. по тепловым местам). В последующем контроль герметичности не проводится.

К стальным отливкам и отливкам из цветных сплавов и некоторым отливкам из чугунов (радиаторы, блоки, гильзы цилиндров) часто предъявляют повышенные требования по герметичности и недопустимости раковин и пористости в них. При этом в производстве необходима организация испытаний водой или воздухом на герметичность, а при более жестких требованиях контроль должен выполняться на рентгеновских установках для просвечивания отливок и определения балла по пористости. На производстве должны обеспечиваться плавка и заливка в форму в вакууме или заливка в автоклаве для предотвращения образования газовой пористости. Необходимо обеспечение направленного затвердевания и создания давления для питания отливки с целью предотвращения образования усадочных дефектов. Отливки из серого чугуна, работающие при высоком давлении (более 1 МПа), должны проверяться также на графитную пористость, которая может развиваться в структуре чугуна между пластинками графита и металлической матрицей.

ГЛАВА 3

МОДЕЛЬНО-СТЕРЖНЕВАЯ ОСНАСТКА, ОПОКИ И ПРОЧИЙ ИНСТРУМЕНТ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Основную массу фасонных отливок из различных литейных сплавов изготавливают в разовых песчаных формах. Для получения таких форм используют специальную модельно-опочную оснастку, необходимую для получения частей формы, стержней и их сборки. Комплект модельно-опочной оснастки включает: модели и модельные плиты для изготовления по ним частей формы, стержневые ящики для изготовления стержней, вентиляционные плиты для образования вентиляционных каналов в стержнях, плоские и фигурные (драйеры) сушильные плиты для сушки стержней, опоки, приспособления и шаблоны для контроля формы в процессе сборки, а также холодильники, штыри для соединения опок и другой инструмент.

3.1. МОДЕЛЬНО-СТЕРЖНЕВАЯ ОСНАСТКА

Модельно-стержневую оснастку часто называют «модельным комплектом», в который входят модельные плиты с моделями и элементами литниковой системы, стержневые ящики для изготовления стержней для конкретной отливки.

Конструкция моделей и стержневых ящиков должна обеспечивать:

- незатрудненную набивку и выемку моделей из формы и стержней из стержневого ящика;
- получение чистой и гладкой рабочей поверхности моделей и стержневых ящиков, а также формовочных уклонов вертикальных стенок;
- достаточную прочность, соответствующую напряжениям, возникающим в процессе набивки форм и стержней;
- достаточную стойкость к влиянию сырой формовочной и стержневой смеси;
- технологичность и экономичность моделей и стержневых ящиков.

При конструировании моделей и стержневых ящиков размеры их должны приниматься с учетом величины усадки и припусков на механическую обработку отливки. Кроме того, должно предусматриваться максимально возможное облегчение веса модели.

Модельно-стержневая оснастка служит для формирования внутренних и внешних поверхностей отливки. От точности ее изготовления

во многом зависит точность отливки. Согласно ГОСТ 3212 установлены девять классов точности 1–9 изготовления модельных комплектов (табл. 3.1), которые взаимоувязаны с допусками размеров отливок по ГОСТ 26645. Класс точности модельного комплекта назначается в соответствии с классом точности размеров отливок (табл. 3.2).

Таблица 3.1

Допуски размеров модельных комплектов (МК)

Интервал номинальных размеров МК, мм	Допуски размеров МК, мм, по классам точности								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
До 10	0,04	0,07	0,11	0,18	0,28	0,44	0,72	1,00	—
Свыше 10 до 16	0,05	0,08	0,13	0,20	0,32	0,50	0,80	1,26	—
Свыше 16 до 25	0,06	0,09	0,14	0,22	0,36	0,56	0,90	1,44	2,2
Свыше 25 до 40	0,07	0,10	0,16	0,25	0,40	0,64	1,00	1,60	2,5
Свыше 40 до 63	0,08	0,11	0,18	0,28	0,44	0,72	1,14	1,80	2,8
Свыше 63 до 100	0,09	0,13	0,20	0,32	0,50	0,80	1,26	2,00	3,2
Свыше 100 до 160	0,10	0,14	0,22	0,36	0,56	0,90	1,44	2,20	3,6
Свыше 160 до 250	0,11	0,16	0,25	0,40	0,64	1,00	1,60	2,50	4,0
Свыше 250 до 400	0,13	0,18	0,28	0,44	0,72	1,14	1,80	2,80	4,4
Свыше 400 до 630	0,16	0,20	0,32	0,50	0,80	1,26	2,00	3,20	5,0
Свыше 630 до 1000	—	0,22	0,36	0,56	0,90	1,44	2,20	3,60	5,6
Свыше 1000 до 1600	—	0,28	0,40	0,64	1,00	1,60	2,50	4,00	6,4
Свыше 1600 до 2500	—	—	0,44	0,72	1,14	1,80	2,80	4,40	7,2
Свыше 2500 до 4000	—	—	0,64	0,80	1,26	2,00	3,0	5,0	8,0
Свыше 4000 до 6300	—	—	—	1,00	1,44	2,20	3,60	5,60	9,0

Таблица 3.2

Взаимосвязь классов точности размеров модельных комплектов с классами точности размеров отливок

Класс точности размеров отливки по ГОСТ 26645	Класс точности модельного комплекта (МК)
4, 5т	1
5, 6	2
7, 7т	3
8, 9т	4
9, 10	5
11т, 11	6
12, 13т	7
13, 14	8
15, 16	9

Для обозначения материала и точности модельного комплекта (МК) используют запись, например, следующего вида:

– «Точность МК5 – металл ГОСТ3212», которая означает металлический модельный комплект класса точности 5 по ГОСТ 3212.

– «Точность МК8 – дерево ГОСТ 3212» означает деревянный модельный комплект класса точности 8 по ГОСТ 3212.

По типу материала модельные комплекты для изготовления отливок подразделяются на деревянные, металлические и пластмассовые. Кроме точности изготовления и шероховатости поверхности, к модельным комплектам предъявляются требования по стойкости к износу в процессе эксплуатации. В массовом производстве отливок необходимо иметь несколько дублеров модельных комплектов.

В технологическое оснащение входят также подопочные плиты, сушильные плиты (драйеры), литейный инструмент. Как правило, деревянные модельные комплекты применяют в единичном или мелкосерийном производстве, пластмассовые – в мелкосерийном или серийном, а металлические – в крупносерийном или массовом производстве.

3.1.1. Деревянные модели и стержневые ящики

Деревянные модели изготавливают из сосны, ели, лиственницы, сложные стержневые ящики – из липы. Для облицовки моделей используют бук, ясень, клен. Наиболее изнашиваемые части изготавливают из металла или облицовывают листовым железом.

Перед употреблением заготовленные доски сушат в естественных условиях (до двух лет), но чаще прибегают к искусственному высушиванию в сушильных камерах. Во избежание растрескивания досок при такой сушке их предварительно пропаривают, для чего в камеру подают пар. После пропаривания включают вентилятор и постепенно повышают температуру в камере. В среднем древесина сушится 3... 12 сут. Больше время соответствует сушке твердых пород древесины.

Для изготовления модельной оснастки древесина должна содержать не менее 8 и не более 11 % влаги. Следует также учитывать возможность коробления досок в результате усушки. Изменение их размеров в процессе усушки оказывается наименьшим по длине ствола – 0,1...0,3 %, в радиальном направлении изменение размеров 3...6 %, в тангенциальном – 6... 12 %.

При изготовлении модели по рабочему чертежу детали модельщик

увеличивает все размеры на величину усадки сплава, из которого будет изготовлена отливка.

Если отливка предназначена к механической обработке, то на соответствующих поверхностях модели предусматривают припуск согласно Гост 26645 – 85 (изм. № 1, 1989 г.). Формовочные уклоны выполняют с учетом Гост 3212.

По прочности изготовления деревянные модели подразделяют на три класса.

По первому классу изготавливаются модели, предназначенные для серийного производства и для получения промоделей (например, металлических моделей). Для промодели необходимо учитывать двойную усадку – сплавов модели и отливки.

Материалом для моделей первого класса служит выдержанное дерево твердых пород: бук, клен или мелкослойная сосна. У больших моделей всю основную часть выполняют из сосны, а острые углы модели и выступающие ее части (приливы, ребра и др.) – из бука, клена, а в отдельных случаях из цветного металла (латуни, алюминия).

По второму классу изготавливаются модели для ограниченного числа формовок. В этом случае используют материал пониженного качества и более мягких, чем в предыдущем случае, пород дерева (ольхи, липы, сосны).

По третьему классу изготавливают модели для разовых отливок. Материалом большей частью служит сосна, иногда ель. К этому классу относят и скелетные модели. Модели третьего класса в большинстве случаев по окончании формовки уничтожают.

Изготовленный по первому классу подопочный щиток склеен из трех рядов щитков, причем если в верхнем и нижнем щитках долевые волокна имеют одинаковую направленность, то в среднем щитке они перпендикулярны им.

Щиток, изготовленный по второму классу прочности, имеет два ряда досок с поперечными планками по краям, а щиток третьего класса прочности выполняют из цельковой доски. Следует отметить, что для склеивания щитка первого класса прочности используются узкие доски, а для второго и тем более третьего классов – более широкие доски. Склеенные из широких досок щитки коробятся, тогда как щитки, склеенные из более узких досок, практически не подвержены короблению.

На рис. 3.1 показан пример технологии изготовления модели для отливки детали конического катка (рис. 3.1, а).

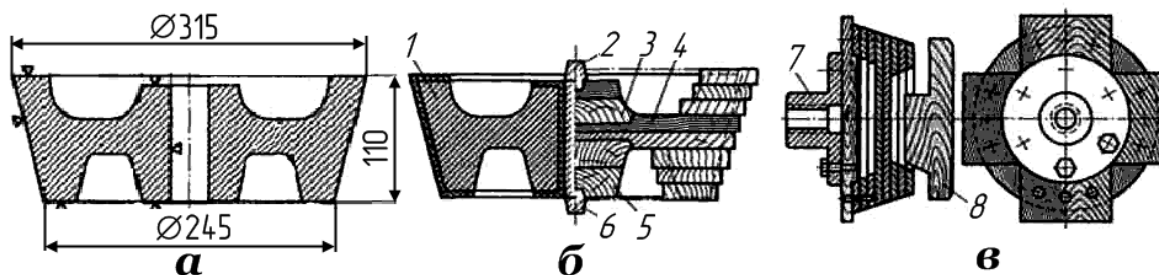


Рис. 3.1 Технология изготовления конического катка: а – отливка; б – модель; в – обработка заготовки: 1 – обод катка; 2, 6 – знаки модели; 3, 5 – части ступицы; 4 – диск; 7 – планшайба; 8 – шаблон

Первоначально чертеж детали с нанесенной технологией (припуски на механическую обработку, разъем отливки и формы, стержни со знаками и зазорами в них, точность, ТУ и т.д.) переносится на фанерный лист (щиток) без изменений, но с учетом формовочных уклонов и размеров по усадочному метру. Щиток необходим для определения составных частей модели, используемых при склеивании заготовки. После этого определяют порядок изготовления и соединения отдельных частей модели (рис. 3.1, б). Слева от оси изображен чертеж модели, а справа вычерчена заготовка и намечена технология изготовления отдельных частей модели.

Для того чтобы модель была прочной, обод 1 катка изготавливают из сегментов в три ряда, по шесть штук в ряду, а диск 4 катка и части ступицы 3, 5 склеивают из двух слоев с взаимноперпендикулярным направлением долевых волокон. Все части изготавливают и соединяют в соответствии с чертежом на щитке.

Сначала вытачивают знаки 2 и 6, затем части 3 и 5 ступицы, в которых вытачивают углубления по диаметру шипов знаков. Далее обтачивают основную заготовку катка по размерам, указанным на чертеже модели, а углубления для центрирования частей ступицы по диаметру и толщине шипа. Заготовку обтачивают при помощи деревянного креста, повернутого к планшайбе 7 (рис. 3.1, в). Для контроля внутреннего диаметра используют шаблон 8. Часть 5 ступицы приклеивают к диску 4, а часть 3 для удобства формовки делают отъемной.

На рис. 3.2 показаны некоторые операции изготовления стержневого ящика. Стержневой ящик изготавливают из двух половин. Вначале заготавливают два бруска для рабочей части ящика 1 с цилиндрическим отверстием, выстругивают боковые стороны под угольник, спаривают

бруски, устанавливают шипы и размечают контур отверстия. После разметки в половинках ящика делается долевой пропил, при помощи полукруглой стамески выбирается цилиндрическое отверстие по угольнику 2 или шаблону 3, которое затем зачищают шкуркой. Знаковые части 4 стержневого ящика составляют из четырех частей, склеивают, по разьему прокладывают бумагу для исключения повреждения при распаивании обработанных половинок, вбивают гребенки 5, закрепляют на патроне 6 и обрабатывают на станке. Центрируют половины стержневого ящика соединительными шипами (дюбелями).

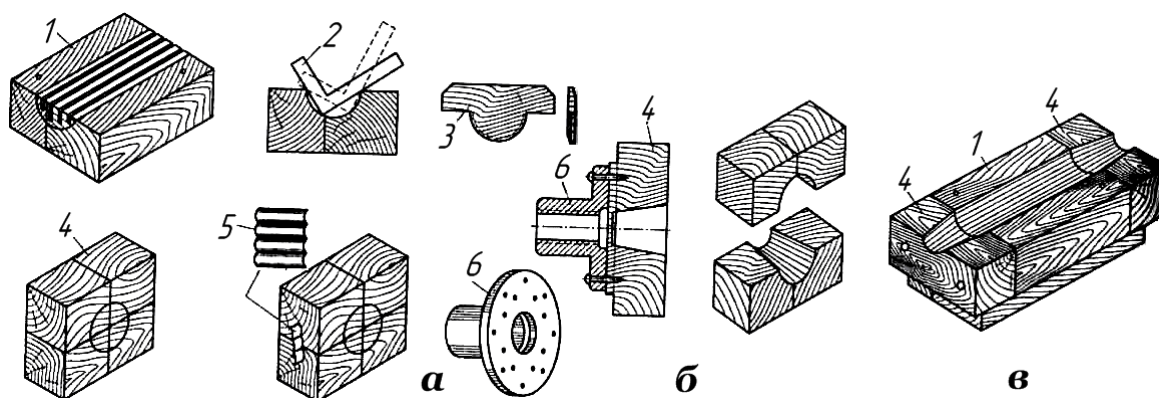


Рис. 3.2. Стержневой ящик для катка: а – операции по изготовлению рабочей части; б – операции по изготовлен знаков; в – половина стержневого ящика в сборе; 1 – рабочая часть ящика; 2 – угольник; 3 – шаблон; 4 – знаковые части ящика; 5 – гребенка; 6 – патрон для крепления частей ящика при обработке

3.1.2. Металлические и пластмассовые модели, модельные плиты

Металлическая модельная оснастка применяется только в условиях крупносерийного и массового производства. В этом случае затраты на изготовление металлической модельной оснастки полностью окупаются, резко возрастают геометрическая точность отливок и точность их размеров.

Металлические модели. Примерная схема изготовления модели. Материалом для изготовления моделей и стержневых ящиков служат алюминиевые сплавы по ГОСТ 1583 АК5М2, АК5М7, АК7М2 и др., серый чугун СЧ15, СЧ20 ГОСТ 1412, литейные латунь и бронза, сталь марок 15л–45л ГОСТ 977. Заготовки отливают, например, из алюминиевого сплава, для чего сначала изготавливается деревянная модель (мастер-модель). В мастер-модели учитывается двойная усадка, напри-

мер, алюминиевого сплава, из которого будет исполнена модель, и сплава, например, чугуна, из которого будет изготавливаться отливка.

В сырых песчано-глинистых формах отливают две половинки модели, которые обрабатывают по разъему, собирают между собой, исключая смещение, зажимают струбциной и просверливают сквозные отверстия (диаметром 5...6 мм) предпочтительно в знаковых частях модели. В эти отверстия загоняют штифты, а струбцины снимают. В таком виде модель подвергают механической обработке на станках, затем штифты удаляют, половинки моделей разъединяют и приступают к их монтажу на модельных плитах верха и низа.

Пластмассовые модели. Все более широкое применение находит в настоящее время модельная и стержневая оснастка из пластических масс. Подобная оснастка, сочетая преимущества деревянной и металлической, обладает малой массой, высокой точностью и прочностью, не подвержена короблению, разбуханию, коррозии при хранении и эксплуатации и позволяет точно воспроизводить контуры модели при формовке.

Вследствие сокращения расхода металла, снижения трудоемкости изготовления, уменьшения потребности в оборудовании и производственных площадях за счет резкого сокращения объема механической обработки и доводочных операций применение пластмассовой оснастки очень эффективно. Для изготовления оснастки применяют термореактивные пластические массы на основе эпоксидных или фенолформальдегидных смол, стиракрил ТШ или акрилат АСТ-Т. Сначала изготавливают гипсовую мастер-модель с учетом усадки пластмассы и металла отливки. По мастер-модели делают гипсовую форму, которую заливают жидкой пластмассой. Готовую пластмассовую модель извлекают из формы и подвергают механической обработке. Крупные модели делают пустотелыми, мелкие – монолитными. Для сокращения расхода пластмассы, увеличения ее абразивной износостойкости и прочности в нее добавляют разные наполнители (алюминевая пудра, железный порошок и др.), а при заливке формы армируют сеткой из стеклоткани.

Модели стояков, воронок и чаш. При ручной формовке используются модели стояков, как правило, деревянные, расширяющиеся за счет уклона кверху. При машинной и автоматической формовке модели стояков 1 изготавливаются из металла, имеют обратный уклон и крепятся к модельной плите 2 (рис. 3.3, а, б).

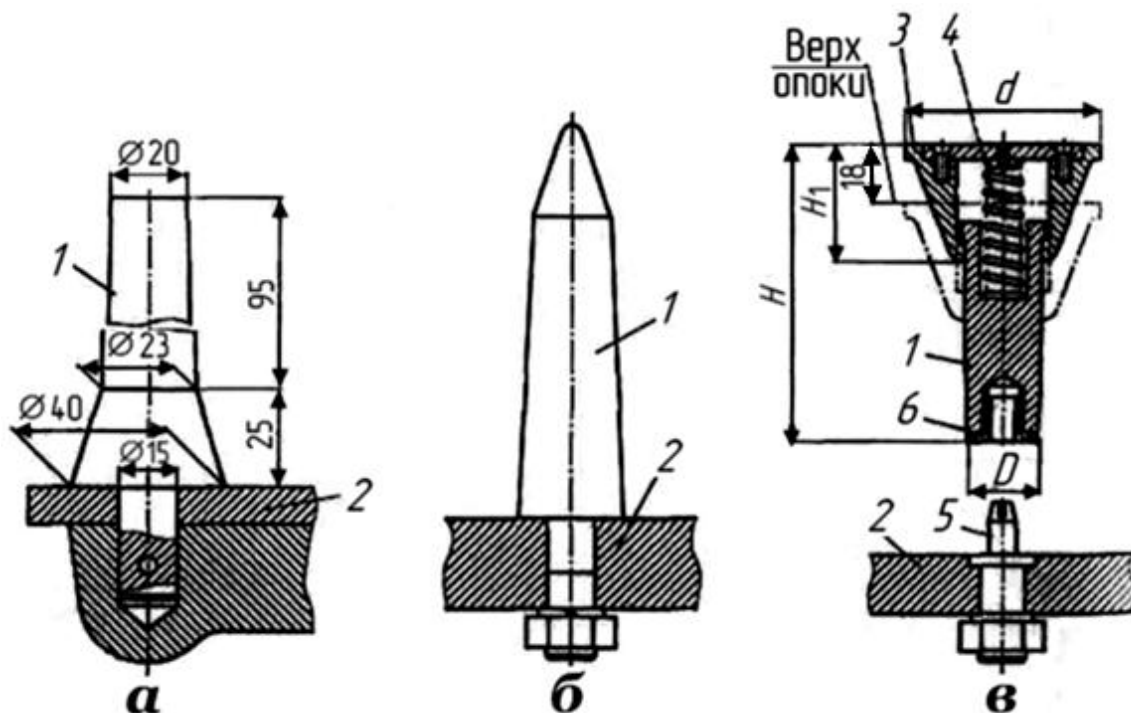


Рис. 3.3. Модели стояков и варианты их крепления к модельной плите:
 а, б – стояк, прикрепленный к модельной плите соответственно штифтом и гайкой;
 в – пружинный стояк; 1 – стояк; 2 – модельная плита; 3 – воронка; 4 – пружина; 5 –
 каленый штырь; 6 – каленая втулка; H , D – высота и диаметр пружинного стояка;
 H_1 , d – высота и диаметр воронки

При ручной формовке воронку вырезают, не вынимая модель деревянного стояка. В некоторых случаях вырезают небольшую чашу-воронку.

При машинной формовке модели воронок и чаш с отверстием под стояк крепят к прессовой плите. При этом в форме в месте перехода от воронки к стояку обязателен небольшой уступ, так как модель воронки с отверстием под обратный стояк сделать «на нет» невозможно. При больших расходах металла, т. е. для крупных отливок, используют чаши-нарощалки, которые изготавливают в специальных стержневых ящиках из стержневой смеси.

На автоматических формовочных линиях воронки и чаши могут быть отфрезерованы специальной фрезой. Иногда при машинной формовке (в основном, безопочной) применяют стояк 1 с подпружиненной воронкой 3 для опок с высотой до 125 мм (рис 3.3, в). В стояк 1 запрессовывается каленая втулка 6, а к модельной плите 2 крепится каленый штырь 5. Перед формовкой верхней опоки стояк устанавливают на модельную плиту и уплотняют верхнюю полуформу встряхиванием, при этом воронка 3 выходит за уровень контрлада опоки. При подпрессовке прессовая колодка сжимает пружину 4 и воронка утапливается, что способствует лучшему уплотнению смеси вокруг воронки, предотвращая размыв смеси при заливке металла. После снятия

прессовой колодки пружина выталкивает воронку, и так называемый «пружинный стояк» извлекают вручную.

Модельные плиты Модельные плиты для встряхивающих формовочных машин регламентируются ГОСТ 20084 – ГОСТ 20131. Выбор плиты определяется типом машины, а также размерами и числом моделей, которые необходимо на ней разместить. Чрезмерная загруженность модельной плиты моделями и развитой литниковой системой может привести при формовке к подрыву формы, а при недостаточной загруженности модельной плиты снижается такой производственный показатель, как съем отливок с готовой формы. Практика показывает, что средняя загруженность моделями на модельных плитах опочной формовки составляет 40 %.

Верхняя плоскость плиты образует плоскость разъема формы. Плита прикрепляется к столу формовочной машины болтами.

Конструкция и размещение элементов крепления плиты к столу машины зависят от типа стола. Габариты плит назначаются в соответствии с габаритами опоки, для которых они предназначены.

Модельные плиты изготавливаются из стали марок от 15Л до 45Л ГОСТ 977 или из чугуна марки СЧ 20 ГОСТ 1412, небольшие плиты – из алюминиевых сплавов.

По способу установки и закрепления моделей модельные плиты делятся на два типа:

- плоские плиты, на которых модели закрепляются болтами; такие плиты применяются главным образом в серийном и массовом производстве;
- координатные плиты, имеющие сетку отверстий, просверленных с большой точностью; такие плиты применяются в мелкосерийном производстве, при котором производится частая смена моделей.

Плоские модельные плиты с закрепленными на них моделями — наиболее распространенный вид модельных плит в массовом и крупносерийном производстве. Монтаж моделей на таких плитах производится в модельном цехе; модели хранятся на складе вместе с плитой в собранном виде.

Модельные плиты имеют следующие элементы:

- установочные штыри (центрирующий и направляющий) под втулки в опоках;
- ушки под установочные штыри;
- лапы для прикрепления плит к столу машины;
- ручки или цапфы для транспортировки (в чугунных и алюминиевых плитах применяются залитые цапфы);
- пластики под скрепляющие скобы или ушки под скрепляющие штыри (рис 3.4).

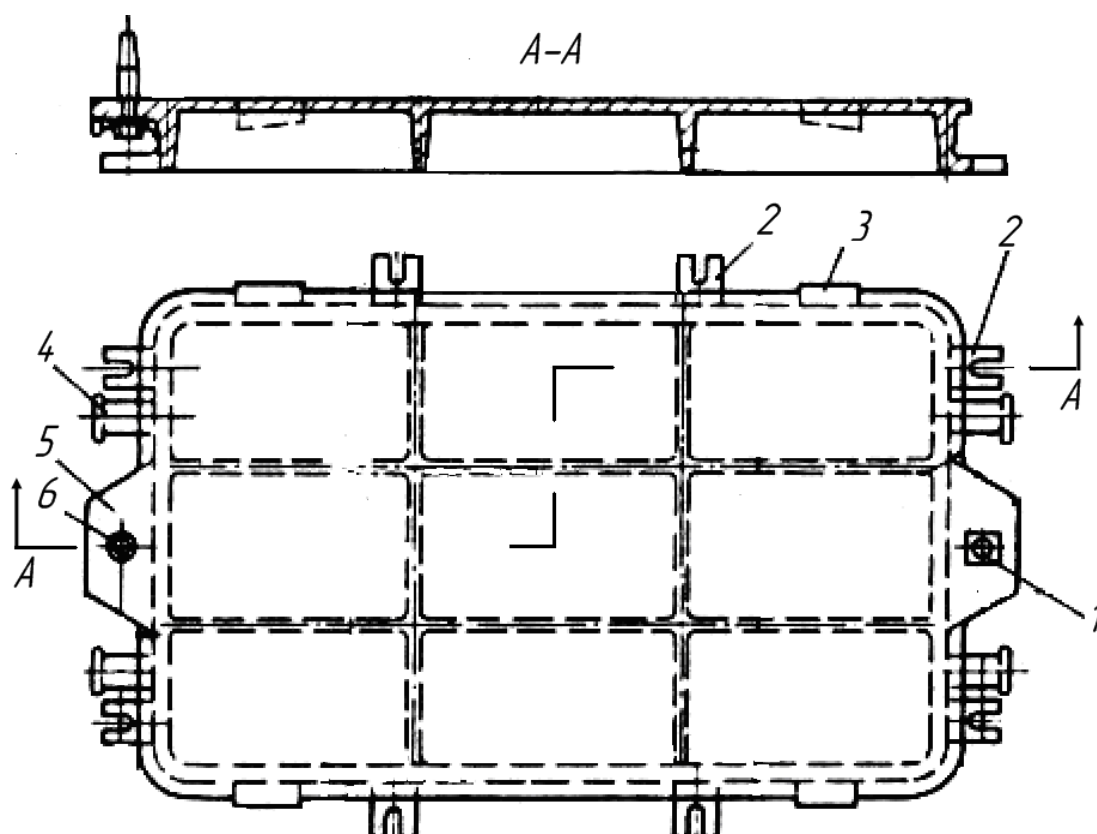


Рис. 3.4. Модельная плита: 1 – штырь направляющий; 2 – лапы для крепления плит к столу машины; 3 – пластик под скрепляющие скобы; 4 – цапфы; 5 – ушко под штырь; 6 – штырь центрирующий

Установочные штыри. Один штырь (центрирующий) делается круглым с диаметром рабочей части, равным диаметру центрирующей втулки опок; второй (направляющий) имеет квадратное сечение со стороной квадрата, равной ширине прорези направляющей втулки опоки.

Размеры установочных штырей приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Выбор и определение размеров штырей

Средний габаритный размер опок в свету $(L + B)/2$	Размеры штырей, мм								
	$D (B)$	L	l	l_1	l_2	l_3	d	d_1	$\alpha, ^\circ$
До 750	25	120	40	42	24	20	16	М12	5
		160	70						3
		200	100						2
Свыше 750 до 1500	30	130	50	52	28	22	20	М16	5
		170	80						3
		210	110						2

Штыри делаются из стали марки 45 или из цементируемой стали марки 15 или 20. Рабочие поверхности штырей закаливаются до твердости

HRC 40–50. При закреплении штыря под гайку устанавливается пружинная шайба (рис. 3.5).

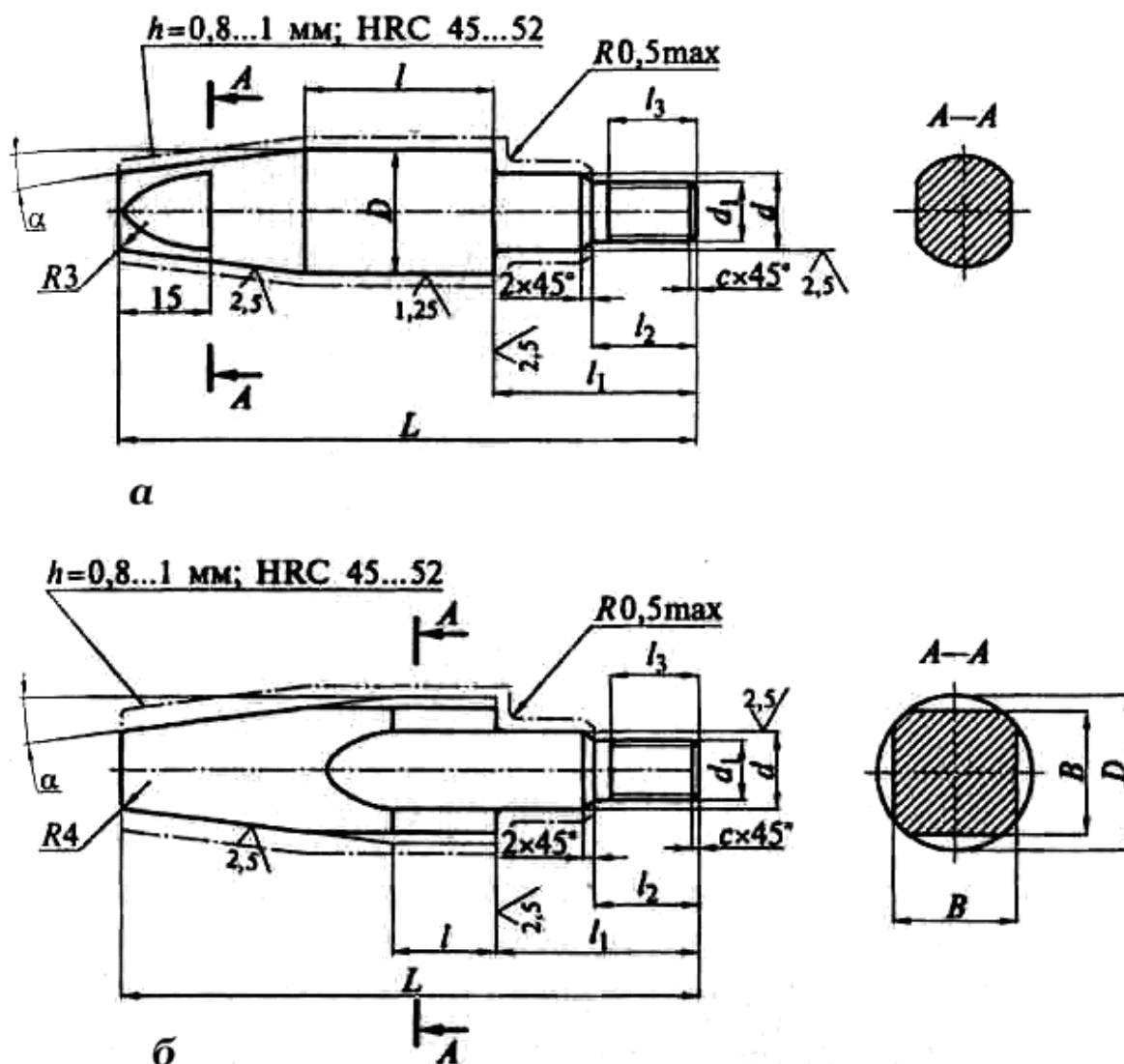


Рис. 3.5. Центрирующий (а) и направляющий (б) штыри на модельных плитах: $D(B)$, L , S , I , l , l_1 , l_2 , l_3 , d , d_1 , α – размеры штырей

Цапфы для транспортировки. В стальных плитах цапфы выполняются цельнолитыми, в чугунных – залитыми.

В стальных плитах мелких и средних размеров цапфы можно не делать, а для транспортировки использовать ушки под штыри, придавая им соответствующую форму и размеры.

Установка моделей на плиту. Готовые половины моделей обрабатывают по плоскости разреза, совмещают по контуру, скрепляют струбцинами и просверливают отверстия диаметром 5...6 мм в знаковых частях модели с расстоянием l между ними (рис. 3.6, б). В отверстия заби-

вают штифты (рис. 3.6, в), снимают струбцины и механически обрабатывают модели в соответствии с чертежом. Далее их монтируют на модельной плите.

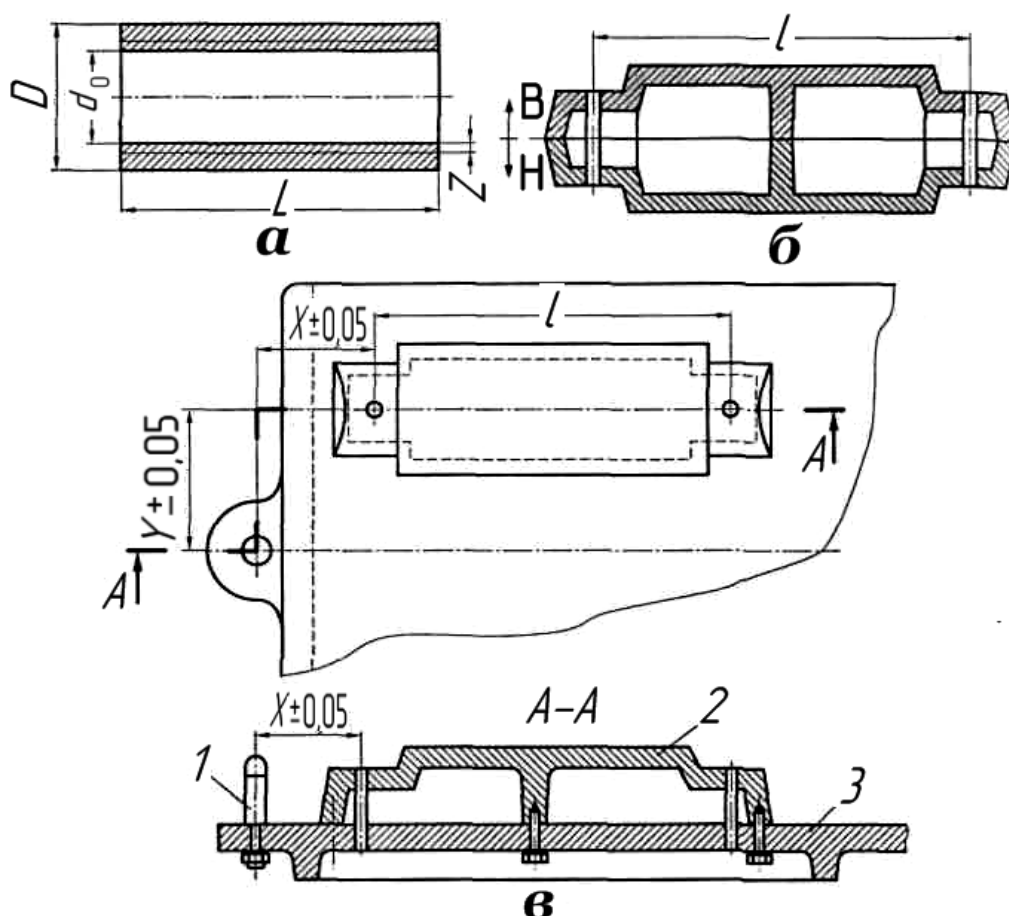


Рис. 3.6. Эскиз изготовления модели гильзы и ее монтажа на модельной плите: а – отливка; б – модель в сборе перед обработкой; в – схема монтажа моделей на плите; 1 – центрирующий штырь; 2 – половина модели; 3 – модельная плита; L , l , D , d_0 , Z – размеры гильзы; X , Y – помечаемые расстояния от отверстий под штифты; B , H – верх и низ модели

В некоторых случаях перед монтажом проводят разметку модельной плиты относительно круглого центрирующего штыря. При этом помечают два расстояния X , Y для каждого отверстия под штифты модели, после чего их просверливают в модельной плите. Затем две модельные плиты низа (H) и верха (B) состыковывают, в них сверлят отверстия под штыри, в которые вставляют чистовые болты. Далее сверлят отверстия в верхней плите через отверстия нижней как по кондуктору. Монтаж моделей верха и низа ведут по отверстиям, для чего в них забивают штифты. Модель жестко крепится к плите с помощью болтов или винтов, при этом используется пружинная шайба.

Чаще всего в массовом производстве, когда изготавливают несколько дублеров, монтаж моделей выполняют с помощью кондукторов 2 (рис. 3.7), представляющих собой стальной лист толщиной 3... 5 мм с размерами модельной плиты в плане. В нем высверливают отверстия под штыри и вырезают окна по профилю проекции модели 1 на модельную плиту 3. Калибр поочередно, если проекции модели верха и низа одинаковые, устанавливают на модельные плиты верха и низа, в окна устанавливают модели, по моделям как по кондуктору. Сверлят в плитах отверстия и забивают в них штифты (рис. 3.7, б), затем крепят к плите с помощью болтов (винтов). Все элементы литниковой системы монтируют на модельной плите, после того как выполнен монтаж модели.

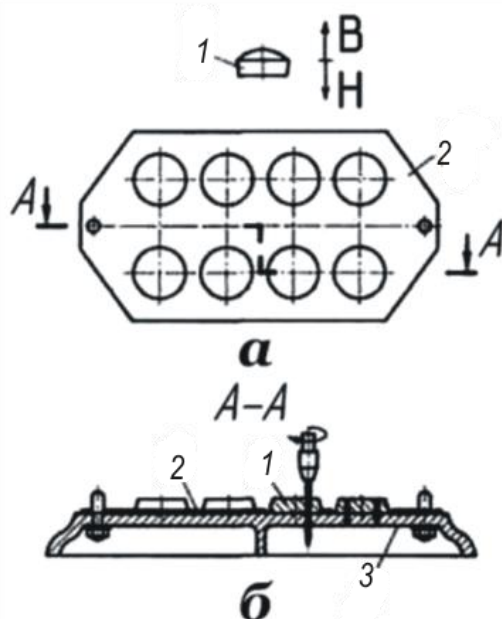


Рис. 3.7. Схема монтажа моделей с помощью кондуктора: а – кондуктор; б – сверление отверстия в модельной плите; 1 – модель; 2 – кондуктор; 3 – модельная плита; В, Н – верх и низ модели

Координатные плиты Координатными называются модельные плиты, имеющие на рабочей поверхности сетку отверстий для фиксации положения модельного комплекта. Координатные плиты получили распространение в мелкосерийном производстве, где частые смены плит с моделями вызывают большие простои машин.

Координатная плита с установленной на ней моделью показана на рис. 3.8. Расстояния между осями отверстий в зависимости от размеров плиты равны $50 \pm 0,1$; $100 \pm 0,1$ или $200 \pm 0,1$ мм. Для уменьшения ошибок расстояния между рядами отверстий следует показывать на чертеже от центрирующего штыря.

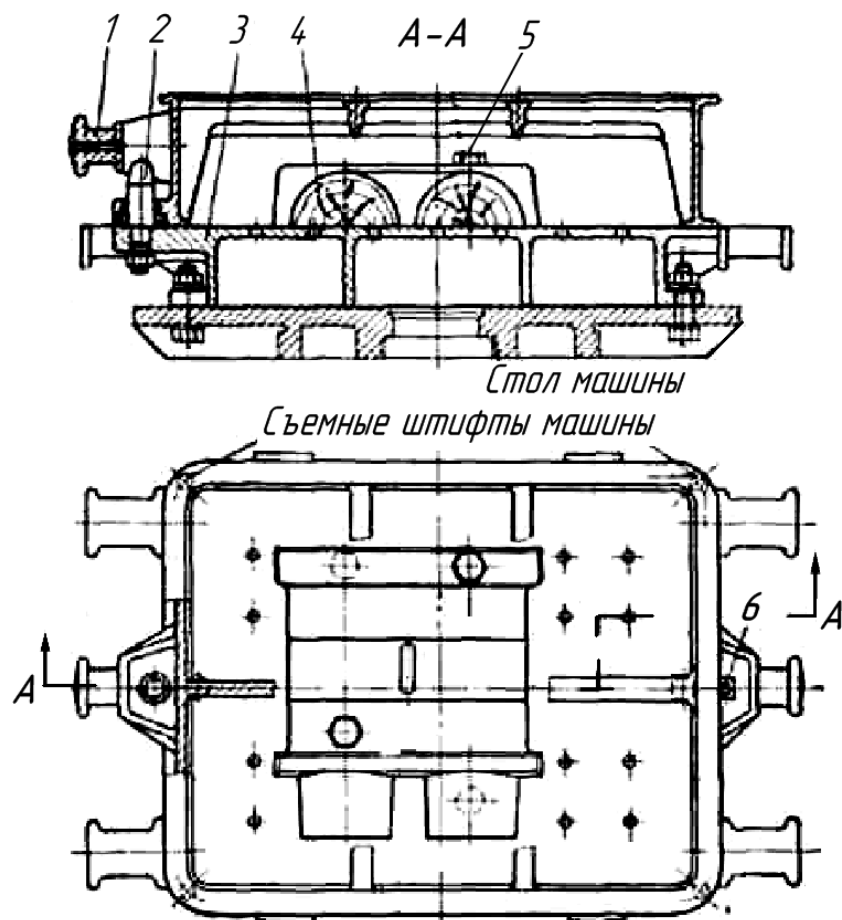


Рис. 3.8. Координатная плита с моделью и опокой:
 1 – опока; 2 – штырь центрирующий; 3 – координатная плита;
 4 – модель; 5 – крепежный болт; 6 – штырь направляющий

Небольшие модели могут закрепляться на координатной плите с помощью специальных нагелей; в индивидуальном производстве модели часто не закрепляются, а вынимаются из формы вручную. Закрепленная и незакрепленная модели показаны на рис. 3.9.

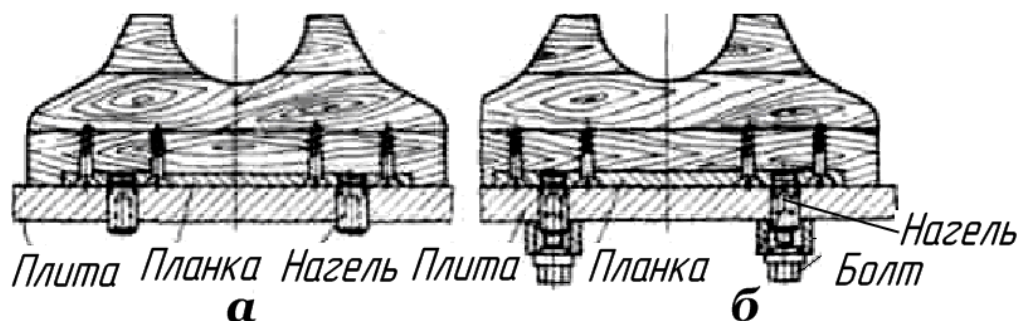


Рис. 3.9. Быстросменное крепление деревянных моделей
 к координатной плите: а – без закрепления; б – с закреплением

Модельные рамки. Модельная рамка в отличие от обычной модельной плиты имеет со стороны разъема внутреннюю полость, в которую может устанавливаться выполненная по размерам этой полости деревянная или металлическая модель (вкладыш) с любым контуром разъема. Модельные рамки, как и координатные плиты, позволяют быстро сменять модельный комплект, не снимая их с машины. Кроме того, модельные рамки с глубокой полостью разъема служат для формовки отливок с фигурным разъемом модели.

На рис. 3.10 показана стальная модельная рамка с отверстиями в углах для закрепления вкладыша болтами; для крепления опок к модельной рамке служат пластики под скобы, а для транспортировки — ушки специальной формы под установочные штыри.

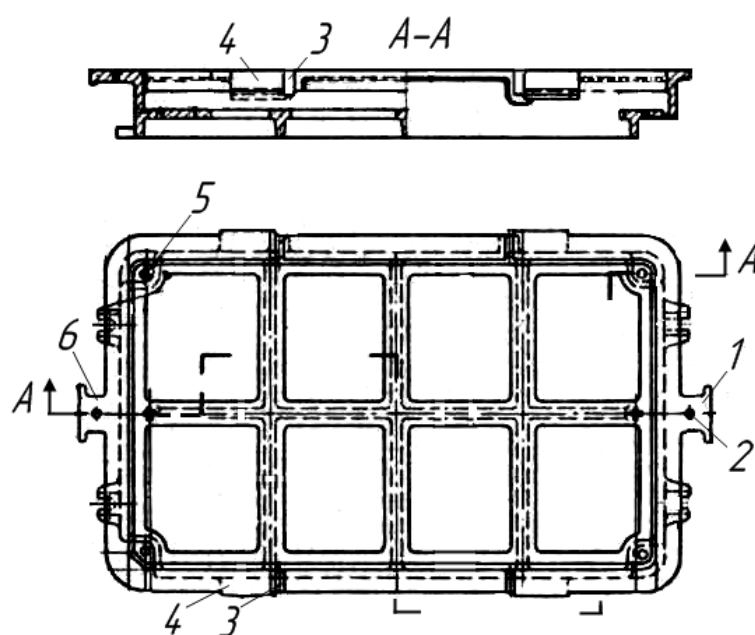


Рис 3.10. Стальная модельная рамка: 1 – ушко под центрирующий штырь и для транспортировки; 2 – отверстие под штырь; 3 – окно для установки модельного вкладыша; 4 – пластик крепежный; 5 – отверстие для закрепления вкладыша болтом; 6 – ушко под направляющий штырь

3.1.3. Стержневые ящики.

Полость стержневого ящика соответствует внешним очертаниям стержня со знаковыми частями. Исполнительные размеры полости ящика выполняются большими на величину усадки по сравнению с номинальными размерами отливки. Для свободного извлечения стержня из стержневого ящика на вертикальных поверхностях предусмотрены литейные уклоны. Важным элементом ящика определяющим его прочность, являются стенки. При выборе толщины стенок и других размеров

стержневого ящика исходят из среднего габаритного размера в соответствии с ГОСТ 13138 (таб. 3.4 и рис. 3.11). Для исключения быстрого износа плоскость разъема алюминиевых ящиков бронируют стальным листом толщиной 1,5...2,0 мм.

Таблица 3.4

Размеры конструктивных элементов стержневых ящиков

$(A + B)/2$ или D	t		E		H		h_1		r
	А1- сплавы	Чугун	А1- сплавы	Чугун	А1- сплавы	Чугун	А1- сплавы	Чугун	
До 160	8	6	18	16	12	8	20	10	5
Свыше 160 до 200	9		20	18	12	9	25	20	8
Свыше 200 до 250	10	8	22	20	12	10	32	25	
Свыше 250 до 320	11		25	22	14	12	40	32	12
Свыше 320 до 400	12	10	28	25	16	14	50	40	
Свыше 400 до 500	14		32	28	18	16	60	50	15
Свыше 500 до 630	16	12	36	32	20	18	80	60	
Свыше 630 до 800	18		40	36	22	20	100	80	

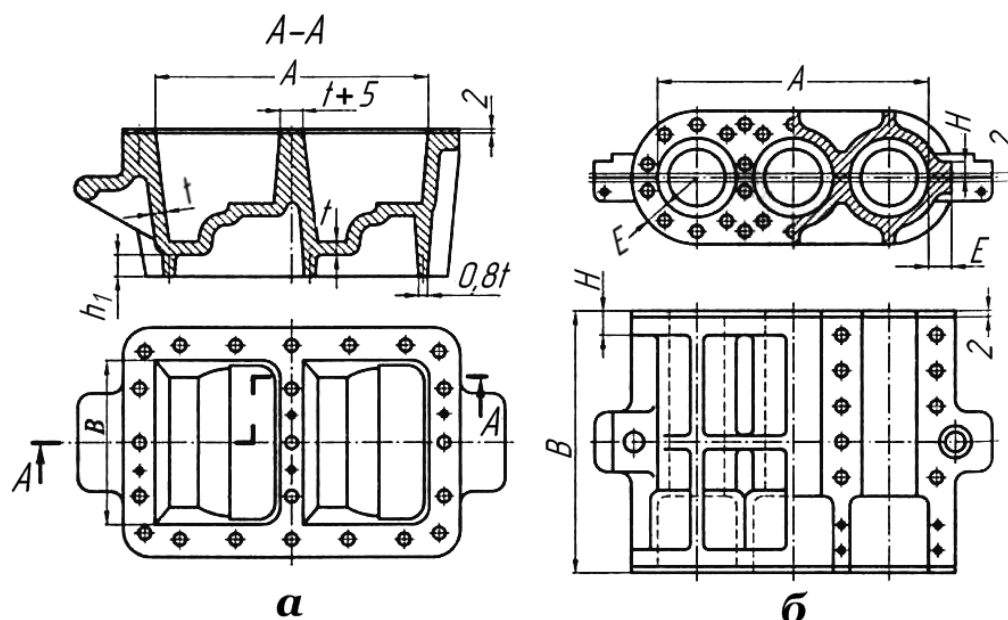


Рис. 3.11. Конструкция стержневого ящика открытого (а) и закрытого (б) типа:
 A , B , t , E , H , h_1 , – размеры конструктивных элементов (табл. 3.4)

Открытые ящики снабжены ручками, которые могут быть литыми (рис. 3.12, а) либо залитыми (рис. 3.12, б), или залитыми цапфами (рис. 3.12, в).

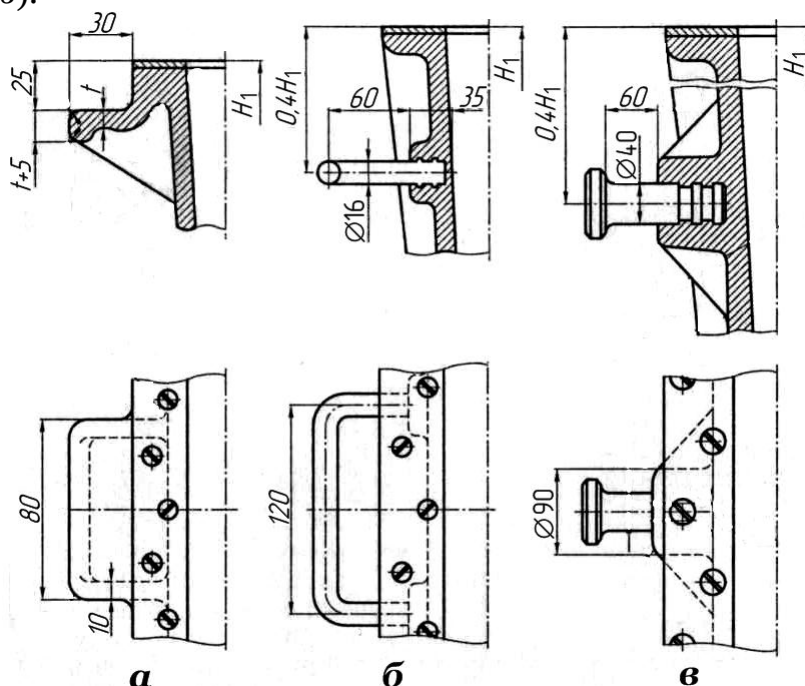


Рис. 3.12. Конструкция ручки для стержневых ящиков:
а – литая; б – залитая; в – залитая цапфа; t H_1 – размеры ящиков

Разъемные алюминиевые ящики должны иметь центрирующие штыри регулируемые (рис. 3.13, а, б) или нерегулируемые (рис. 3.13, в) и устройства для их крепления: откидной болт с гайкой-барашком (рис. 3.13, а), откидная скоба (кривошип) (рис. 3.13, б).

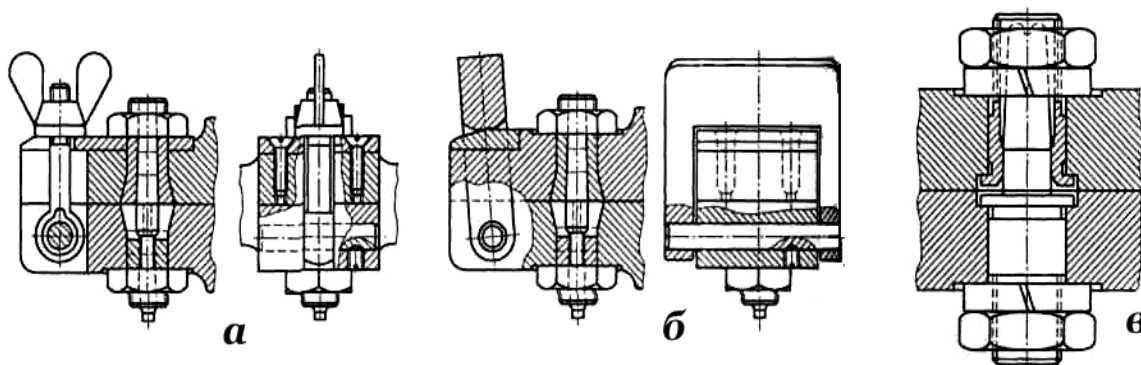


Рис. 3.13. Конструкция регулируемых (а, б) и нерегулируемых (в) центрирующих штырей с креплением половин ящика: а – гайкой-барашком; б – откидной скобой (кривошип); в – гайкой-барашком или откидной скобой

Стержневые ящики из алюминиевых сплавов (рис. 3.14) применяются для ручной и машинной формовки стержней, однако ящики для машинной формов-

ки упрочняются и дополняются приливами для крепления к столу машины.

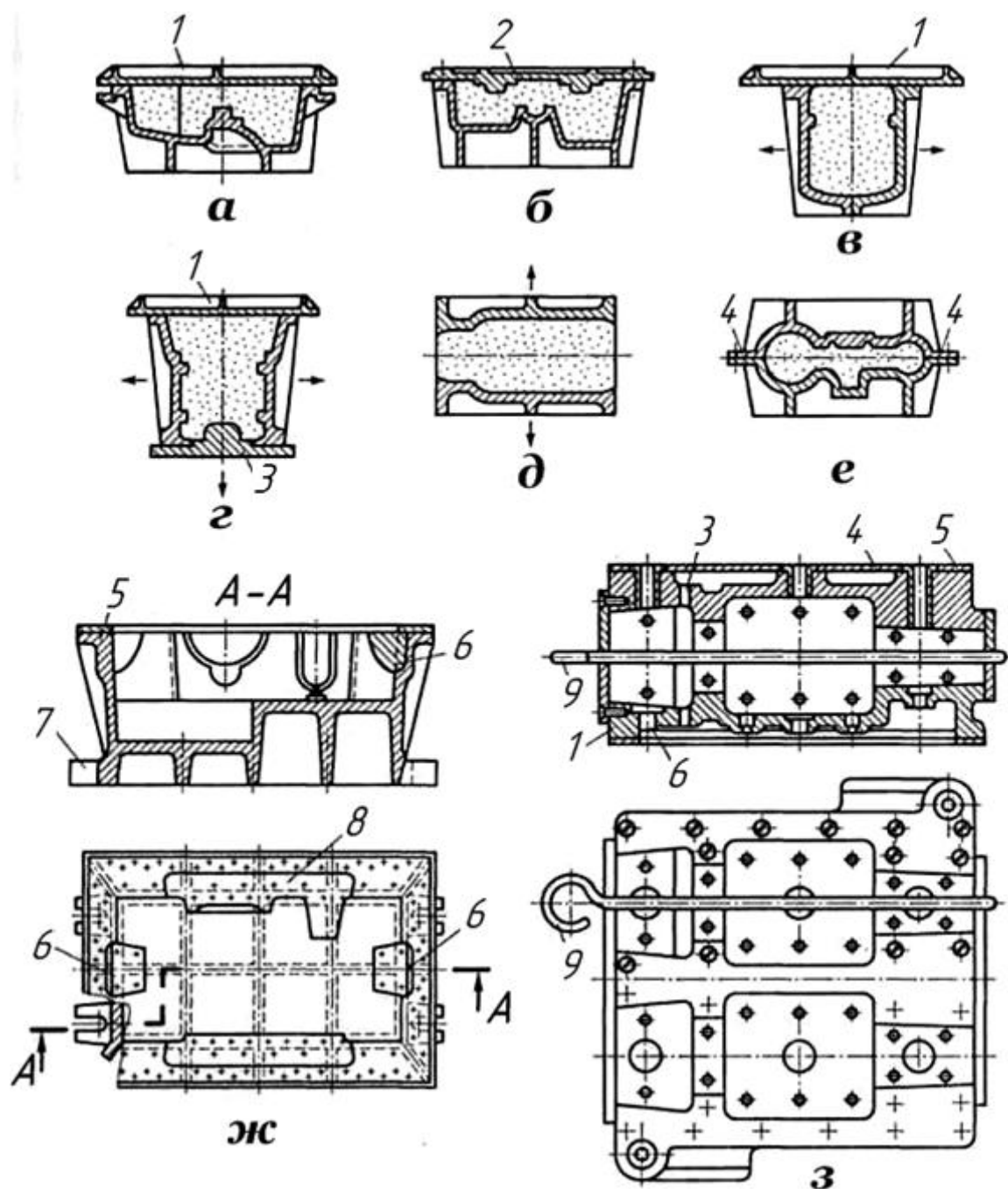


Рис. 3.14. Тип конструкции стержневого ящика из алюминиевого сплава: а – открытый; б – открытый с вкладышем; в – открытый с вертикальной плоскостью разреза; г – открытый с вкладышем в донной части; д – разъемный, открытый с торцов; е – глухой; ж – открытый с отъемной частью; з – закрытый для пескодувного уплотнения с вдувными отверстиями, вентилями; 1 – сушильная плита; 2, 3, 6, 8 – вкладыши; 4 – штырь; 5 – основной корпус ящика; 7 – приливы для крепления ящика; 9 – вентиляционная игла; стрелками на в, г, д показано направление разреза ящика

Для фасонных стержней применяют открытые ящики (рис. 3.14, а, б), открытые ящики с вертикальным разъемом (рис. 3.14, в). В некоторых случаях для открытых ящиков используют вкладыши 2 в плоскости уплотнения (рис. 3.14, б), которые запрессовываются в стержневую смесь после заполнения ящика. Для образования углублений в стержне открытые ящики с вертикальным разъемом делают с отъемным дном 3 в виде вкладыша (рис. 3.14, г). Ящики с горизонтальным разъемом уплотняют: открытый (рис. 3.14, д) – с торцов; глухой (рис. 3.14, е) – отдельно верхнюю и нижнюю половины с последующим их соединением по штырям 4. Открытый стержневой ящик из алюминиевого сплава (рис. 3.14, ж) может состоять из основного корпуса 5 и вкладышей 6 и 7.

Вкладыши соединяют с корпусом чаще всего с использованием «ласточкина хвоста». Конструктивной особенностью стержневого ящика, применяемого для пескодувно-прессового изготовления стержней, является наличие вент для выхода воздуха, попадающего в полость ящика вместе со смесью. Открытый ящик (рис. 3.14, а) прижимается к вдувной плите машины; во избежание прорыва смеси фланцы ящика должны иметь ширину 20...30 мм.

Типовая конструкция стержневого ящика, предназначенного для изготовления стержней на пескодувной машине, показана на рис. 3.15.

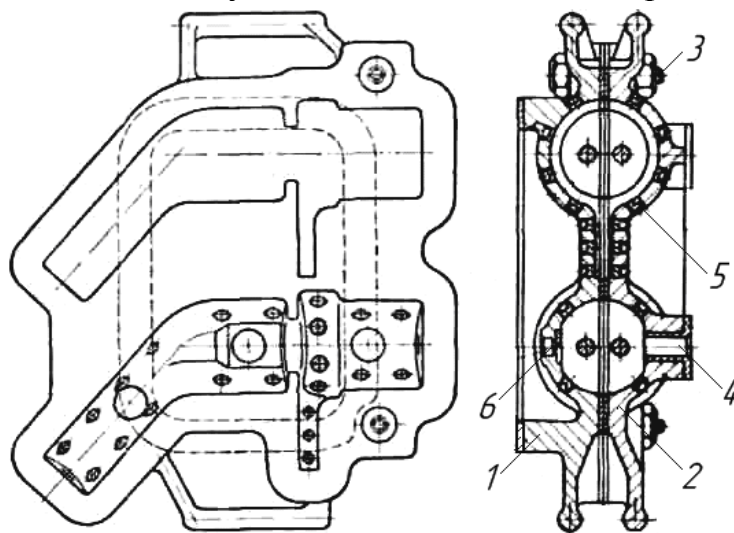


Рис. 3.15. Типовая конструкция стержневого ящика на пескодувную машину: 1 – нижняя половинка ящика; 2 – верхняя половинка ящика; 3 – направляющий штырь; 4 – втулка вдувная; 5 – вент; 6 – шайба бронирующая

Сохраняя общие элементы обычных конструкций, стержневые ящики

данного типа имеют вдувные отверстия (втулки) для прохождения в полость ящика стержневой смеси (рис. 3.16).

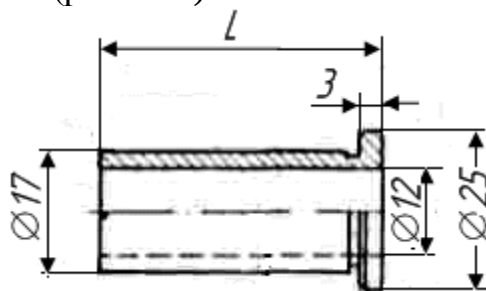


Рис. 3.16. Вдувная втулка стержневых ящиков для работы на пескодувных машинах: L – выбирается в зависимости от толщины стенки ящика

Для предохранения ящика от преждевременного истирания вдуваемой смесью против вдувных отверстий ставятся бронирующие шайбы, (рис.3.17).

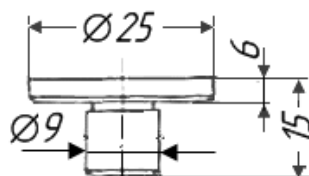


Рис. 3.17. Бронирующая шайба стержневых ящиков для работы на пескодувных машинах

На качество стержней, изготавливаемых пескодувным способом, значительное влияние оказывают расположение, число и площадь живого сечения вент – литых или механически обработанных (рис. 3.18 а) и составных (рис. 3.18, б) с сеткой для выхода воздуха.

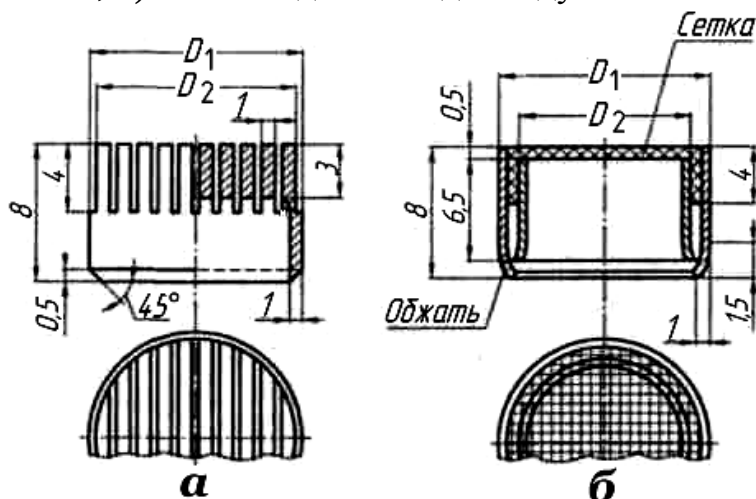


Рис. 3.18. Типы вент: а – литые с щелевыми прорезями; б – составные с сеткой; D_1 – посадочный диаметр; D_2 – конструктивный диаметр

Указанные ящики проектируются с несколько большим запасом прочности. Кроме того, в комплект стержневого ящика входит сменная плита, укрепляемая к бункеру пескодувной машины с вдувными отверстиями, расположение которых должно строго совпадать с расположением вдувных отверстий в верхней половине ящика.

При изготовлении стержней по нагреваемой оснастке стержневые ящики выполняют из чугуна. При этом, для извлечения стержня из ящика в обязательном порядке предусмотрены толкатели. Для получения пустотелых стержней ящики снабжают так называемыми «опустошителями» с автономным нагревом.

При изготовлении стержней по холодной оснастке с продувкой газобразным катализатором стержневые ящики могут изготавливаться из пластмассы и дерева. При этом стержневые ящики также могут иметь толкатели для извлечения готового стержня.

В технологии изготовления стержней с конвективной сушкой, когда упрочнение стержня происходит вне оснастки, необходимо использовать сушильные плиты. Для сушки стержней применяют плиты с простым и с фасонным разъемом, которые называются сушителями или драйерами.

Типовые конструкции сушителей представлены на рис. 3.19.

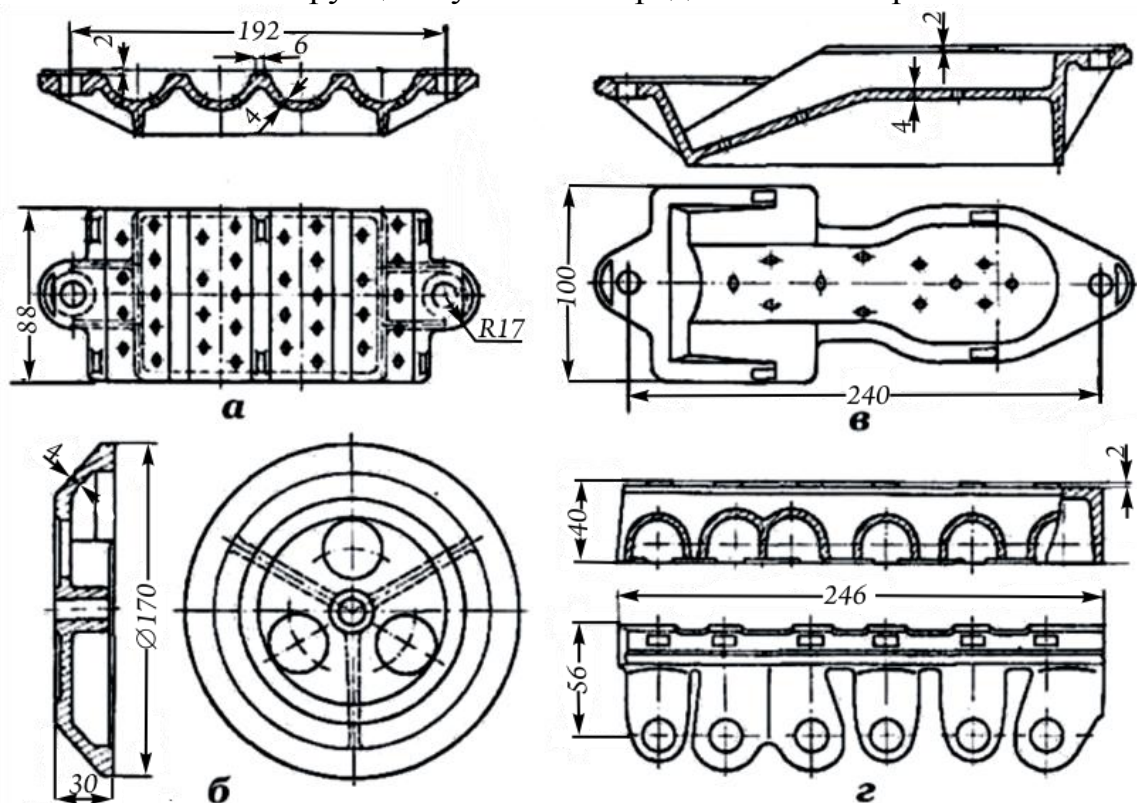


Рис. 3.19. Типовые конструкции сушителей: а – сушитель для сушки круглых стержней; б – сушитель-вставка в стержень; в – сушитель для сушки стержней с фасонным разъемом; г – сушитель – боковая вставка в стержень

Сушильные плиты изготавливаются сварной конструкции и литые — из алюминиевых сплавов или чугуна (рис. 3.20).

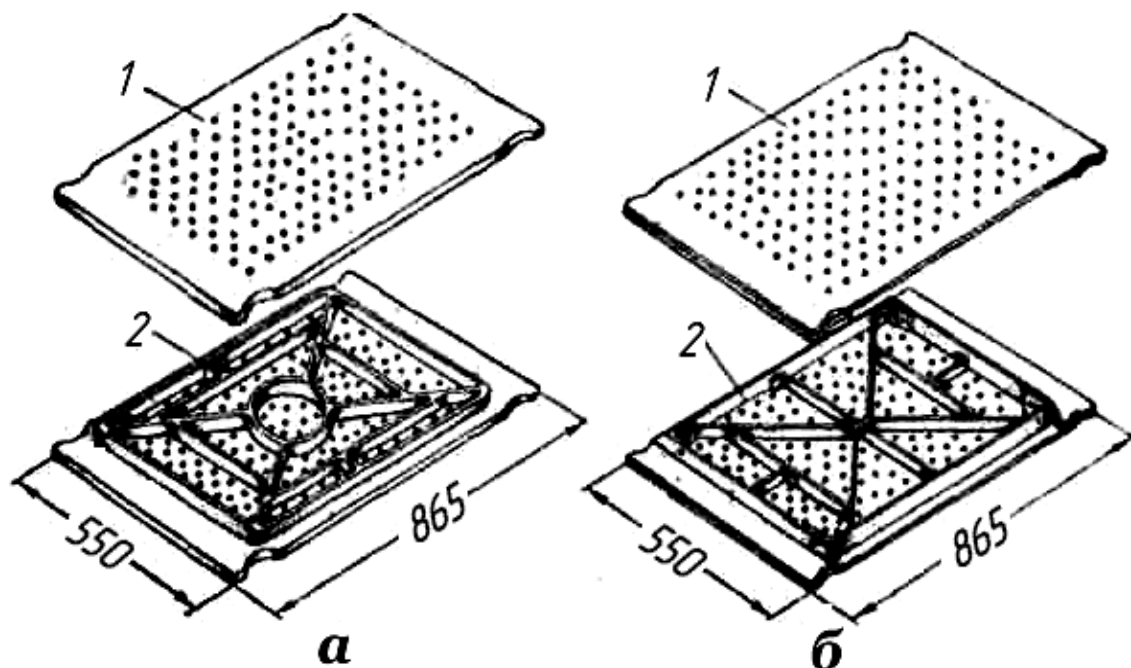


Рис. 3.20. Плоские сушильные плиты:
а — литая; б — сварная; 1 — вид сверху; 2 — вид снизу

Плоские плиты делаются преимущественно цельнолитыми из чугуна или алюминиевых сплавов. Из алюминиевых сплавов делаются преимущественно плиты размером до $1,0 \text{ м}^2$; большие плиты отливаются из чугуна. Мелкие плиты могут быть также сварными из листа и полосы толщиной 3–4 мм.

К мелким ручным алюминиевым плитам относятся плиты размером примерно $0,15\text{--}0,25 \text{ м}^2$, вес которых вместе со стержнем допускает переноску вручную одним или двумя рабочими.

Крановые алюминиевые сушильные плиты отличаются от ручных наличием мест для захвата чалочными цепями или канатами. К крановым относятся плиты, вес которых вместе со стержнем превышает 60 кг. В крановых чугунных плоских плитах для транспортировки можно применять залитые цапфы.

Заготовки для сушителей (драйеров) отливаются в песчаные формы, изготовленные на машинах по металлическим моделям, а также в полукокильные формы (с образованием рабочей поверхности сушиителя металлическим стержнем, укрепленным на поддоне). После опытных

отливок и доводки модели сушителя припуск на зачистку рабочей поверхности сушителя при пригонке по калибру не должен превышать 0,1 мм.

3.1.4. Опоки

Классификация и основные размеры опок. По материалу и способу изготовления опоки делятся на: цельнолитые из стали, чугуна и легких сплавов; сварные из стандартного и специального проката; сварные из литых стальных элементов; свертные из литых стальных и чугунных элементов.

По контуру в свету опоки могут быть прямоугольными, круглыми или фасонными; контур опоки определяется формой и размерами модели и технологическими условиями производства отливок.

По способу формовки и заливки опоки делятся: на парные опоки для машинной формовки; парные опоки для ручной и пескометной формовки; одиночные опоки для почвенной формовки.

Основные размеры. Опоки характеризуются тремя основными размерами: длиной L и шириной B в свету, определяемыми по внутреннему контуру опоки в плоскости разъема, и высотой H . В качестве основной расчетной величины для конструктивных элементов опок всех типов условно принимается средний габаритный размер, равный $(L+B)/2$, а для круглых опок – диаметру D в свету, также определяемому по внутреннему контуру опоки в плоскости разъема.

При проектировании опок необходимо учитывать требования ГОСТов 14973 ÷ 15022.

Цельнолитые опоки из стали и чугуна нашли наибольшее применение в промышленности. Стальные опоки более экономичны: они значительно долговечнее и легче чугунных.

Ручные парные опоки для машинной формовки. На рис. 3.21 даны в трех исполнениях элементы транспортировки и кантовки; выбор исполнения зависит от материала опоки, ее размеров и веса.

Так, например, залитые стальные скобы (исполнение II) применяются для легких опок, обслуживаемых одним человеком; залитые стальные ручки (исполнение I) применяются главным образом в чугунных опоках; цельнолитые ручки (исполнение III) применяются только в стальных опоках.

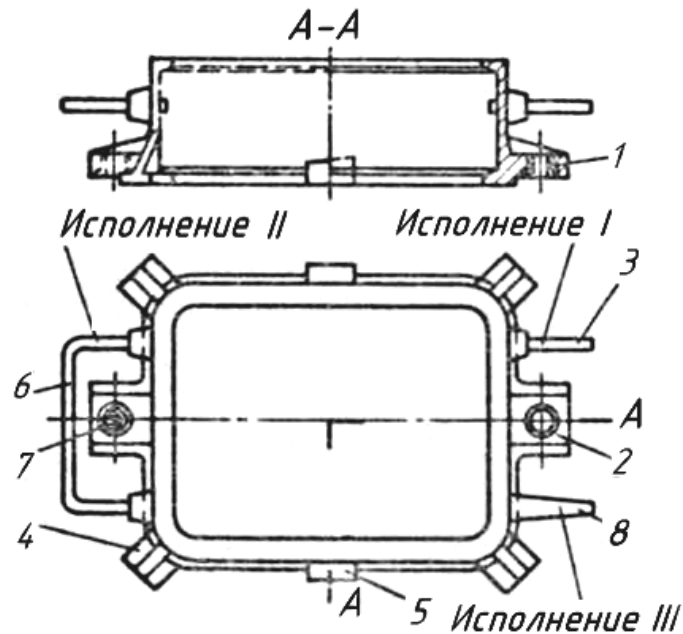


Рис. 3.21. Опока ручная парная для машинной формовки: 1 – втулка центрирующая; 2 – ушко под втулку; 3 – ручка залитая; 4 – пластик под снимающие штифты машины; 5 – пластик под скрепляющие скобы; 6 – скоба залитая; 7 – втулка направляющая; 8 – ручка цельнолитая

Комбинированные парные опоки для машинной формовки (рис. 3.22).

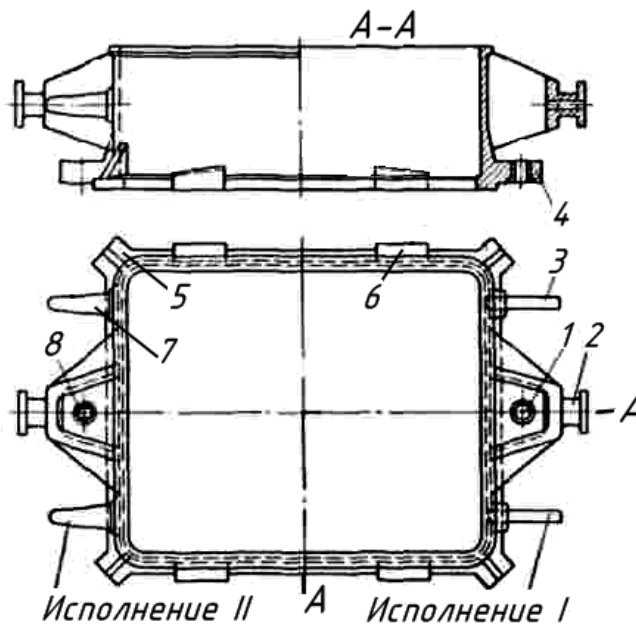


Рис. 3.22. Опока комбинированная парная: 1 – втулка центрирующая; 2 – цапфа сопряженная; 3 – ручка залитая; 4 – ушко под втулку; 5 – пластик под штифты машины; 6 – пластик под скрепляющие скобы; 7 – ручка цельнолитая; 8 – втулка направляющая

В отличие от ручных опок комбинированные парные опоки для машинной формовки имеют цапфы и ручки; ручки (цельнолитые или залитые) служат для транспортировки пустых опок вручную, а цапфы – для кантовки и транспортировки опок с землей.

Средние крановые парные опоки для машинной, ручной и пескометной формовки (рис. 3.23) имеют средний габаритный размер до 1500 мм включительно. Для транспортировки и кантовки этих опок служат цапфы, расположенные на торцовых стенках опоки. На рисунке цапфы показаны в двух исполнениях: для низких опок (исполнение II) и для высоких (исполнение I).

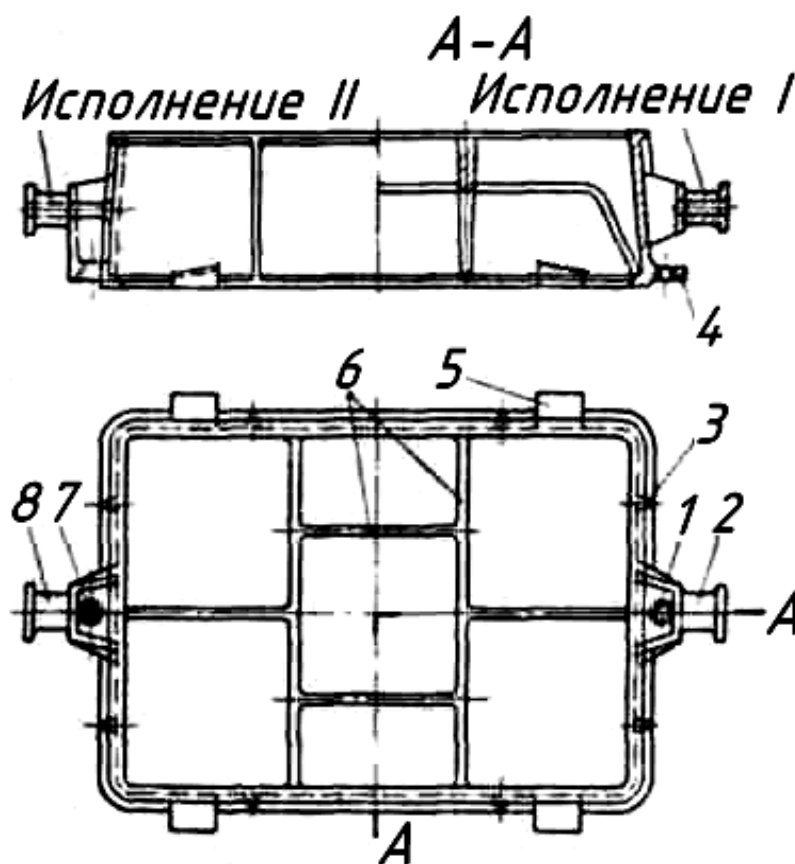


Рис. 3.23. Опока крановая средняя: 1 – втулка центрирующая; 2 и 8 – цапфы сопряженные; 3 – ребра; 4 – ушко под втулки; 5 – платик под скрепляющую скобу; 6 – ребра крестовины; 7 – втулка направляющая

Крупные крановые опоки (рис. 3.24) имеют средний габаритный размер более 1500 мм. Кроме кантовочных сопряженных цапф 1, расположенных на торцовых стенках, опоки имеют на боковых стенках залитые скобы 8 или цельнолитые калачи 7 (или цапфы). Эти элементы являются вспомогательными при кантовке опок и основными при сборке

форм. В чугунных опоках применяются только кованые залитые цапфы и скобы, в стальных — как залитые, так и цельнолитые цапфы и калачи.

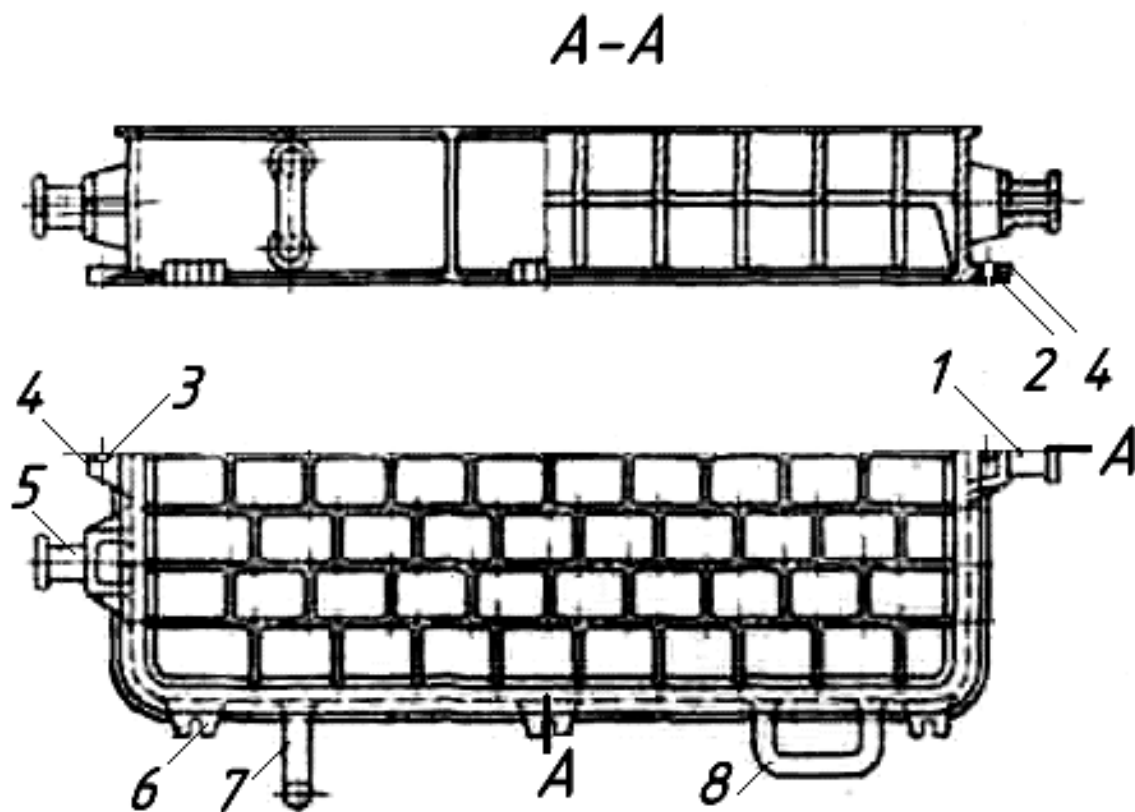


Рис. 3.24. Крупная крановая парная опока: 1 – цапфа сопряженная; 2 и 3 – втулки центрирующая и направляющая; 4 – ушки под втулки; 5 – цапфа свободная; 6 – ушки под крепящие штыри; 7 – калач цельнолитой; 8 – скоба залитая.

В некоторых опоках (например, в крупных чугунных) на торцовых стенках делаются по две цапфы 5, располагаемые по обе стороны от ушка с втулками (в чугунных опоках цапфы только залитые). Скрепление спариваемых опок производится штырями с клиньями или болтами с гайками через крепящие ушки 6 опоки.

Опоки для почвенной формовки отличаются от парных больших опок отсутствием крепящих платиков и ушек и элементов центрирования. Механической обработке не подвергаются.

Опоки для формовочных машин в целях максимального использования грузоподъемности машины должны иметь минимально возможный вес и внешние габариты. Размеры машинных опок выбираются с учетом технологических и технических данных формовочных машины (рис. 3.25).

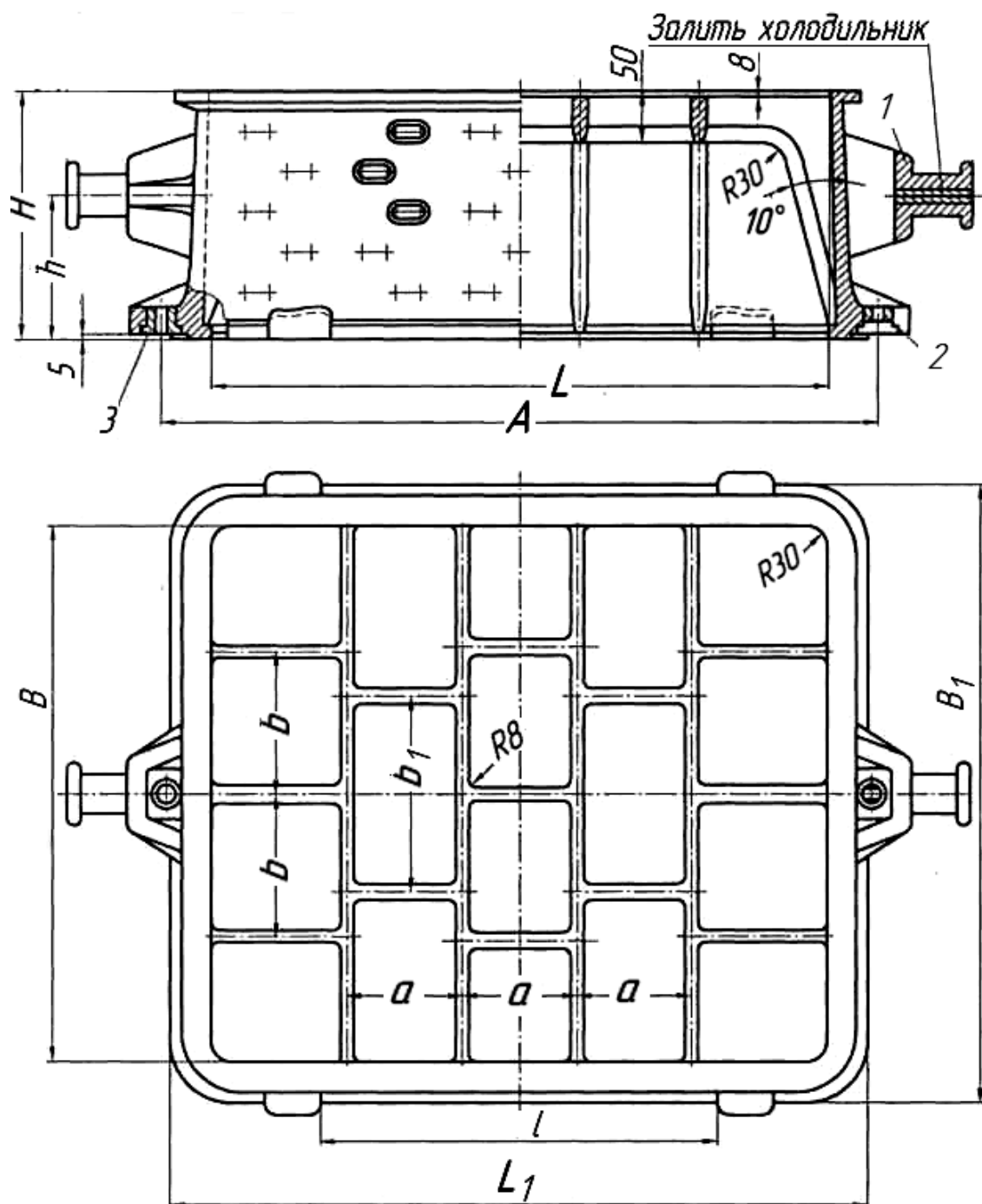


Рис. 3.25. Опoка для машинной формовки: 1 – цапфа; 2 – направляющая (прорезная) втулка; 3 – центрирующая втулка; L , B , H , A , L_1 , B_1 , l , a , b , b_1 , h – размеры опоки

Для лучшего удерживания смеси в крупных опоках предусмотрены взаимно-перпендикулярные перегородки (крестовины), не доходящие до модели минимум на 50 мм. В ушки опок запрессовывают центрирующие и направляющие прорезные втулки (рис. 3.25).

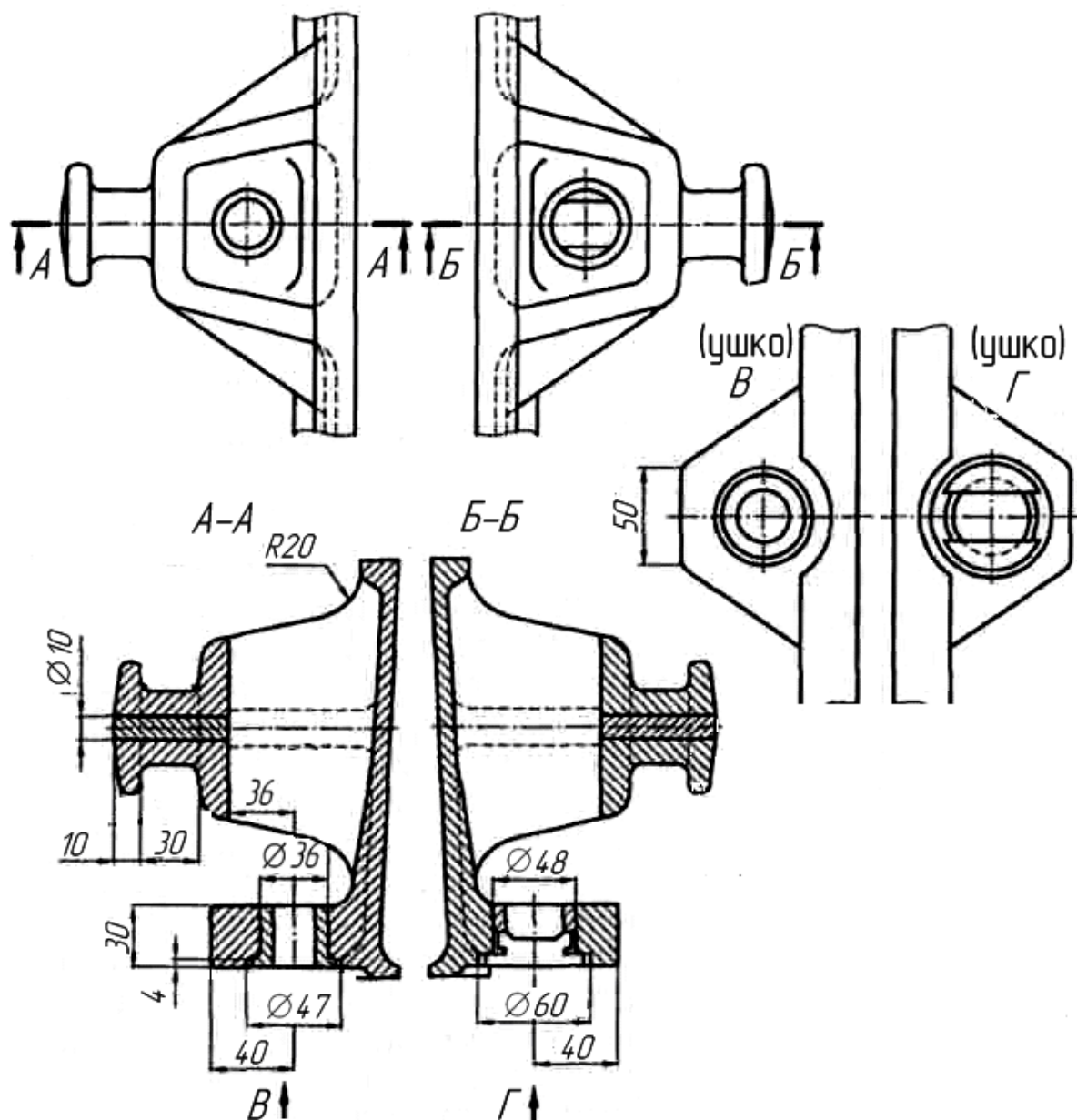


Рис. 3.26. Конструкции цапф, центрирующих и направляющих втулок

Использование прорезной втулки в опоке необходимо для того, чтобы нагретую теплом отливки опоку можно было установить на холодную модельную плиту. Если этого не предусмотреть, то возможно заклинивание опоки на штырях модельной плиты.

Скрепление опок при сборке чаще всего выполняют с помощью скоб, которые загоняют на фланцевые конические приливы, расположенные на большей стороне опоки. После этого сборочные штыри вынимают. На автоматических формовочных линиях центрирующий и направляющий штыри закреплены в верхних опоках.

Съемные и разъемные опоки (для безопочной формовки) Съемные опоки выполняются трех типов:

- цельнолитые из легких цветных сплавов;
- монтированные из легких цветных сплавов,
- деревянные.

Наиболее легкими, жесткими и долговечными, но и более дорогими и сложными в изготовлении являются цельнолитые опоки. Дешевые, простые в изготовлении, но менее долговечные деревянные опоки применяются лишь в мелкосерийном производстве. Плоскости набивки съемных опок всех типов в целях уменьшения износа армируются стальными пластинами толщиной 3 мм. Конструкция монтированной съемной опоки показана на рис 3.27. Размеры съемных монтированных опок выполняются в пределах $L = 400\text{--}500$ мм, $B = 250\text{--}350$ мм и $H = 90\text{--}175$ мм.

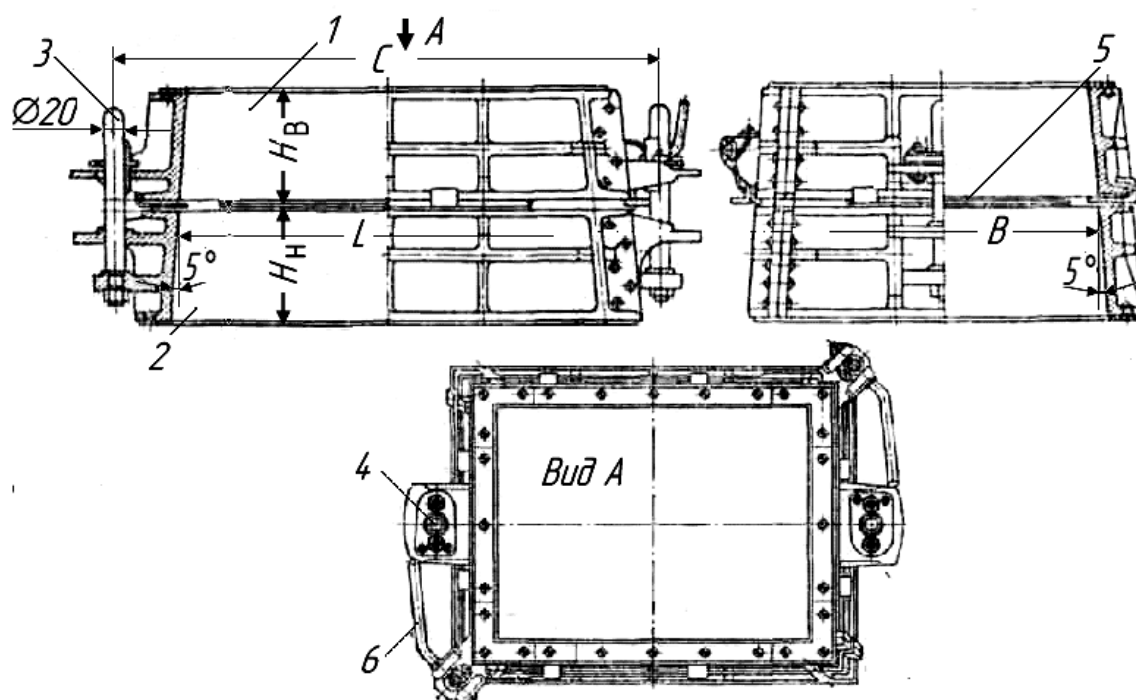


Рис. 3.27. Съемная монтированная опока для безопочной формовки: 1 – верхняя половина; 2 – нижняя половина; 3 – штырь; 4 – втулка; 5 – нож; 6 – рычаг ножа

В опоках этого типа, для поддержания набитой смеси при снятии верхней опоки с модельной плиты в двух расположенных по диагонали ее углах монтируются специальные механизмы, приводящие в движение бронзовые угольники-ножи (рис. 3.28).

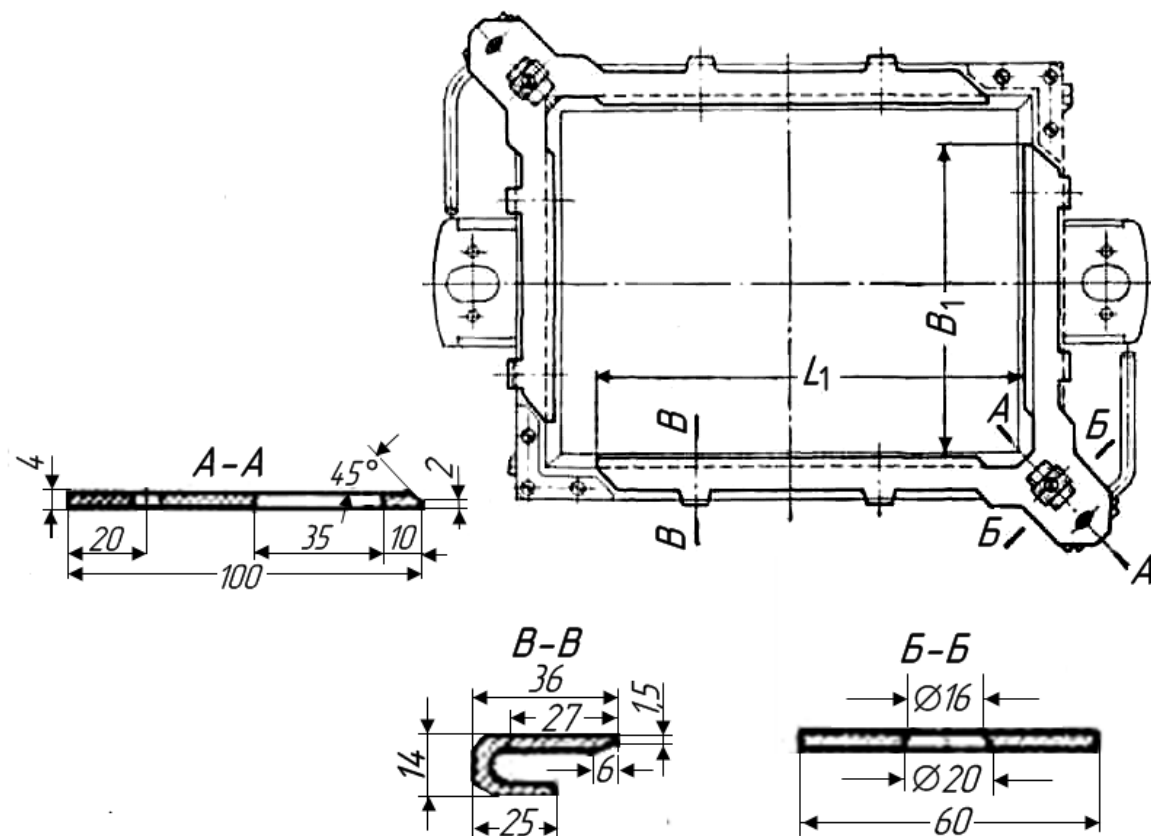


Рис. 3.28. Угольники-ножи съемной монтированной опоки для безопочной формовки

Центрирование съемных опок производится по двум точкам, расположенным на торцовых стенках по оси симметрии опоки штырями и втулками. Штыри диаметром 20 мм или 16 мм закрепляются в ушках нижней опоки. В ушках верхней опоки закрепляются закаленные направляющие втулки.

Разъемные опоки выполняются цельнолитыми из легких цветных сплавов или деревянные. При массовом производстве рациональнее применять литые опоки, как более прочные и долговечные.

Разъемные опоки требуют более частого ремонта, чем съемные, из-за быстрого износа шарниров и запора от попадающего в них песка.

Разъемные опоки делятся по диагонали на две части, вращающиеся относительно вертикальной оси шарнирной петли, привернутой винтами с внешней стороны одного из углов опоки. В противоположащем по диагонали углу привернут специальный запор-защелка, скрепляющий при закрывании обе части опоки. Для поддержания набитой смеси при снятии верхней опоки

с модельной плиты на внутренних поверхностях стенок выполняются горизонтальные желобки (в деревянных опоках) или буртики (в литых опоках).

Центрирование разъемных опок производится по двум точкам, расположенным на торцовых стенках по оси симметрии опоки штырями и втулками. Штыри диаметром 20 мм или 16 мм закрепляются в ушках нижней опоки. В ушках верхней опоки закрепляются закаленные направляющие втулки.

Технические требования на опоки. Стальные опоки перед механической обработкой подвергаются термообработке. Залитые элементы транспортировки и кантовки опок (цапфы, ручки, скобы) должны обеспечивать надежное соединение с основным металлом на всю длину их заделки.

Опоки для машинной, пескометной и ручной формовки, имеющие одни и те же размеры в свету, должны быть взаимозаменяемыми. На двух противоположных стенках каждой опоки должны быть нанесены размеры в свету и высота опоки (например, 1500 x 1000 x 500).

Отклонение от плоскостности поверхности разъема не должно превышать 0,5 мм для опок длиной до 1500 мм, 1,0 мм при длине свыше 1500 мм и 2,0 мм при длине свыше 3000 мм.

Отклонение от перпендикулярности осей центрирующих отверстий к плоскости разъема опок не должно превышать 0,1 мм на длине 200 мм при среднем габаритном размере до 1500 мм и 0,1 мм на длине 100 мм при среднем габаритном размере свыше 1500 мм.

Отклонение от параллельности плоскостей разъема и набивки не должно превышать 0,4 мм на длине 1000 мм.

Стенки опоки для ручной и машинной формовки должны иметь отверстия, для облегчения выхода газов после заливки формы металлом.

3.1.5. Прочий инструмент и приспособления

В комплект модельно-опочной оснастки, кроме моделей, модельных плит, стержневых ящиков и опок, входят подопочные плиты, наполнительные рамки, жакеты, шаблоны и другие приспособления.

Жакеты для безопочной формовки, надеваемые на безопочные формы, изготовленные в съемных опоках для предохранения их от разрушения при заливке, выполняются двух типов:

– пружинными, состоящие из четырех боковин, подвижно соединенных в углах болтами с пружинами, боковины отливаются из чугуна (ковкого, серого) или алюминиевого сплава;

– жесткими, сварными из листовой стали.

Пружинные жакеты, изготовление которых сложнее и дороже сварных, более рациональны, так как обеспечивают плотное прилегание боковин к поверхности формы. Конструкции жакетов даны на рис. 3.29 *а* и *б*.

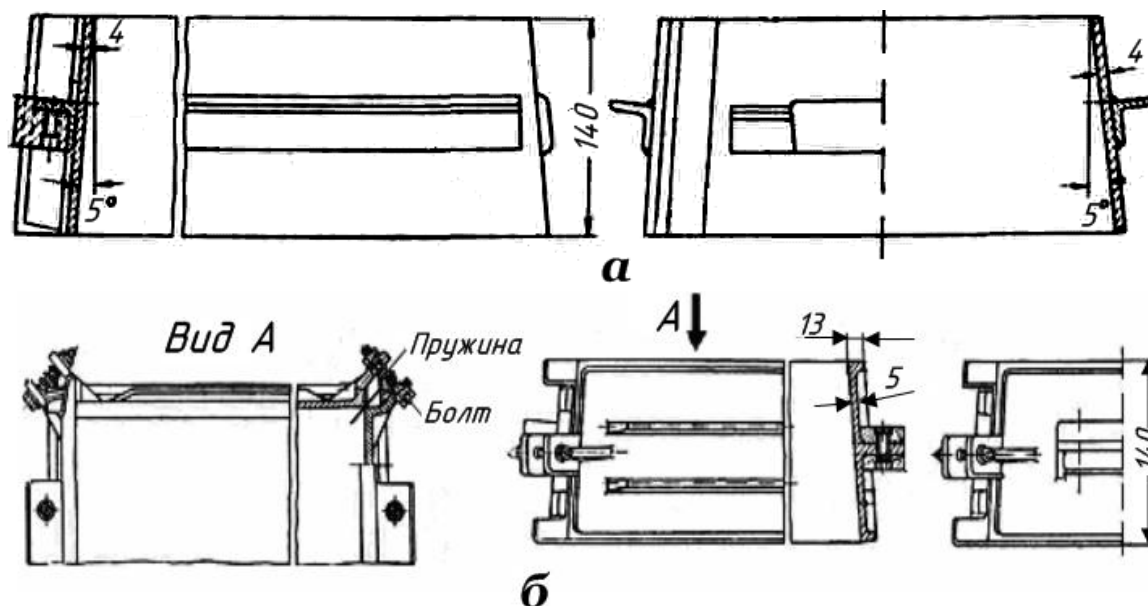


Рис. 3.29. Жакеты: *а* – сварной жакет для безопочной формовки;
б – пружинный жакет для безопочной формовки

Подопочные плиты (щитки), на которые устанавливают формы, изготовляют максимально легкими и достаточно жесткими (рис 3.30).

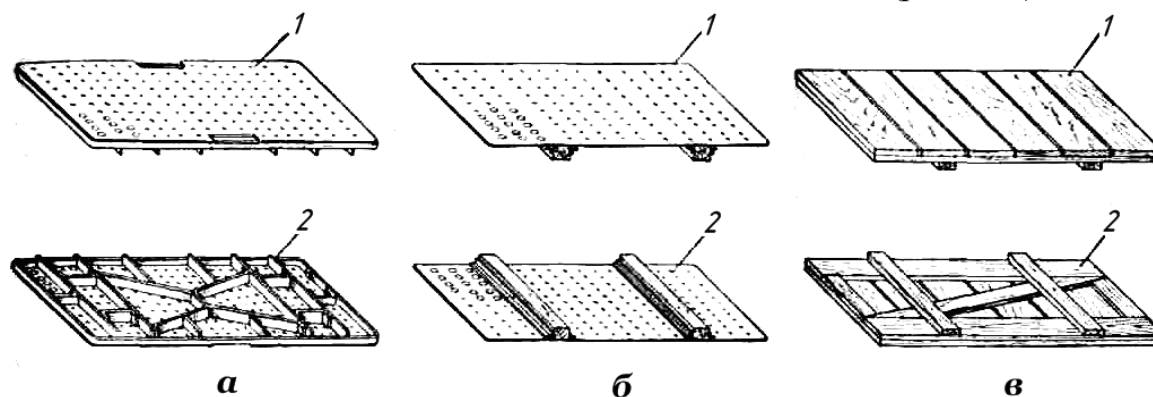


Рис. 3.30. Подопочные плиты: *а* – сварная металлическая; *б* – металлическая с деревянными полозьями; *в* – деревянная (щиток); 1 – вид сверху; 2 – вид снизу

Для обеспечения необходимой жесткости плита снабжается реберной сеткой. Подопочные плиты для опочной и безопочной формовки выполняются: деревянными из досок толщиной 20–30 мм, скрепленных двумя по-

перечными досками; литыми из сплавов алюминия, чугуна и стали; сварными из листовой и полосовой стали

Размеры в плане принимаются по наружным габаритам опок с напуском 20–30 мм на сторону. В плитах, скрепляемых перед поворотом со столом машины, в местах расположения зажимов выполняются специальные приливы. Для предотвращения коробления металлических плит в них выполняются ребра жесткости. Рабочие плоскости плит (установки опоки и скольжения) должны быть ровными и параллельными друг другу, что достигается механической обработкой или правкой. В плоскости установки форм, а также в боковых ребрах выполняются отверстия для выхода газов, выделяющихся при заливке.

Вентиляционные плиты и приспособления. Для выполнения в стержне вентиляционных каналов применяют вентиляционные плиты. Вентиляционные каналы в стержне всегда должны быть расположены вполне определенно, особенно, если они являются частью общей вентиляционной системы. Несовпадение каналов одного стержня с каналами других стержней или формы нарушает действие всей вентиляционной системы формы. Поэтому каждая вентиляционная плита должна соответствующим образом центрироваться на стержневом ящике с помощью втулок, запрессованных в стержневом ящике, и штырей, закрепленных в плите.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве вентиляцию стержней осуществляют при помощи стального прутка со слегка заостренным концом (душника), которым производят накалывание стержня. Душники можно заранее закладывать в стержневой ящик при набивке стержня (рис. 3.31).

В крупносерийном и массовом производстве вентиляция стержней производится с помощью вентиляционных плит, размеры и форма которых определяются размерами и формой стержневых ящиков.

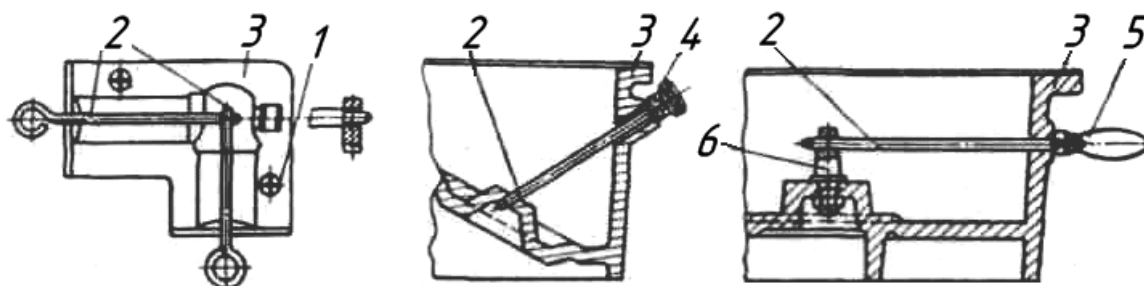


Рис. 3.31. Схема установки душников в металлических стержневых ящиках: 1 – штырь; 2 – душник; 3 – стержневой ящик; 4 – гайка; 5 – ручка; 6 – подставка

На рис.3.32 приведена конструкция вентиляционной плиты с рас-

положенными на ее рабочей поверхности вентиляционными каналами и вмонтированными душиковыми иглами.

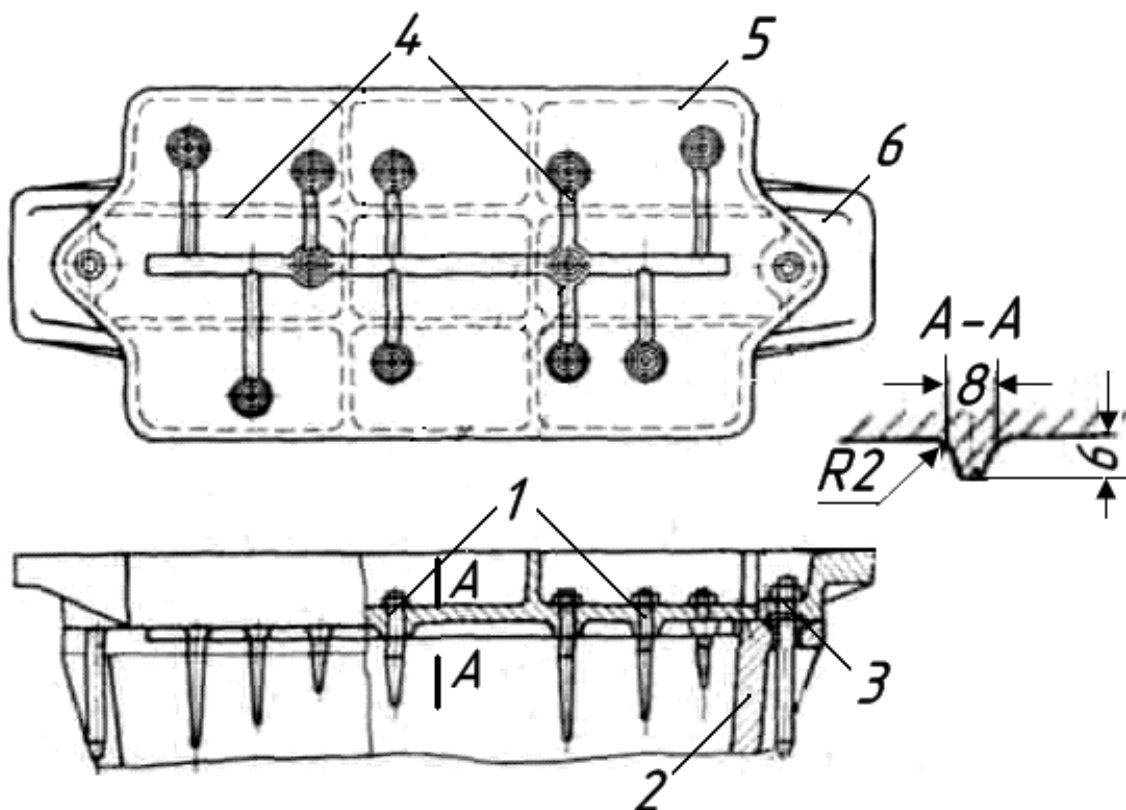


Рис. 3.32. Вентиляционная плита с душиковыми иглами: 1 – душиковые иглы; 2 – стержневой ящик; 3 – направляющая втулка со штырем; 4 – ребра на плите, выполняющие вентиляционные каналы; 5 – вентиляционная плита; 6 – ушко

Для точного расположения вентиляционных каналов в стержне плита надевается на стержневой ящик по вмонтированным в нее направляющим штырям. Для плит без душиковых игл штыри можно ставить в стержневом ящике, но так, чтобы они не мешали удалению излишков смеси линейкой.

В разъемных ящиках в качестве направляющих штырей для вентиляционной плиты можно использовать штыри, предназначенные для соединения половинок ящика.

Шаблоны. Шаблонами называют приспособления, которыми проверяют размеры и конфигурацию литейной формы, стержней, а также правильность положения стержней в форме при сборке.

Необходимость такой проверки установлена технологическим процессом изготовления отливки для того, чтобы предотвратить ошибки, вызываемые деформацией форм и стержней при набивке, осадке и теп-

ловой сушке. Устранение погрешностей и неточностей в форме и стержнях сокращает пригоночные операции при сборке и способствует выпуску точных отливок.

Шаблоны, применяемые в литейном производстве, выполняют предельными, т. е. такими, у которых проверяемый размер лежит в пределах поля допускаемых отклонений, не выходя за его верхний и нижний пределы.

Шаблоны при отливках мелкосерийного и индивидуального производства делают из дерева (рис. 3.33, б) и многослойной фанеры, а шаблоны для проверки форм и стержней отливок массового и крупносерийного выпуска изготавливают металлическими – литыми (рис. 3.33, в) и из листовой стали.

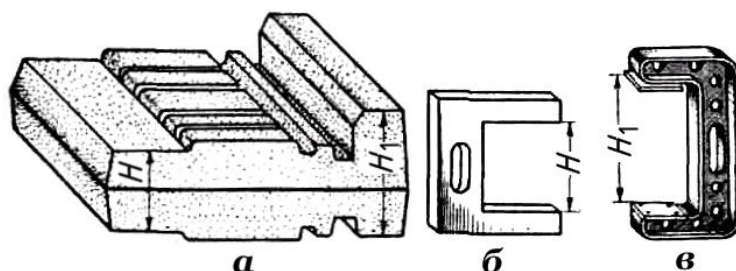


Рис. 3.33. Предельные шаблоны для проверки высоты (с плюсовым допуском) спариваемого стержня: а – спариваемый стержень, б – деревянный шаблон, в – шаблон, отлитый из алюминия

Шаблоны должны иметь правильно выбранную установочную базу, быть простыми и удобными в работе и контролировать один, реже – несколько размеров. В стержневых отделениях широко распространены шаблоны в виде скоб, применяемые для проверки высоты стержня, собираемого из двух сухих половин. На рис. 3.34 показаны некоторые типы шаблонов для стержней.

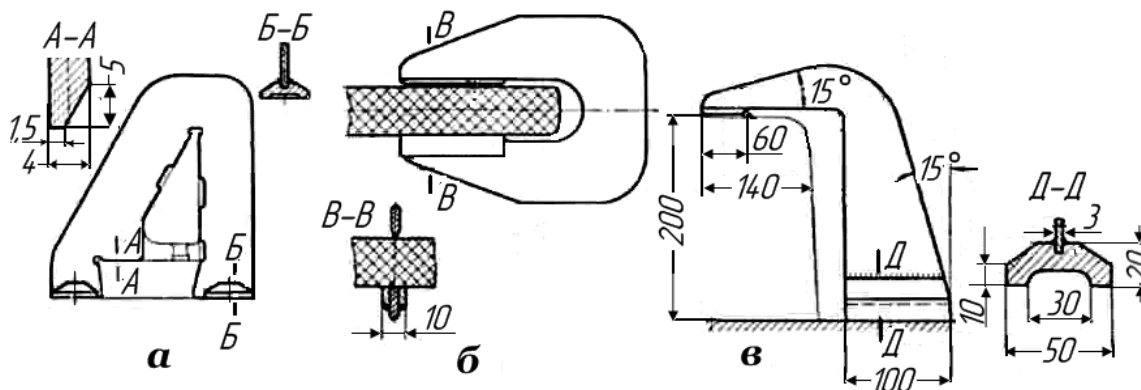


Рис. 3.34. Типы шаблонов для проверки стержней:
а – для проверки полного профиля стержня; б – для проверки стержня по толщине;
в – для проверки стержня по высоте

В массовом и крупносерийном производстве применяют шаблоны, которые, кроме проверки размеров, используют для доводки стержня под размер.

Приспособление для строжки и соединения стержней. При транспортировке в сыром виде и в процессе сушки стержни деформируются. Поэтому при требовании повышенной точности необходимо подвергать их после сушки дополнительной обработке — доводке, которая заключается в сострагивании стержня до нужных размеров в специальном приспособлении – кондукторе. При изготовлении стержня предусматривается для доводки припуск от 1 до 3 мм (в зависимости от размера стержня и его конфигурации). Кондукторы делаются из чугуна или алюминиевых сплавов. В условиях массового производства применяются кондукторы жёсткого коробчатого типа, причём строжка разных плоскостей производится в разных кондукторах.

В серийном производстве кондукторы делаются обычно открытыми, и в них строгаются по несколько плоскостей. На рис. 3.35 показан коробчатый кондуктор для строжки стержней вручную, а на рис. 3.36 – кондуктор для строжки двух плоскостей.

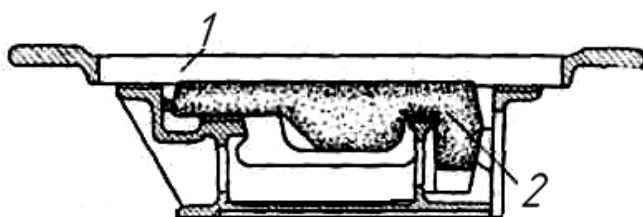


Рис. 3.35. Коробчатый кондуктор с ножом для строжки стержней вручную: 1 – нож для строжки; 2 – стержень

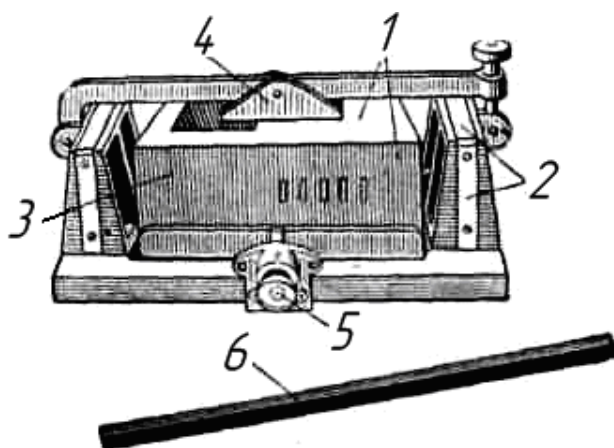


Рис. 3.36. Кондуктор, открытый для строжки стержней в двух плоскостях: 1 – плоскости строжки; 2 – направляющие планки; 3 – стержень; 4 – зажим верхний; 5 – зажим боковой; 6 – нож для строжки

Стержень, заложенный в приспособление, должен быть ориентирован в трёх направлениях. Поверхность, на которую стержень укладывается в кондуктор, называется установочной (базисной). Поверхность, к которой стержень прилегает длинной своей частью, называется направляющей и поверхность, к которой стержень прижимается под действием режущего инструмента (ножа или абразива), называется упорной. Последние две поверхности называют ещё ориентировочными. Расположение базисных поверхностей должно быть таким, чтобы стержень был поддержан в направлении действия режущего инструмента.

В кондукторе стержень закрепляется зажимами. Конструкции зажимов даны на рис. 3.37.

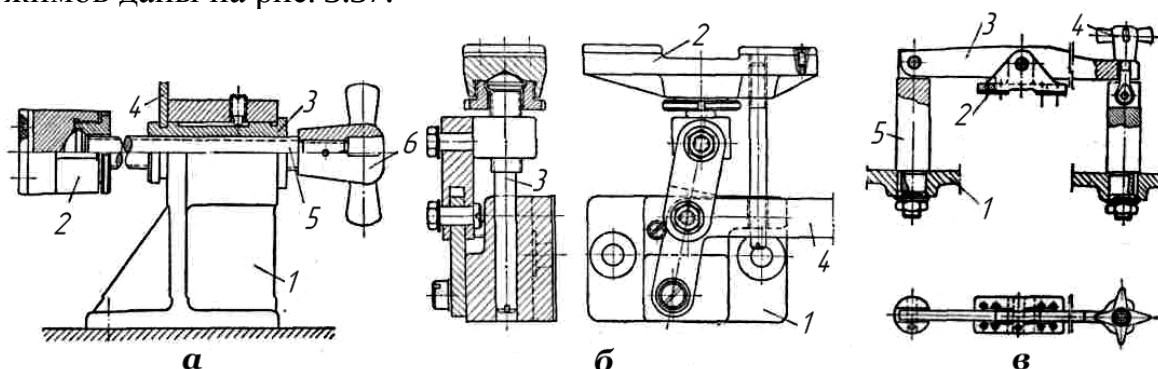


Рис. 3.37. Типовые конструкции зажимов для закрепления стержней в кондукторах для строжки: а – зажим боковой винтовой: 1 – кронштейн; 2 – колодка; 3 – втулка; 4 – крючок; 5 – ось; 6 – рукоятка; б – зажим боковой рычажный: 1 – опора; 2 – колодка; 3 – ось; 4 – рычаг; в – зажим верхний откидной: 1 – плита; 2 – колодка; 3 – рычаг; 4 – рукоятка; 5 – стойка

Кондукторы для строжки массивных стержней, которые не перемещаются под действием режущего инструмента, могут изготавливаться без зажимов. Базисные и ориентировочные поверхности кондуктора должны быть покрыты стальными пластинами толщиной 3–5 мм. При зачистке стержня вручную стальными пластинами покрываются плоскости кондуктора, по которым перемещается нож. При зачистке на плоскошлифовальном станке (наждаком) защитные пластины на кондуктор не ставятся. Высота зачистки устанавливается подъёмом головки. На рис. 3.38 приведены конструкции ножей для ручной зачистки.

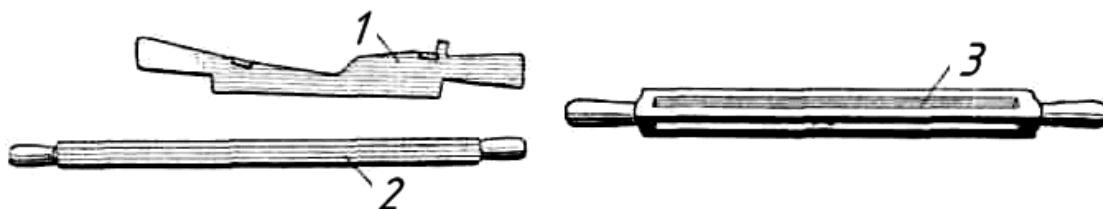


Рис. 3.38. Ножи для зачистки стержней в приспособлениях: 1 – нож-шаблон с фасонной плоскостью строжки; 2 – четырёхгранный нож; 3 – трёхгранный нож

Шаблоны, применяемые при сборке формы, делят:

- шаблоны, проверяющие только высоту стержня в форме по вертикали от одной из ее горизонтальных базовых поверхностей или от разъема формы, они чаще всего имеют форму скобы;

- шаблоны, проверяющие положение стержня от одной из вертикальных базовых поверхностей по горизонтали, а также толщину стенок между вертикальными поверхностями стержней и стержня с формой, они имеют вид щупа;

- шаблоны, проверяющие правильность положения стержня в форме одновременно в вертикальном и горизонтальном положениях, такие шаблоны сложны по конструкции, их изготавливают металлическими и базируют от главного базового размера – отверстий центрирования в ушках опок.

Изготовление таких шаблонов целесообразно для массового и крупносерийного производства.

ГЛАВА 4

ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СМЕСИ

Материалы, которые используются для изготовления литейных форм, называют формовочными. К основным формовочным материалам относят формовочные пески (огнеупорная составляющая), связующие и специальные добавки. При их смешивании по заданной технологии получают формовочные и стержневые смеси. Иногда их объединяют общим названием «формовочные смеси».

4.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ФОРМОВОЧНЫМ СМЕСЯМ И ФОРМАМ

Формовочные смеси и формы испытывают совместные механическое, тепловое и химическое воздействия заливаемого сплава, и к ним предъявляются требования по многим критериям, рассмотренным далее.

Огнеупорность – способность формовочных смесей выдерживать высокие температуры, сохраняя целостность формы.

При выборе формовочных смесей учитывают температуру заливки сплава. Это особенно важно при изготовлении крупных толстостенных отливок, для которых время воздействия жидкого металла на форму возрастает. Температура поверхности формы при этом достигает температуры заливки металла, что может привести к оплавлению, спеканию формовочной смеси. Температуры плавления некоторых сплавов и огнеупорность формовочных смесей для них приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Огнеупорность формовочных материалов с учетом температуры плавления заливаемых сплавов

Сплав, марка	Температура плавления сплава, °С	Огнеупорность, °С
Сталь, 35Л	1500	1700
Чугун, СЧ20	1170	1500
Бронза	1080	1200
Алюминиевый	600	800... 1000

Прочность – способность форм (стержней) противостоять внешнему воздействию без разрушения и без изменения геометрических параметров. Требования к прочности смесей меняются в процессе изготовления отливки. Прочность должна быть достаточной, чтобы

обеспечить целостность формы при протяжке, перемещении ее на конвейере, где возможны соударения, а также при заливке, чтобы противостоять статическому и динамическому давлению и тепловому воздействию жидкого металла.

Значения прочности формовочных смесей при сжатии для сырых форм находятся в пределах $\sigma_w = 0,05 \dots 0,2 \text{ Н/мм}^2$, в том числе для ручной формовки – до $0,05 \text{ Н/мм}^2$, для машинной – от $0,05$ до $0,1 \text{ Н/мм}^2$ и для автоматизированных формовочных линий – от $0,1$ до $0,2 \text{ Н/мм}^2$.

Для изготовления крупных отливок характерно существенное повышение металлостатического давления и теплового воздействия на форму, поэтому для исключения подутия отливок необходима либо поверхностная сушка формы (подсушенные формы), либо сушка на всю толщину формы (сухие формы). Прочность формы при этом повышается. Для обеспечения заданных геометрической точности и точности размеров отливок рекомендуется выбирать формы с учетом массы отливок: для отливок массой до 1 т используют сырые формы, отливки массой от 1 до 2 т изготавливают в подсушенных формах, а отливки свыше 2 т – в сухих формах.

Прочность смесей для стержней после теплового или химического упрочнения достигает $\sigma_p = 1 \dots 3 \text{ Н/мм}^2$, при этом прочность смесей при сжатии для стержней в неупрочненном состоянии является низкой ($0,005 \text{ Н/мм}^2$).

В процессе затвердевания и охлаждения отливки форма и стержень должны иметь хорошую податливость для предотвращения горячих и холодных трещин в отливках.

Во время выбивки необходимо обеспечить хорошее отделение формовочных смесей от отливки, т. е. их выбиваемость.

Выбиваемость, или остаточная прочность, – способность формовочных смесей отделяться от отливки при выбивке. Остаточная прочность песчано-глинистых смесей не должна превышать $\sigma_{ост} = 0,2 \text{ Н/мм}^2$.

Теплофизические свойства смесей определяют теплообмен отливки и формы, от которого зависит скорость затвердевания, а следовательно, и структура отливок, и их механические свойства, а также время выбивки отливок. Кроме того, от теплообмена отливки с формой зависит глубина прогрева формы, от которой, в свою очередь, зависит потеря активности компонентами смеси и необходимое их освежение (восстановление технологических свойств).

Теплофизические свойства формовочных материалов оцениваются коэффициентами теплоаккумуляции b_{ϕ} и температуропроводности a_{ϕ} :

$$b_{\phi} = \sqrt{\lambda c \rho}, \text{ Вт} \cdot \text{с}^{1/2} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad (4.1)$$

$$a_{\phi} = \lambda / (c \rho), \text{ м}^2 / \text{с} \quad (4.2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К); c – удельная теплоемкость, Дж/(кг · К); ρ – плотность вещества, кг/м³.

Пластичность – способность формовочных смесей деформироваться и сохранять полученную деформацию после снятия нагрузки.

Газотворность – способность формовочных смесей выделять газы при заливке металла.

Газопроницаемость – способность формовочных смесей пропускать газы.

Гигроскопичность – способность формовочных смесей адсорбировать влагу из окружающей среды, при этом часто механические свойства уплотненных смесей (особенно стержневых) снижаются.

Долговечность – способность формовочных смесей к многократному использованию.

4.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ

Влажность. Вода, содержание которой определяет влажность смесей, может быть самостоятельным компонентом связующей композиции (песчано-глинистые, цементные смеси) и входить в состав одного из ее компонентов как растворитель (жидкое стекло, водорастворимые синтетические смолы, технические лигносульфонаты и др.).

В первом случае влажность влияет практически на все технологические свойства: прочность, газотворность, газопроницаемость, уплотняемость, формуемость, текучесть, прочность в зоне конденсации, высокотемпературные свойства.

Прочность при сжатии σ_w и газопроницаемость K связаны с влажностью зависимостью (рис. 4.1).

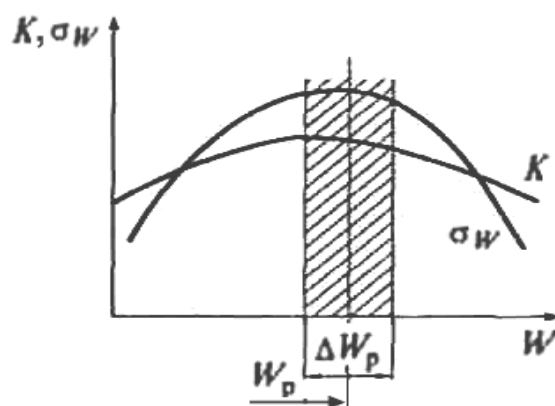


Рис. 4.1. Принципиальные зависимости газопроницаемости K и прочности при сжатии σ_w смесей от их влажности W

Прочность, и газопроницаемость с увеличением влажности возрастают и при определенной влажности достигают максимальных значений, а далее следует период их спада.

Превышение или снижение влажности ΔW_p относительно рабочей W_p влажности более чем на 10... 15 % приводит к поверхностным дефектам в отливках (пригар, ужимины), внутренним дефектам (газовые раковины), к снижению прочности формы и подутию отливок, снижению поверхностной прочности формы, к засору отливок.

Превышение или снижение влажности относительно рабочей приводит также к колебанию уровня контрлада полуформы после уплотнения при объемном дозировании смеси. Это связано с тем, что уплотняемость смеси напрямую зависит от ее влажности. С повышением влажности смесь в определенном интервале комкуется и становится «воздушной» с большим объемом пор, поэтому при том же уплотнении уровень контрлада понижается. При понижении влажности высота смеси после уплотнения будет превышать высоту опоки.

При установке нижней полуформы на подопечный щиток в первом случае произойдет проседание кома смеси в опоке, а во втором — его выдавливание, что приведет к дефекту отливок по геометрии. В автоматизированном производстве используют смеси пониженной влажности, при этом излишек смеси со стороны контрлада удаляется путем среза специальными устройствами.

Во втором случае, когда вода входит в состав компонентов смеси, содержание воды характеризует концентрацию связующего или катализатора и влияет как на скорость упрочнения, так и на другие технологические свойства.

В формовочных материалах различают следующие виды воды:

- конституционная, т. е. вода, которая входит в химический состав материала. Например, для глины конституционная вода удаляется при температуре 350...700 °С, после чего связующая способность глины теряется. По этой причине из-за нагрева смеси вблизи отливки до названных температур смесь периодически необходимо освежать, а при сушке форм температура не должна превышать 400 °С;

- адсорбционная вода в песчано-глинистых смесях образуется при набухании глины вследствие внедрения молекул воды в межслоевые пространства;

- капиллярная вода удерживается капиллярными силами, силами смачивания. Вода этого вида образуется при формировании гелей (например, в CO_2 -процессе, при поликонденсации смол), в результате поглощения воды из влажного воздуха и в процессе ее капиллярной конденсации.

При определении влажности путем высушивания смесей при 105... 110 °С удаляются только адсорбционная и капиллярная вода. В лабораторных условиях навеску смеси ($50 \pm 0,01$) г помещают в предварительно высушенную и взвешенную емкость, сушат при 105... 110 °С в течение 30 мин, после чего взвешивают.

Влажность, %, определяют по уравнению

$$W = [(m_1 - m_2)/m] \cdot 100, \quad (4.3)$$

где m_1 – масса емкости с навеской до высушивания, г; m_2 – то же, после высушивания, г; m – масса навески до высушивания, г. Для сокращения продолжительности испытания сушку проводят инфракрасной лампой. Для этого используют приборы модели 062М2 УЗЛО (Усманский завод литейного оборудования). Продолжительность сушки составляет 10... 15 мин.

В неавтоматизированных литейных цехах выпуск смеси из смесителей выполняет опытный оператор по показаниям ручной пробы (нем. *handformgerecht*), когда испытываемая смесь сжимается в руке, и далее по отпечатку на уплотненной смеси судят о влажности, а по усилию разрушения большим пальцем образца, лежащего, как на опорах, на указательном и безымянном пальцах, – о прочности.

Формуемость. Данное свойство характеризует способность формовочной смеси воспроизводить конфигурацию модели, заполнять карманы при свободной засыпке. Близким по смыслу к формуемости является понятие «сыпучесть». Чем больше влажность смеси, тем формуемость меньше. Формуемость определяют путем просеивания смеси в сетчатом барабане диаметром 100... 110 мм с размерами ячейки сетки 2,5 мм. Частота вращения барабана 60 мин^{-1} , масса навески 200 г, время вращения 10 с. Формуемость оценивают индексом формуемости I_Φ , %, по уравнению

$$I_\Phi = (m_2/m_1) \cdot 100 \quad (4.4)$$

где m_2 – масса смеси, прошедшей через сетку; m_1 – масса исходной навески. При $I_\Phi = 75... 80$ % влажность смеси соответствует требованиям по готовности смеси. Индекс формуемости используется при организации автоматизированного контроля влажности.

Газотворность. Способность формовочных материалов выделять газы при нагревании называется «газотворностью». В подавляющем большинстве случаев газотворность формовочных материалов является одним из факторов, влияющих на образование газовых раковин в отливках. Источники образования газов в литейной форме связаны со следующими процессами:

- испарение влаги при заливке (при испарении 1 см³ воды выделяется 1200... 1450 см³ водяного пара);
- сгорание органических связующих;
- окислительно-восстановительные реакции на границе металл – форма.

Газотворность характеризуют двумя параметрами:

1) в случае абсолютной газотворности общим объемом газов Q , см³, выделившихся из навески смеси при нагреве, или производными от Q , а именно – удельной массовой газотворностью, см³/г (величину Q делят на массу испытуемой смеси), и удельной объемной газотворностью, см³/см³ (величину Q делят на объем смеси);

2) температурой газификации связующих материалов.

Газотворность смеси косвенно и приближенно можно характеризовать по потерям при прокаливании (п.п.п.) веществ, которые определяются при нагреве навески ($5 \pm 0,01$) г до температуры 900 °С и удалению из навески всех видов воды, полному сгоранию органических веществ и газификации неорганических веществ. Величину п.п.п. определяют по уравнению, %:

$$\text{п.п.п.} = [(m_{\text{исх}} - m_{\text{пр}}) / m_{\text{исх}}] 100, \quad (4.5)$$

где $m_{\text{исх}}$ – исходная масса смеси; $m_{\text{пр}}$ – масса смеси после прокаливании.

Наибольшее распространение получил способ газификации навески смеси в специальной трубчатой печи (рис. 4.2).

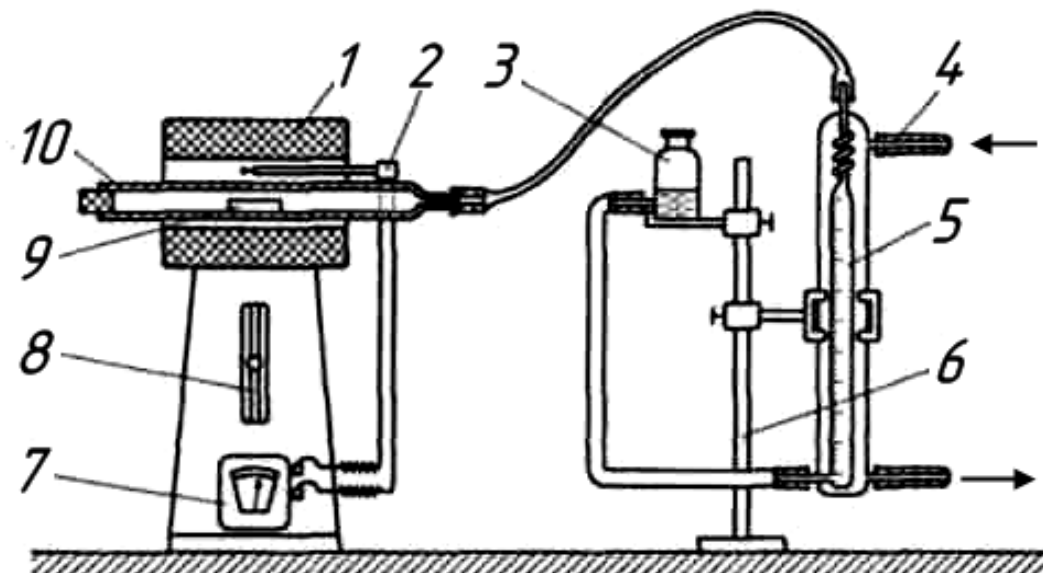


Рис. 4.2. Схема установки для определения газотворности: 1 – печь Марса; 2 – термодом; 3 – уравнительный сосуд; 4 – подводка охлаждающей жидкости; 5 – мерная бюретка с холодильником; 6 – штатив; 7 – гальванометр; 8 – реостат печи; 9 – лодочка с навеской; 10 – кварцевая трубка

Установка состоит из трубчатой печи 7, в которую вставляется кварцевая или фарфоровая трубка 10 внутренним диаметром 18... 20 мм. один конец трубки соединен с водоохлаждаемой мерной бюреткой 5 объемом 50... 100 см³. В другой конец трубки по достижении в ней необходимой температуры устанавливают фарфоровую лодочку 9, после чего трубку быстро закрывают пробкой и включают секундомер для отсчета объема вытесненной воды из бюретки за следующие принятые промежутки времени: 15, 30, 45, 6 с и т. д. Выделяющийся из навески массой $(3 \pm 0,1)$ г газ поступает в мерную бюретку, вытесняя из нее воду в уравнильный сосуд 3. Перед началом испытаний уровень воды в бюретке должен быть на нуле.

С помощью данного прибора можно определять следующие параметры:

- общий объем Q , см³, газов выделяющихся из навески при полной ее газификации (абсолютная газотворность), и его производные;
- температуру газификации связующих материалов, при которой наступает максимум газообразования.

Для сравнительного анализа связующих по их газотворности представляет интерес кинетика выделения газов. На рис. 4.3 представлены кривые изменения объема выделившихся газов во времени τ для связующих М (кривая 1) и льняного масла (кривая 2).

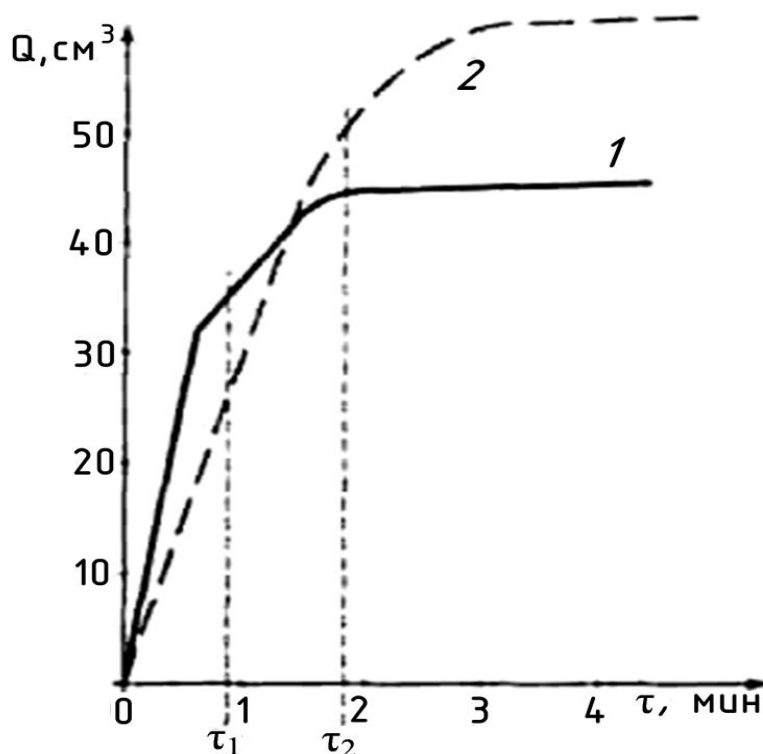


Рис. 4.3. Кинетика выделения газов для связующих М (кривая 1) и льняного масла (кривая 2)

Показано также время образования твердой корки тонкостенных (τ_1) и толстостенных (τ_2) отливок. На основании приведенных данных можно заключить, что связующее M предпочтительнее для толстостенных, а льняное масло — для тонкостенных отливок, так как к моменту образования твердой корки на отливке они выделяют меньше газов.

В табл. 4.2 приведены примерные значения температур газификации и величин удельной массовой газотворности некоторых связующих материалов.

Таблица 4.2.

Температура газификации и величина газотворности различных связующих

Связующие материалы	Примерная температура газификации, °С	Примерная удельная газотворность, см ³ /г
Карбамид формальдегидная смола	280...320	410
Декстрин	330...380	850
Патока	380...420	540
Сульфитная барда	400...520	500
Бентонит (химически связанная вода)	200...420	20...100
Льняное масло	420...480	500
Фенолформальдегидная смола	650...750	460

Газопроницаемость. Способность форм и стержней пропускать через себя газы определяется газопроницаемостью формовочных материалов. Для характеристики газопроницаемости формовочных материалов используют уравнение, выведенное на основе закона фильтрации Дарси, согласно которому

$$K = \frac{Vh}{fp\tau}, \quad (4.6)$$

где K – газопроницаемость, см⁴/(гс · мин); V – объем воздуха, прошедшего через образец, $V = 2000$ см³; h – высота образца, $h = 5$ см; f – площадь поперечного сечения образца, $f = 19,6$ см²; p – показание манометра, см вод. ст. (гс/см²); τ – время прохождения 2000 см³ воздуха через образец, мин.

После подстановки цифровых значений уравнение (4.1) примет вид

$$K = 509,6 / (p\tau). \quad (4.7)$$

Для испытаний используется широко известный в стране и за рубе-

жом прибор, принципиальная схема которого представлена на рис. 4.4.

Прибор состоит из неподвижного и подвижного резервуаров, внутри которых встроены трубки. Нижний неподвижный резервуар 9 заполнен водой, выполняющей роль гидравлического затвора. Воздух под действием массы резервуара через отверстия в трубке поступает через трехходовой кран 7 в гильзу 5, в которой находится образец 4 испытуемой смеси.

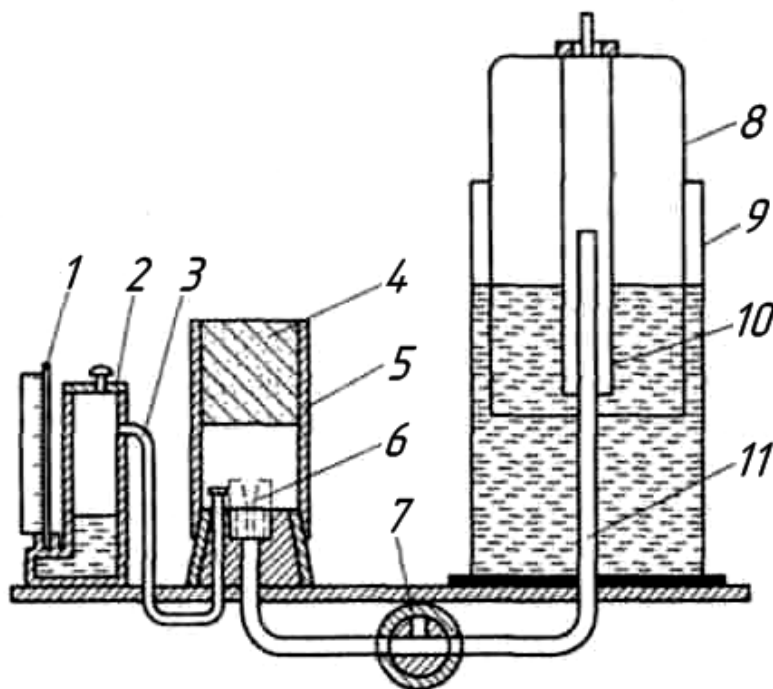


Рис. 4.4. Принципиальная схема прибора для определения газопроницаемости смесей: 1 – манометр; 2 – корпус резервуара манометра; 3 – трубка; 4 – образец смеси; 5 – металлическая гильза с фаской; 6 – ниппель; 7 – трехходовой кран; 8 – подвижный колокол; 9 – резервуар с водой; 10 – трубка колокола; 11 – трубка резервуара

При испытании измеряют манометрическое давление p с помощью камерного манометра 1, в камеру которого наливается вода через отверстие, закрываемое пробкой с винтовой нарезкой. Так как объем камеры больше, чем объем канала стеклянной трубки, высота уровня в этой камере принимается условно неизменной.

Образцы для испытаний на газопроницаемость имеют такие же размеры (диаметр 50 мм и высота 50 мм), что и стандартные образцы для механических испытаний. Они изготавливаются в металлической гильзе с посадочным конусом. Для испытаний сухих образцов используется неразъемный патрон Фишера, имеющий по внутреннему диамет-

ру резиновое уплотнение. На приборе газопроницаемость определяют нормальным и ускоренным способами.

При *нормальном* способе определения газопроницаемости через образец испытываемой смеси пропускается 2000 см^3 воздуха. При этом по секундомеру фиксируют время опускания колокола и снимают показания о давлении по манометру.

Пример. При испытании образца определено манометрическое давление $p = 2,8$ см вод. ст. Время прохождения 2000 см^3 воздуха равно 1,5 мин. Газопроницаемость в этом случае будет равна¹

$$K = 509,6 / (2,8 \cdot 1,5) = 121 \text{ см}^4 / (\text{гс} \cdot \text{мин}).$$

(¹Прибор, применяемый во всем мире, имеет шкалу с приведенной размерностью газопроницаемости).

В практической работе размерность опускается и принимается, что газопроницаемость измеряется величиной, равной 121 ед.

Давление под колоколом при ускоренном методе испытания должно составлять 10 см вод. ст. С этой целью на подвижный колокол надевают съемные чугунные кольца.

Наличие перед образцом калиброванного отверстия заранее определяет возможный расход воздуха. Поэтому газопроницаемость определяется только как функция давления, и необходимость отсчета времени отпадает. Давление перед образцом выравнивается в сотые доли секунды, поэтому нет необходимости дожидаться опускания колокола до отметки 2000 см^3 .

Заглушка с калиброванным отверстием $D = 0,5$ мм применяется в том случае, когда газопроницаемость смеси ожидается менее 50 ед., а в случае большей газопроницаемости устанавливается заглушка с калиброванным отверстием $D = 1,5$ мм.

При ускоренном методе газопроницаемость для калибров диаметров 0,5 и 1,5 мм подсчитывается по уравнениям:

$$K_{0,5} = 35,3 \frac{\sqrt{10 - p}}{p}; \quad (4.8)$$

$$K_{1,5} = 322 \frac{\sqrt{10 - p}}{p}; \quad (4.9)$$

При испытании газопроницаемости требуется определить только манометрическое давление p (перед образцом).

Для упрощения определения газопроницаемости ускоренным способом используют специальные таблицы, которые составлены в соот-

ветствии с уравнениями (4.8) и (4.9) и приведены на неподвижном резервуаре прибора.

Испытание проводят на трех образцах, при этом принимаются только три результата, которые различаются один от другого не более чем на 10 %. К факторам, влияющим на газопроницаемость, относятся зерновой состав, плотность, влажность.

С увеличением диаметра зерен и однородности кварцевого песка газопроницаемость увеличивается, а при увеличении плотности набивки формы — уменьшается.

Зависимость газопроницаемости K от влажности W песчано-глинистых смесей отличается от теоретических представлений (рис. 4.5).

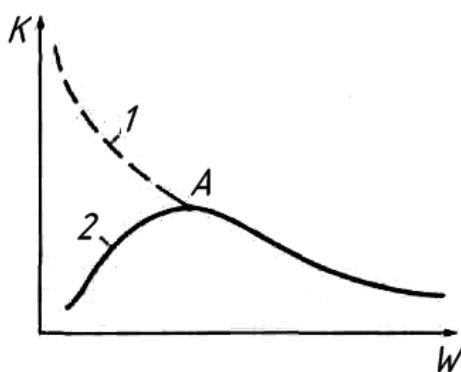


Рис. 4.5. Зависимость газопроницаемости формовочных смесей от влажности: 1 — теоретическая кривая; 2 — практическая кривая

Кривая 1 изображает теоретическую кривую изменения газопроницаемости — при увеличении влажности вода заполняет поры и газопроницаемость уменьшается. Реальный процесс отражает кривая 2. До точки A теоретическая 1 и практическая 2 кривые не совпадают. Практическое увеличение газопроницаемости до точки A объясняется тем, что при малой влажности вода способствует укрупнению пылевидных частиц, поры при этом увеличиваются, кроме того, при смачивании каналов снижается трение проходящих газов. При влажности более высокой, чем в точке A , каналы заполнены водой, и газопроницаемость снижается, кривые 1 и 2 на графике совпадают.

Увеличить газопроницаемость смеси названными факторами в текущем производстве практически невозможно. Поэтому реально стремятся повышать не газопроницаемость смесей, а газопроницаемость формы и стержней за счет вентиляционных каналов, наколов в форме и стержнях и применением пустотелых стержней. Особенно важно проведение мероприятий по увеличению газопроницаемости для стержней.

При выборе минимально необходимой газопроницаемости для

вновь разрабатываемых смесей учитываются такие факторы, как масса и толщина стенки будущей отливки, температура заливки сплава, конструктивный параметр стержня.

Увеличение температуры заливки сплава повышает интенсивность газотворности смесей, а при увеличении массы и толщины стенки возрастает продолжительность взаимодействия жидкого металла и формы.

Поток газов от отливки к стержню по форме сужающийся (стрелки направлены внутрь стержня), а от отливки в форму – расширяющийся (рис. 4.6).

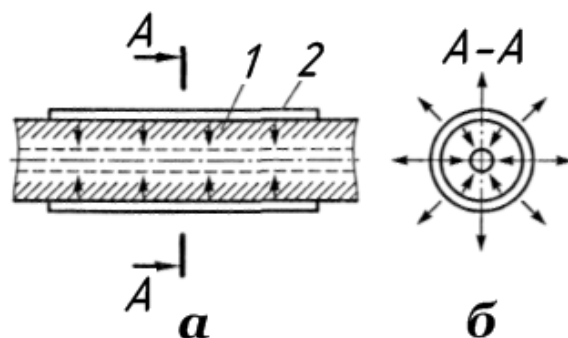


Рис. 4.6. Поток газов от отливки в стержень (а) и в стержень и форму (б):
1 – стержень; 2 – отливка

Поэтому при прочих равных условиях газопроницаемость стержней должна быть выше газопроницаемости формы. Для стержней при выборе минимально необходимой газопроницаемости смеси дополнительно учитывается коэффициент N конструктивной сложности стержня

$$N = S_{з.с}/(S_{к.м} l_{ф}), \quad (4.10)$$

где $S_{з.с}$ – площадь сечения знаков стержня; $S_{к.м}$ – поверхность стержня, контактируемая с металлом; $l_{ф}$ – длина пути фильтрации.

Для стержней первой группы сложности $N = 0,002$ и рекомендуемая газопроницаемость не менее 150 ед., а для стержней пятой группы коэффициент N выше 0,3 и рекомендуемая газопроницаемость не менее 40 ед.

Прочность. Важным свойством формовочной смеси является ее прочность, которую определяют как предел прочности при разрушении стандартного образца для выбранного вида нагружения. Прочность любой скелетной системы, к которой относятся формовочные и стержневые смеси, зависит от прочности связи между частицами в зоне контакта, площади и числа этих контактов. Контакт учитывается в том случае, если зерна наполнителя контактируют через пленку связующего.

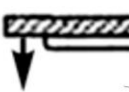
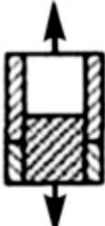
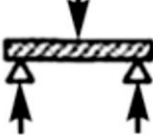
Теоретически разрушение единичного контакта может быть адгезионным и развиваться по границе связующее – наполнитель и когези-

онным – развиваться по связующему. В частности, в песчано-глинистых смесях в большинстве случаев разрушение носит когезионный характер.

Пробы формовочных и стержневых смесей в массовом производстве отбирают для экспресс-анализа один–два раза в час. Из смеси изготавливают образцы цилиндрической формы диаметром 50 мм и высотой $(50 \pm 0,8)$ мм, а также образцы в виде восьмерок, сечение в месте разрыва которых составляет 2,5 x 2,5 см. Цилиндрические образцы испытываются на сжатие и раздавливание, а восьмерки — на растяжение (стержневые смеси). Кроме того, для стержневых смесей (ХТС и отверждаемых в нагретой оснастке) проводят испытание на изгиб образцов квадратного сечения с размерами 25 x 25 x 200 мм. В табл. 4.3 представлены схемы испытаний механических свойств смесей.

Таблица 4.3

Схемы нагружений при испытаниях механических свойств смесей

Состояние смеси под- вергаемой испытанию	Прочность формовочных и стержневых смесей в разных видах испытаний				
	Сжатие $\sigma_{сж}$	Срез $\tau_{ср}$	Изгиб $\sigma_{изг}$	Растяжение $\sigma_{раст}$	Раздавливани- е $\sigma_{разд}$
Влажное состояние					
Сухое состояние					

Прочность должна обеспечивать целостность форм и стержней при любом виде нагружения. Примерные значения минимальной прочности на сжатие во влажном состоянии песчано-глинистых смесей следующие: формы для АФЛ – 0,1...0,2 Н/мм², для машинной формовки – 0,05...0,1 Н/мм². Для стержней средней сложности массой до 40 кг холодноотверждающие смеси (ХТС) или смеси с тепловой сушкой должны иметь предел прочности при разрыве 0,8... 1,0 Н/мм², для стержней массой 40...250 кг этот показатель составляет 1,2... 1,5 Н/мм². У стержней, полученных в нагреваемой оснастке, прочность при растяжении (сразу после изготовления) должна быть не менее 0,25...0,3 Н/мм², а прочность

при растяжении после охлаждения – 1,6...2,0 Н/мм².

Прочность ХТС, отверждаемых продувкой SO₂, CO₂, аминами и другими реагентами, первый раз определяют через 30...60 с после продувки и далее – через заданные интервалы времени. Важной характеристикой прочности ХТС является время отверждения, которое устанавливается в зависимости от характера производства, например для единичного и мелкосерийного производств оно равно 1...2 ч. Полную информацию о времени отверждения дает зависимость прочности от времени в интервале его изменения от 0,5... 1 до 24 ч.

Для испытания механических свойств влажных и сухих образцов из формовочных и стержневых смесей используют прибор АО «ЛИТО-ФОРМ» модели Л.03 с набором съемных приспособлений.

Разрушение литейных форм в основном происходит при растяжении, однако этот вид испытаний достаточно трудоемкий, поэтому при оценке прочности при растяжении зачастую используют соотношения, которые получены экспериментально (например, соотношение прочностей при сжатии, срезе и растяжении может быть следующим – $\sigma_{СЖ} : \sigma_{СР} : \sigma_{РАСТ} = 10 : 3 : 1$), и по прочности при сжатии судят о прочности при растяжении. Следует отметить, что соотношение между $\sigma_{СЖ}$ и $\sigma_{РАСТ}$ зависит от состава смеси, уплотнения, прочности. Предел прочности при раздавливании $\sigma_{РАЗД}$ в отличие от $\sigma_{СЖ}$ более определенно связан с $\sigma_{РАСТ}$, и его легче определять в лабораторных условиях. Регрессионное уравнение взаимосвязи этих двух видов прочности, полученное статистической обработкой опытных данных по нескольким составам песчано-глинистых смесей, приведено к простому виду

$$\sigma_{РАЗД} = 0,66 \sigma_{РАСТ}. \quad (4.11)$$

Поэтому в литейных цехах при экспресс-анализе проводят испытание прочности на раздавливание.

Осыпаемость. Склонность смеси к разрушению поверхностного слоя при истирании характеризуется осыпаемостью. Испытания проводят в течение 1 мин на барабане диаметром 100... 110 мм, образующая которого покрыта сеткой с ячейками 2,5 x 2,5 мм. Частота вращения барабана 60 мин⁻¹. Осыпаемость, %, определяют по уравнению

$$O_C = [(m_{ИСХ} - m_{ИСП})/m_{ИСХ}]100 \quad (4.12)$$

где $m_{ИСХ}$ – исходная масса стандартного цилиндрического образца; $m_{ИСП}$ – масса стандартного цилиндрического образца после испытания.

Поверхностная прочность смеси (осыпаемость) влияет на брак по засорам при изготовлении отливок в сырых песчано-глинистых формах. Изменение осыпаемости для смесей на других связующих также связано с понижением или повышением влажности поверхностного слоя из-за испарения и поглощения влаги гигроскопичным связующим.

Для песчано-глинистых смесей изменение осыпaeмости связано с уменьшением влажности поверхностного слоя из-за испарения и нарушения оптимального соотношения долей глина : вода.

Скорость этих процессов зависит от влажности смеси, влажности воздуха и от температуры. У гигроскопичных связующих при относительной влажности воздуха, превышающей 80... 85 %, влажность смеси в поверхностном слое растёт, поверхностная прочность падает, и начинает проявляться значительная осыпaeмость. Если связующее при хранении высыхает, то поверхностная прочность смеси зависит от его природы и способа отверждения. Самоотвердеющие смеси с жидким стеклом и смолами, как правило, упрочняются при хранении. У этих смесей повышенная осыпaeмость является признаком того, что стержень или форма изготовлены из смеси, частично потерявшей живучесть.

При CO_2 -процессе, особенно при «передуве» или пониженном содержании жидкого стекла, осыпaeмость растёт из-за развития напряжений в высыхающей сетке силикагеля. В производственных условиях для стабильной технологии осыпaeмость не должна превышать 0,1... 0,2 %.

Твердость. Данное свойство, характеризующее сопротивление поверхности уплотненной смеси внедрению в нее более твердого тела, не может отождествляться с поверхностной прочностью, но является косвенной характеристикой других свойств смеси, например ее прочности, которая напрямую имеет взаимную связь с твердостью.

Оценка твердости производится по ГОСТ 2189 для сырых и сухих образцов и форм. Для сырых образцов и форм применяют твердомер модели 04412А(071). При проведении испытания твердомер устанавливают на плоскую поверхность цилиндрического образца (формы) и нажимают на корпус. При этом шарик под действием пружины внедряется в смесь. Сила сопротивления внедрению сжимает пружину, перемещает наконечник и приводит в движение стрелку прибора. Шкала разбита на 100 делений (единиц). Глубина внедрения шарика изменяется в пределах 0...5 мм при максимальном усилии 1,0 кгс (9,81 Н). Чем сильнее уплотнена форма, тем большие значения твердости показывает прибор. Твердомер используется для контроля уплотнения форм. Для машинной формовки твердость формы составляет 70...80 ед., для форм АФЛ – 85...95ед.

Для контроля твердости сухих форм применяют твердомер модели 04421 Усманского завода. Оценка твердости производится по сопротивлению при погружении в образец ножевого наконечника на глубину 0...2,5 мм под нагрузкой 1,1...2,0 кгс (10,8... 19,6 Н). В качестве образца используется стандартный образец – «восьмерка». Испытанию подвергается поверхность образца, обращенная при его изготовлении к нижней подставке ящика. При проведении испытаний твердомер устанавливают опорной поверхностью на образец таким образом, чтобы нож находился слева от края образца. Затем твердомер равномерно перемещают слева

направо вдоль образца, плотно прижимая его к поверхности образца.

Показания твердости фиксируются по отклонению стрелки на циферблате, устроенном по тому же принципу, что и в твердомере модели 04412A(071).

Пластичность. Способность уплотненных смесей деформироваться под действием нагрузки без разрушения и сохранять полученную деформацию после снятия нагрузки называется «пластичностью». Формовочные и стержневые смеси являются преимущественно хрупкими материалами, плохо сопротивляются растяжению и ударам, чувствительны к местным напряжениям. При уменьшении пластичности осложняются операции извлечения стержней из ящиков и протяжки моделей и возникают поломки форм и стержней.

Измерение стрелы прогиба производится только при испытании на изгиб образца, изготовленного из стержневой смеси с $\sigma_{сж} > 0,5... 1,0$ Н/мм². Для характеристик пластичности песчано-глинистых смесей используется показатель, называемый Shatter-index и определяемый на приборе модели 406631 PMT фирмы «G. Fischer». При этом испытуемый образец 3 (рис. 4.7), выталкиваемый толкателем 1 из гильзы 2, с высоты 1830 мм падает на сетчатую наковальню 4 с размерами ячеек 13,2 мм и разрушается.

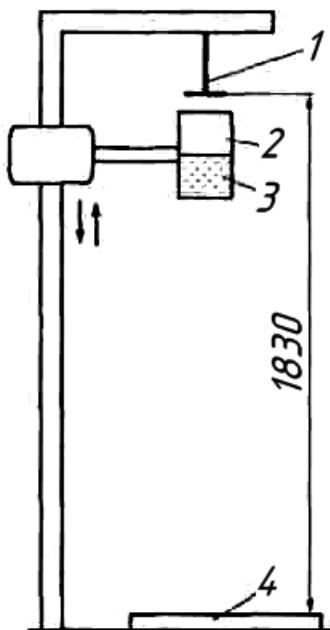


Рис. 4.7. Установка Shatter-control для определения пластических свойств смесей: 1 – толкатель; 2 – гильза; 3 – испытуемый образец; 4 – наковальня

Размер кусков зависит от пластичности. Масса разрушенного образца, не прошедшего через сетку, является мерой пластичности. Чем больше смеси на сетке, тем более пластичная смесь.

В производственных условиях для песчано-глинистых смесей мерой пластичности является соотношение $\sigma_{сж} / \sigma_p$, которое может колебаться в интервале 4... 12: чем выше этот критерий, тем смесь пластичнее. Наименьшее число дефектов форм наблюдается при соотношении $\sigma_{сж} / \sigma_p > 10... 12$. Для холоднотвердеющих смесей (ХТС) $\sigma_{сж} / \sigma_p$ понижается по мере отверждения, и из пластичной смесь превращается в хрупкую при значениях соотношения прочностей 5,00...2,45.

Уплотняемость. Способность смеси уменьшать объем под действием приложенной внешней нагрузки характеризует такой показатель, как уплотняемость в процентах

$$U_{пл} = \frac{V_H - V_K}{V_H} 100, \quad (4.20)$$

где V_H , V_K – соответственно начальный и конечный объемы смеси, т. е. объем до и после уплотнения.

Как технологическое свойство уплотняемость используется в основном для песчано-глинистых смесей. При заданном составе уплотняемость линейно зависит от влажности.

Определение уплотняемости по методике, предложенной Ф.Гофманом (рис. 4.8), получило наибольшее распространение.

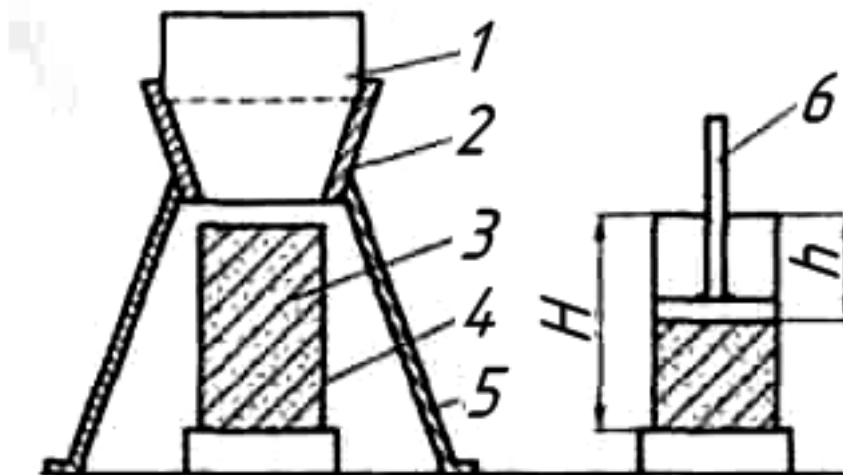


Рис. 4.8. Установка для определения уплотняемости смесей по Ф.Гофману: 1 – сито; 2 – воронка; 3 – смесь; 4 – гильза; 5 – подставка; 6 – копер; H – высота гильзы; h – высота осадки смеси в гильзе

Испытуемая смесь 3 насыпается через воронку 2 и сито 1 с ячейкой 3х3 мм, установленное на треножной подставке 5, в гильзу 4 диаметром 50 и высотой 100 мм. Излишек смеси срезается. Уплотнение осуществляется тремя ударами копра 6.

Начальный V_H и конечный V_K объемы можно определить по уравнениям

$$V_H = FH \text{ и } V_K = F(H - h). \quad (4.20)$$

После подстановки этих значений в уравнение (4.21) получим уплотняемость в процентах,

$$U_{\text{пл}} = \frac{FH - F(H - h)}{FH} 100 = \frac{h}{H} 100, \quad (4.22)$$

где F – площадь сечения гильзы; H – высота гильзы; h – высота осадки смеси в гильзе.

Высота гильзы принята равной 100 мм, т.е. уплотняемость, по Гофману, численно равна высоте осадки смеси в процентах

$$U_{\text{пл}} = h \%. \quad (4.23)$$

Насыпная плотность $\rho_{\text{н}}$, г/см³, смеси определяется отношением ее массы $m_{\text{н}}$, засыпанной в гильзу высотой 100 мм через сито (или массой уплотненного образца после определения уплотняемости), к объему смеси, насыпанной в гильзу:

$$\rho_{\text{н}} = m_{\text{н}}/196. \quad (4.24)$$

Текучесть. Для характеристики внутреннего трения или сопротивления перемещению смеси в перпендикулярном действии нагрузки направлении используется показатель, называемый «текучестью». Для ее определения служит широко известная ступенчатая «проба Орлова», предложенная для уплотнения смеси при статическом прессовании (рис. 4.9).

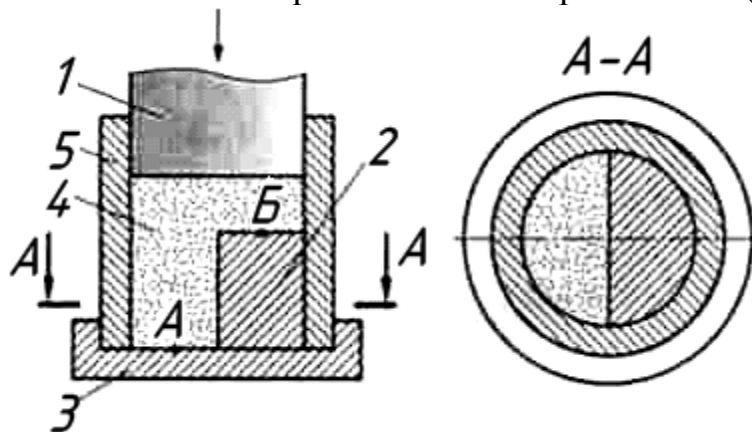


Рис. 4.9. Установка для определения текучности по Г. Орлову: 1 – копер; 2 – вставка; 3 – основание; 4 – смесь; 5 – гильза; А, Б – точки замера

В стандартную металлическую гильзу 5 устанавливается вставка 2, после чего засыпается смесь 4, которую уплотняют тремя ударами копра 1. Замеры твердости проводят в точках А и Б. Текучесть (Т), по Орлову, в процентах определяют как соотношение твердостей (Тв) в точках А и Б по уравнению

$$T = (T_{B_A}/T_{B_B})100. \quad (4.25)$$

Текущность песчано-смоляных смесей определяют по методике, разработанной в АМО «ЗИЛ» (рис. 4.10). Навеска смеси ($100 \pm 0,5$) г засыпается через воронку в трубу 1. Далее открывают шибер 2 прибора и сбрасывают смесь в вертикальную трубу диаметром 40 и высотой 500 мм.

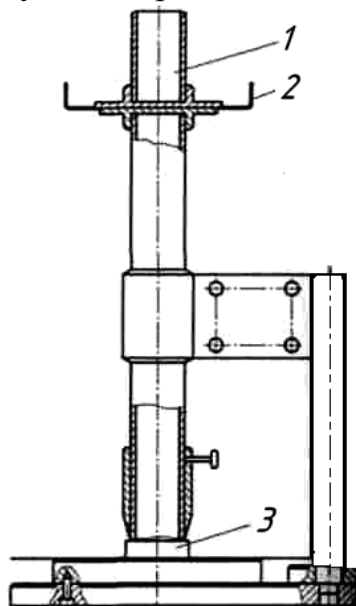


Рис. 4.10. Установка для определения текущести песчано-смоляных смесей по методике АМО «ЗИЛ»: 1 – труба; 2 – шибер; 3 – зазор

Смесь вытекает через зазор 3, образованный между концом трубы и опорной металлической плитой. Текущность T , %, определяют по уравнению

$$T = \frac{m_0 - m_1}{m_0} 100, \quad (4.26)$$

где m_0 – масса исходной навески смеси; m_1 – масса смеси, оставшейся в трубе.

Живучесть. Время, в течение которого смесь сохраняет свои технологические свойства, характеризует такой важный технологический показатель, как живучесть. Допустимой является только частичная потеря свойств в пределах 15...30 % исходных значений. Живучесть определяют по падению прочности или по точке перегиба на кривой зависимости уплотняемости от времени выдержки.

В первом случае определяют прочность в зависимости от времени выдержки готовой смеси в период от перемешивания до уплотнения через определенные интервалы времени, например через 3, 5, 10 мин и т.д. За живучесть принимают время выдержки, соответствующее падению прочности не более чем на 15... 30 %.

Во втором случае уплотняемость смеси определяют по изменению высоты образца после уплотнения тремя ударами копра при постоянной массе смеси 160 г. Затем строят зависимость $Y_{пл} - \tau$ и находят точку перегиба, которая и определяет живучесть смеси и соответствует потере прочности меньше 15... 30 %.

Упругая деформация. Способность смесей, главным образом песчано-глинистых, изменять свои размеры после снятия уплотняющей нагрузки характеризуется упругой деформацией. Упругую деформацию можно замерить на стандартном образце в гильзе. Несмотря на малые значения (примерно 0,25 % при давлении 10 Н/мм²), упругая деформация приводит к защемлению отдельных частей формы в модели и обрыву болванов при съеме формы с модельной плиты, а также искажению рабочей полости формы и особенно ее лада. Названные явления усиливаются при использовании нежестких опок. Для повышения точности отливок и исключения возможности ухода металла по разьему опоки делают жесткими, например на АФЛ стенки опок делают коробчатыми.

Горячая прочность. После выдержки образца при заданной температуре до его полного прогрева определяют так называемую «горячую прочность». На рис. 4.11 приведены зависимости горячей прочности σ от температуры для песчано-глинистой (1) и песчано-смоляной (2) смеси.

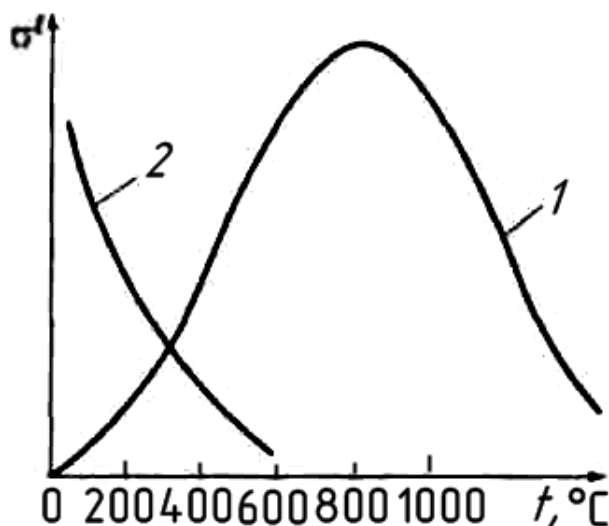


Рис. 4.11. Зависимости общей прочности σ' от температуры t смеси:
1 – песчано-глинистой; 2 – песчано-смоляной

Песчано-глинистая смесь 1 имеет максимум прочности при 800... 900 °C. Характер кривой 1 объясняется процессами упрочнения и разупрочнения, происходящими в смеси при высоких температу-

рах. Кривая 2 характеризует прочность песчано-смоляной смеси. Видно, что уже при температурах 400 °С и выше происходит резкое падение прочности, и при 600 °С прочность приближается к нулю. Тем не менее, при использовании стержней на этих смесях получают годные отливки, например, из чугуна. Чтобы ответить на вопрос, почему отливка получается годной, рассмотрим испытание на термостойкость.

Термостойкость. Данный важный показатель оценивается временем, в течение которого при нагружении давлением 0,15... 45 Н/мм² и при температуре 600... 1000 °С испытуемый образец не разрушается. Это время затем сравнивают со временем образования твердой корки на поверхности отливки.

Если термостойкость больше времени образования твердой корки, то вероятность получения годной отливки высокая. Необходимая термостойкость зависит от толщины стенки: чем больше толщина стенки, тем больше должна быть термостойкость. При недостаточной термостойкости может возникать брак по металлизации стержней, прорыву оболочковых стержней, уходу металла и разрушению формы.

Для крупных отливок (с толщиной стенки более 100 мм) песчано-смоляные стержни не используют. Их применение возможно при более высокой, чем у кварцевого песка, теплопроводности огнеупорной составляющей (как, например, у циркона, хромита).

Термические напряжения. Непосредственной причиной дефектов расширения типа ужимин (чем больше напряжения, тем сильнее смесь склонна к образованию ужимин) являются так называемые термические напряжения. Для их определения используют цилиндрические образцы разных размеров. На этих образцах измеряется нагрузка; приложенная вдоль оси, она подавляет расширение нагреваемого образца. Значение этой нагрузки делят на площадь поперечного сечения образца и таким образом определяют собственно термические напряжения.

Свободное тепловое расширение смесей. Для определения данной характеристики смесей необходимо выполнить измерение изменения длины l образца при расширении в результате нагрева. На основании испытаний можно определить свободные тепловые деформации ε_t , %, по изменению размера Δl образца длиной l при каждой температуре по уравнению

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta l}{l} 100. \quad (4.27)$$

Можно также определить температурный коэффициент линейного расширения

$$\alpha = \Delta l / (l \Delta T), \quad (4.28)$$

где ΔT – разность текущей и начальной температур образца.

Тепловое расширение и термические напряжения ответственны за ужимины в отливках. Чем они меньше, тем меньше вероятность образования ужимин.

Податливость. Способность нагретой смеси деформироваться под действием давления характеризуется ее податливостью. При заливке сырых песчано-глинистых форм податливость является причиной подутия и ухудшения размерной точности, особенно в момент окончания заливки. Деформационная способность прочных форм и стержней (сухих и холоднотвердеющих) связана с торможением усадки и, следовательно, с образованием в отливках напряжений, горячих и холодных трещин.

Одним из способов определения деформационной способности сырых песчано-глинистых смесей является нагружение стандартного образца в гильзе нагретым до 1200 °С пуансоном. Для определения деформационной способности стержневых смесей используют дилатометры. При этом сразу после надвигания печи с заданной температурой на нагревающийся образец создается нагружение, начиная с давления 0,1 ... 0,3 Н/мм² и до разрушения с записью перемещений.

Для подбора смесей в конкретных производственных условиях используют технологические пробы с целью определения склонности отливок к горячим трещинам.

В перечисленных выше испытаниях смесей на определение термических напряжений, горячей прочности, термостойкости, свободного теплового расширения и податливости используются приборы, называемые дилатометрами (от лат. *dilato* — расширяю), производства фирм «Dietert» (модель 753) и «G. Fischer» (модель РНТ).

Для определения термостойкости образец нагревается, к нему прикладывается нагрузка и замеряется время, в течение которого образец ее выдерживает.

Прочность в зоне конденсации. При заполнении сырой формы жидким металлом происходит испарение влаги из поверхностных слоев литейной формы. Водяные пары устремляются в глубь формы и, соприкасаясь с более холодными слоями формы, конденсируются, т. е. обра-

зуются зона конденсации влаги. Вследствие этого в слоях этой зоны возрастает влажность по сравнению с исходной и снижаются прочность и газопроницаемость. В зоне конденсации возникают напряжения отрыва сухой корки смеси от основной ее массы. Это может привести к браку по подутию отливок, к образованию «ужимин», а в условиях работы автоматических линий при использовании опок без крестовин и при перемещении формы без подпочного щитка — к разрушению форм и вываливанию отливки вместе со смесью из опоки.

Испытания прочности формовочных смесей в зоне конденсации проводят на приборе, принципиальная схема которого представлена на рис. 4.12.

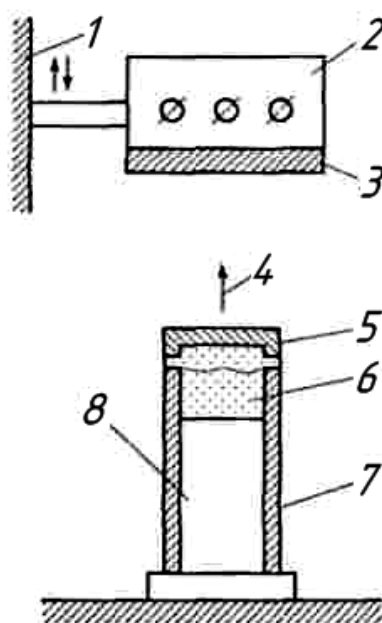


Рис. 4.12. Схема прибора для испытания прочности в зоне конденсации: 1 – траверса; 2 – печь; 3 – жароупорная пластин 4 – направление разрывающего усилия; 5 – крышка; 6 – образец; 7 – гильза; 8 – выталкиватель

Образец 6 готовят в специальной гильзе 7 с крышкой 5 (смесь уплотняют на копре тремя ударами до требуемой плотности, масса уплотненной смеси – (160 ± 15) г).

Гильзу 7 с испытуемым образцом устанавливают в приспособление, удерживающее ее. Для предотвращения влияния сил трения образца о стенки гильзы на результат испытания образец после нагрева выдвигается из гильзы выталкивателем 8. Далее образец нагревают печью 2 с электронагревом, которая поднимается и опускается на крышку гильзы. Для фиксации печи по высоте и для обеспечения постоянного зазора 0,5 мм между крышкой 5 и жароупорной стальной пластиной 3 в

нижней части служит упор.

Печь укреплена на траверсе 1 и может перемещаться вниз и вверх (показано стрелками). Температура рабочей поверхности печи при испытании (900... 1000 °С) измеряется хромель-алюмелевой термопарой и регулируется трансформатором.

После нагрева в течение 25 с (при влажности испытуемого образца 4,5 %) расстояние от поверхности образца до зоны конденсации составит 5,1 мм. Когда эта зона будет находиться в образце между крышкой 5 и краем гильзы 7, печь 2 поднимают и с помощью разрывного устройства с захватами разрывают образец по зоне конденсации.

Величина прочности смеси в зоне конденсации определяется в Н/мм², и по данному показателю бентонитовые глины подразделяются на четыре группы.

Прочность в зоне конденсации можно повысить применением активированного бентонита или простым добавлением соды в бегуны, что менее эффективно, а также добавлением в смесь волокнистых добавок, которые играют роль упрочняющих связей в зоне конденсации.

Остаточная прочность. При нагреве и охлаждении смесей важна остаточная прочность, которая характеризует их выбиваемость. Определение остаточной прочности при сжатии проводят в лабораторных условиях на стандартных образцах, которые предварительно нагревают в печи до заданной температуры, выдерживают и охлаждают вместе с печью. Рекомендуемое время выдержки для лабораторных испытаний 1 ч. Принято считать, что при остаточной прочности до 1,5...2,0 Н/мм² смесь выбивается удовлетворительно, а при прочности более 3 Н/мм² – плохо. Наряду с прямыми измерениями прочности для определения выбиваемости пользуются технологическими пробами, в которых образец пробивается или просверливается после нагрева и охлаждения в гильзе или опытной отливке с переменным соотношением толщин стенок стержня и отливки. В этих случаях мерой выбиваемости является работа выбивки (метод ЦНИИТмаша) или время сквозного сверления залитого стержня.

Гигроскопичность. Способность смесей поглощать влагу из воздуха с соответствующим изменением технологических свойств характеризуется гигроскопичностью материалов. Поглощение влаги происходит вследствие наличия у связующих сорбционной способности, которой в той или иной степени обладает большинство литейных связующих. Наиболее гигроскопичны гидрофильные (водорастворимые) связующие – карбамидные, карбамидфурановые смолы, технические лиг-

носульфонаты. С гидрофобными связующими смесь насыщается влагой медленно, с гидрофильными – быстрее. Прямое измерение гигроскопичности смеси проводят, помещая стандартные образцы в герметизированный эксикатор, частично заполненный серной кислотой. Предварительно образцы взвешивают, часть из них испытывают на прочность. В эксикаторе устанавливают необходимую относительную влажность, для чего выбирают определенную концентрацию серной кислоты. После выдержки в течение заданного времени взвешиванием определяют увеличение массы образца и его прочность.

Используют также метод, по которому образцы для определения прочности на изгиб или растяжение выдерживают непосредственно в закрытой форме из сырой песчано-глинистой смеси, а далее проводят определение его прочности.

4.3. ФОРМОВОЧНЫЕ ПЕСКИ

4.3.1. Кварцевые пески

Основой кварцевых песков является диоксид кремния SiO_2 – кремнезем. Чем больше кремнезема содержится в песке, тем он качественнее. На механические свойства формовочных и стержневых смесей, особенно холоднотвердеющих, оказывает влияние водородный показатель pH, который представляет собой отрицательный логарифм концентрации водородных ионов, т.е. $\text{pH} = -(\log \text{H}^+)$. В нейтральном растворе концентрация H^+ и OH^- одинакова $\text{pH} = 7$, для щелочной среды $\text{pH} > 7$, для кислой среды $\text{pH} < 7$. Чистые пески имеют показатель pH, близкий к 7.

Температура плавления кварца 1713°C , а огнеупорность в зависимости от чистоты составляет $1500\ldots 1770^\circ\text{C}$, твердость по шкале Мооса равна 7. При нагревании в кварце происходят модификационные превращения: β -кварц, стабильный при нормальной (20°C) температуре, переходит при температуре 573°C в α -кварц. Это превращение сопровождается увеличением объема кварца в зависимости от его состава на $0,86\ldots 1,30\%$. Объемные изменения кварца влияют на образование ужимин.

Кварцевые пески чаще всего используются в качестве огнеупорной составляющей при приготовлении смесей. Кварцевый песок и глина образуются в природе путем выветривания горных Пород. В зависимости от состава горной породы образуются отложения с разным соотношением песка и глины, причем продукты выветривания часто относятся вет-

ром или водой, т. е. происходит Частичное или полное их разделение. Пески, имеющие более крупные тяжелые зерна, оседают быстрее, чем частицы глины, т.е. последние переносятся дальше. В процессе переноса приобретает форма, и формируются свойства песка.

По принятой в России геологической классификации кварцевые пески разделяют на эоловые и элювиальные, ледниковые, морские, дельтовые, озерные.

Кварцевые пески, образовавшиеся вследствие выветривания горной породы (эоловые и элювиальные), отличаются высокой равномерностью размеров частиц со средним их диаметром 0,2...0,3 мм. К ним относятся пески месторождений в районе р. Волги (Орловское), на Урале (Басьяновское) и др.

Пески ледниковые имеют неравномерную зернистость с большим содержанием глинистых составляющих. В литейном производстве они используются только после обогащения, т. е. после промывки и удаления глинистых частиц. К ним относятся пески месторождений в Ленинградской (Крупельское), Псковской (Струги Красные), Волгоградской (Чапурниковский карьер) областях и др.

Значительными являются месторождения кварцевых песков морских отложений. Эти пески отличаются высокой однородностью, малым содержанием глинистых частиц и примесей. К ним относятся известные месторождения Московской (Люберецкие карьеры), Ростовской (Ореховские), Самарской (Балашейские), Челябинской (Кичигинские) областей и др.

Кварцевые пески дельтовые и элювиальные образовались вследствие выноса разрушенных горных пород реками, морскими течениями или паводковыми водами, накопления и их высыхания. К ним относятся месторождения Московской (Луховицкое) и Ленинградской (Новинское) областей.

4.3.2. Классификация песков по ГОСТ 2138

Формовочные пески на основе кварца в зависимости от содержания глинистой составляющей по ГОСТ 2138 подразделяют на кварцевые (до 2 % глинистой составляющей), тощие (свыше 2 до 12 %) и жирные (свыше 12 до 50 %). Глинистой составляющей называются частицы с условным диаметром 22 мкм. Если в минерале таких частиц больше 50 %, то их относят к глинам. Кварцевые и тощие пески подразделяют на группы в зависимости от содержания глинистой составляющей (табл. 4.4), кремнезема (диоксида кремния) (табл. 4.5), по коэффициенту однородности (табл. 4.6) и

среднего размера зерна кремнезема (табл. 4.7). Жирные пески подразделяют на группы в зависимости от предела прочности при сжатии (табл. 4.8) и среднего размера зерна (см. табл. 4.9).

Примеры марок песков: 3К₃О₂02 – кварцевый песок с содержанием глинистых не более 1 %, кремнезема – не менее 97 % Коэффициент однородности песка – свыше 70 до 80 %, средний размер зерна – свыше 0,19 до 0,23 мм;

Ж₁016 – жирный песок с пределом прочности при сжатии более 0,08 Н/мм² и средним размером зерна свыше 0,14 до 0,18 мм;

2Т₂016 – тощий песок с содержанием глинистых составляющих не более 8 %, кремнезема – не менее 93 %, средний размер зерна свыше 0,14 до 0,18 мм.

Таблица 4.4

Классификация кварцевых и тощих песков по содержанию глинистой составляющей

Группа	Содержание глины, мас. %, не более, в песке	
	кварцевом	тощем
1	0,2	4,0
2	0,5	8,0
3	1,0	12,0
4	1,5	–
5	2,0	–

Таблица 4.5

Классификация кварцевых и тощих песков по содержанию кремнезема

Кварцевый песок		Тощий песок	
Группа	SiO ₂ , мас. %, не менее	Группа	SiO ₂ , мас. %, не менее
К ₁	99	Т ₁	96
К ₂	98	Т ₂	93
К ₃	97	Т ₃	90
К ₄	95		
К ₅	93		

Таблица 4.6

Классификация песков по коэффициенту однородности

Группа	Коэффициент однородности, %
О ₁	Свыше 80
О ₂	Свыше 70 до 80
О ₃	Свыше 60 до 70
О ₄	Свыше 50 до 60
О ₅	До 50

Таблица 4.7.

Классификация кварцевых, тощих и жирных песков по среднему размеру зерна

Группа	Средний размер зерна, мм
01	До 0,14
016	Свыше 0,14 до 0,18
02	Свыше 0,19 до 0,23
025	Свыше 0,24 до 0,28
03	Свыше 0,28

Таблица 4.8

Классификация жирных песков по пределу прочности при сжатии

Группа	Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, Н/мм ²
Ж ₁	Свыше 0,08
Ж ₂	Свыше 0,05 до 0,08
Ж ₃	До 0,05

4.3.3. Определение содержания глинистых составляющих

Для определения содержания глинистых составляющих используется метод осаждения (применяемое иногда название «метод отмучивания» не отражает физической сути метода). Пробу песка массой 50 г засыпают в стеклянную банку и заливают водой (475 см³), затем добавляют 25 см³ 1 %-ного раствора едкого натрия (для лучшего отделения глинистых составляющих от песка).

Для перемешивания раствора используют смеситель – лопастную мешалку (рис. 4.13, а). Смеситель состоит из подставки 4 с вертикальной направляющей 3, по которой перемещается головка 7 с электродвигателем, включение которого осуществляется тумблером 10. В нижней части головки 1 насажены вал 9 с быстро вращающейся лопастью 7 и три регулируемые направляющие прутки-лопатки 8 с поперечным эллиптическим сечением, служащие для повышения эффективности перемешивания. В подставке аппарата находится резиновая прокладка 5 с соответствующей выемкой для установки стеклянного сосуда 6. Перемещение головки 1 по направляющей 3 производится вверх и вниз при нажатии рычага 2, фиксация – при отжатии рычага.

Раствор интенсивно перемешивают в лопастной мешалке в течение 10 мин, далее добавляют воду до отметки 150 мм. Затем осадок взбалтывают стеклянной палочкой и дают в течение 10 мин отстояться, после чего воду сливают сифоном до отметки 25 мм (рис. 4.13, б). Процесс повторяют, но с выдержкой 5 мин, до тех пор, пока вода не станет прозрачной. Скорость осаждаемых частиц определяют по закону Стокса,

используя уравнение

$$v = d^2(\rho_1 - \rho_2)g/08\eta), \quad (4.29)$$

где d – диаметр частиц, м; ρ_1 – плотность осаждающейся частицы, кг/м³; ρ_2 – плотность воды, кг/м³; g – ускорение силы тяжести $g = 9,81$ м/с²; η – динамическая вязкость, Па·с.

Если $\rho_1 = 2650$ кг/м³, $\rho_2 = 1000$ кг/м³, $\eta = 0,001165$ Па·с при 15 °С, то для глинистых частиц крупностью менее 0,022 мм $v = 0,000308$ м/с.

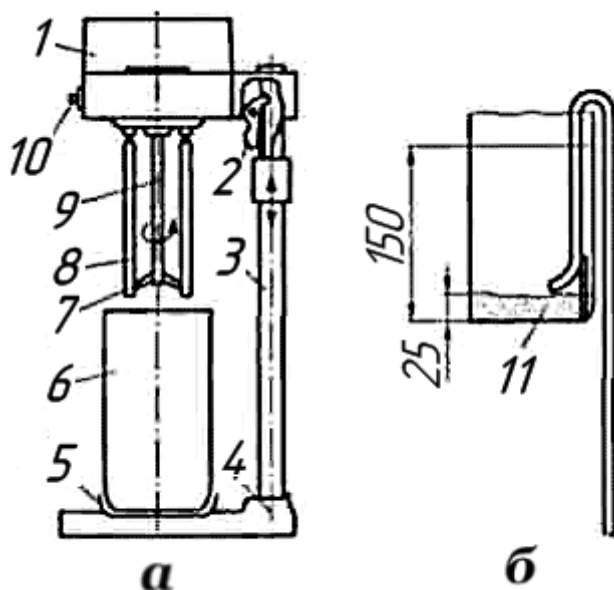


Рис. 4.13. Аппарат для определения глинистых составляющих методом осаждения: а – лопастная мешалка; б – слив воды с частицами менее 0,022 мм через сифон; 1 – головка с электродвигателем; 2 – рычаг; 3 – направляющая; 4 – подставка; 5 – резиновая прокладка; 6 – стеклянный сосуд; 7 – лопасть; 8 – прутки-лопатки; 9 – вал; 10 – тумблер; 11 – частицы крупнее 0,022 мм

Время опускания частицы крупностью 0,022 мм с верхнего уровня $H = 150$ мм до отметки 25 мм составит $\tau = S/v = 0,125/0,000308 = 406$ с. Поэтому в первом опыте выдержку принимают равной 10 мин, а в последующих – 5 мин.

При изменении температуры воды изменяется ее динамическая вязкость, а значит и время осаждения частиц. Поэтому при испытаниях важно поддерживать постоянную температуру воды. Все частицы менее 0,022 мм удаляются из раствора после 10 и последующих 5 мин отстаивания. Остаток песка высушивают и взвешивают. Относительное содержание глинистых составляющих в песке, %, определяют по уравнению

$$Гл = (m_{исх} - m_{ост})100/m_{исх}, \quad (4.30)$$

где $m_{исх}$ – масса исходной навески песка, $m_{исх} = 50$ г; $m_{ост}$ – масса остатка песка после осаждений и высушивания, г.

4.3.4. Определение среднего размера зерна и коэффициента однородности ГОСТ 29234.3

Средний размер зерна и коэффициент однородности находят после определения зернового состава песка ситовым анализом. Высушенный отмытый песок, полученный после отделения глинистой составляющей, просеивают в течение 15 мин на вибрационной установке через стандартный ГОСТ 3584 комплект сит с размерами ячеек, приведенными в табл. 4.9

Таблица 4.9

Характеристика стандартного комплекта сит по ГОСТ 3584

Номер сита	Размер ячейки, мм	Номер сита	Размер ячейки, мм
2,5	2,5	02	0,2
1,6	1,6	016	0,16
1	1,0	01	0,1
063	0,63	0063	0,063
04	0,4	005	0,05
0315	0,315	Тазик	0

Результаты определения зернового состава представляются в виде интегральной кривой распределения частиц по размерам, которая используется для определения среднего размера зерна и коэффициента однородности. Для построения кривой по оси абсцисс (рис. 4.14) откладывают в логарифмическом масштабе размер сторон ячеек сетки в свету, а по оси ординат – суммарное содержание частиц меньше данного размера, %, которое вычисляют по уравнению

$$Y_i = \frac{\sum m_i}{m_{исх}} 100, \quad (4.31)$$

где $\sum m_i$ – суммарная масса остатков на ситах с ячейками меньше данного размера, г; $m_{исх}$ – масса исходной навески, $m_{исх} = 50$ г.

Средний размер зерна определяется точкой пересечения интегральной кривой и прямой, проведенной через ординату, равную 50 %.

Средний размер зерна ($D_{\text{ср}}$) соответствует размеру сторон ячеек сита, через которое проходит 50 % песчаной основы (рис. 4.14).

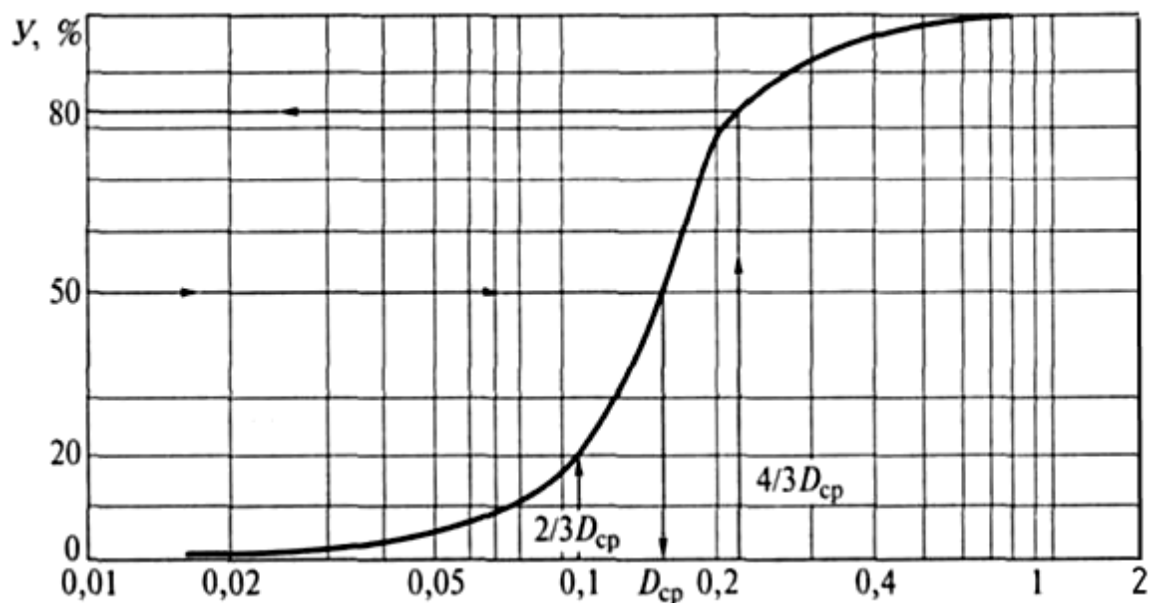


Рис. 4.14. Интегральная кривая распределения частиц по размерам: D – размер стороны ячейки в свету; $D_{\text{ср}}$ – средний размер зерна; Y – содержание частиц соответствующих размеров

Для определения коэффициента однородности (O , %) по интегральной кривой находят процентное содержание частиц размером меньше $4/3D_{\text{ср}}$ и $2/3D_{\text{ср}}$ (см. рис. 4.14). Коэффициент однородности равен разности этих значений. Например, если на рис. 4.14 частицам $4/3D_{\text{ср}}$ соответствует их содержание 83 %, а значению $2/3 D_{\text{ср}}$ – 20 %, то

$$O = Y_{4/3D_{\text{ср}}} - Y_{2/3D_{\text{ср}}} = 83 - 20 = 63 \, \%.$$

Согласно ГОСТ 2138, кварцевые пески должны соответствовать определенным требованиям. В соответствии с этими требованиями пески различаются по содержанию влаги, показателю рН, коэффициенту угловатости (табл. 4.10), а также по содержанию вредных примесей (табл. 4.11). Содержание сульфидной серы в кварцевых формовочных песках не должно превышать 0,05 мас. % (определяют при геологической разведке новых месторождений). Кварцевые и тощие пески должны отвечать определенным требованиям по таким показателям, как газопроницаемость, удельная поверхность и потери при прокаливании (табл. 4.12).

Таблица 4.10

Классификация кварцевых песков по содержанию влаги, показателю pH и коэффициенту угловатости

Контролируемый параметр	Классификация кварцевых песков по ГОСТ 2138
Содержание влаги, мас. %, не более: 0,5	Сухие
4,0	Влажные
6,0	Сырые
Значение pH: до 6,2	Кислые
6,2...7,0	Нейтральные
более 7,0	Щелочные
Форма зерна песка при коэффициенте угловатости, не более: 1,1	Округлая
1,25	Полуокруглая
1,40	Угловатая

Таблица 4.11

Требования к кварцевым пескам по содержанию вредных примесей

Содержание вредных примесей, мас. %, не более		Классификация содержания вредных примесей
Оксиды щелочных и щелочно-земельных металлов (NaO, KaO, MgO, CaO)	Оксид железа (Fe ₂ O ₃)	
0,4	0,2	Очень низкое
0,8	0,4	Низкое
1,2	0,6	Среднее
1,6	0,8	Высокое
2,0	1,0	Очень высокое

Таблица 4.12

Требования к кварцевым и тощим пескам по газопроницаемости, удельной поверхности и потерям при прокаливании

Контролируемый параметр	Классификация кварцевых и тощих песков
Газопроницаемость, ед., не менее:	
550	Очень высокая
350	Высокая
200	Средняя
100	Низкая
30	Очень низкая
Удельная поверхность, см ² /г, не менее:	
15	Высокая
10	Средняя
5,0	Низкая
Потери при прокаливании, %, не более	
0,3	Низкие
1,0	Средние
3,0	Высокие

4.3.5. Область применения кварцевых песков

Кварцевые пески применяются при изготовлении литейных форм для чугунных и стальных отливок. При изготовлении стальных отливок используются пески с диаметром частиц, несколько большим (на одну градацию сита), чем для чугунных отливок. Это необходимо для повышения огнеупорности и газопроницаемости смеси. Для изготовления стержней при использовании в качестве связующего термореактивных смол применяется кварцевый песок, содержащий менее 0,5 % глинистых составляющих. Это связано с тем, что при большем содержании глинистых составляющих резко возрастает расход дорогостоящего связующего, что приводит к удорожанию смесей и отливок. Одновременно возрастает газотворность смесей, что может привести к повышенному браку по газовым раковинам. Смолы относятся к дорогостоящим связующим, однако они обеспечивают существенное повышение точности стержней и отливок.

Показатели качества, регламентируемые для лучших отечественных марок песков, отвечают уровню требований стандартов Германии, Англии, США.

4.3.6. Некварцевые пески

При изготовлении крупных отливок из легированных сталей в качестве наполнителя формовочных смесей применяют высокоогнеупор-

ные и химически инертные материалы.

Хромит (хромистый железняк) $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ является широко распространенным природным сырьем. Хромитовый песок получают путем размола и рассева руды хромистого железняка. Для литейного производства рекомендуется использовать хромиты, содержащие, мас. %: Cr_2O_3 не менее 45; Fe_2O_3 не более 26; SiO_2 не более 8 и CaO не более 2,5. Хромитовые пески на ситах 1,6 – 01 имеют остаток 60... 70 %, на ситах 0063, 005 и в тазике – 30...40 %.

При относительно высокой температуре плавления 1800 °С и содержании Cr_2O_3 до 40 % хромитовый песок имеет низкую температуру спекания (1100 °С), а смеси на его основе обладают высокой прочностью при термическом ударе. Благодаря высокому коэффициенту теплоаккумуляции хромита (2380 по сравнению с 1628 $\text{Вт} \cdot \text{с}^{1/2}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ для кварцевого песка) зона конденсации влаги в сырой форме на его основе образуется на значительно большей глубине, чем в смесях на кварцевом песке. Хромит химически инертен к оксидам железа при высоких температурах в любой газовой атмосфере, плохо смачивается жидким металлом, имеет малый температурный коэффициент линейного расширения. Все эти факторы при изготовлении крупных стальных отливок способствуют предотвращению образования химического и механического пригара, ужимин, улучшают условия кристаллизации металла. Хромитовые пески нельзя смешивать с кварцевыми во избежание образования пригара на отливках.

Наиболее вредной примесью в хромитовых песках является углекислый кальций CaCO_3 , который при нагревании выделяет CO_2 с последующим образованием газовых раковин.

Хромомагнетит получают в результате обжига смеси, состоящей из 50...70 % хромитовой руды и 30...50 % металлургического магнезита; он содержит MgO не менее 42 % и Cr_2O_3 не менее 15 %; имеет температуру плавления до 2200 °С. Хромомагнетитовый песок рекомендуется получать из отходов кирпича при ремонте мартеновских и электрических печей путем помола и рассева. Оксиды железа образуют с хромомагнетитом тугоплавкие и малоподвижные соединения, которые препятствуют внедрению металла в глубину формы. Хромомагнетитовый песок наиболее целесообразно применять при изготовлении крупных отливок из высоколегированных сталей. Условия применения хромомагнетитового песка аналогичны условиям использования хромитового песка.

Цирконовый песок представляет собой природный минерал – силикат циркония $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$, встречающийся в россыпях. Используется цирконовый концентрат естественной крупности после обогащения.

Циркон обладает высокой огнеупорностью (температура плавления

2430...2450 °С), инертностью по отношению к расплавленному железу, марганцу и их оксидам, низким температурным коэффициентом линейного расширения, большой теплоаккумулирующей способностью. Цирконовый песок хорошо совместим с различными связующими: глиной, жидким стеклом, органическими связующими, синтетическими смолами. Формовочные смеси на основе цирконового песка целесообразно использовать при наиболее тяжелых тепловых условиях литья: длительном воздействии высоких температур и высоком металлостатическом давлении.

В соответствии с ОСТ 48-82 – 81 содержание диоксида циркония в зернистом материале должно быть не менее 65 %. Примесей оксидов железа, титана (TiO_2), алюминия (Al_2O_3) и фосфора (P_2O_5) соответственно не более 0,1; 0,4; 2,0 и 0,15 мас. %. Влажность цирконового песка должна быть не выше 0,5 мас. %, остаток на сите 0315 не допускается, остаток на ситах 016, 01 и 0063 – не менее 90 %.

Радиационно безопасная норма содержания долгоживущих естественно-радиоактивных элементов менее 10^{-9} Ки/г и содержание оксидов кальция (CaO) и магния (MgO) менее 0,1 мас. % гарантируется технологией производства цирконового концентрата. Предельно допустимая концентрация (ПДК) цирконсодержащей пыли в воздухе рабочей зоны 2 мг/м³. В помещениях, где проводятся работы с цирконовым концентратом, должна регулярно проводиться влажная уборка полов и поверхностей оборудования или пневмоуборка. В этих помещениях запрещается хранить и употреблять пищевые продукты, курить, пользоваться косметикой. К работе с цирконовым концентратом допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний.

Цирконовый концентрат поставляется в мешках массой 50 кг, контейнерах массой не более 2 т или в цементовозах.

Шамот получают путем обжига каолинов и огнеупорных глин. Шамот содержит 30...70 мас. % муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$); имеет огнеупорность 1690... 1770 °С. Шамотный песок получают из кускового шамота путем его размол и рассева на фракции, аналогичные маркам кварцевого песка. В литейных цехах используют также шамотный песок, получаемый помолом боя шамотного кирпича. Шамотный песок применяют для сухих форм при производстве крупных чугунных и стальных отливок, в том числе для форм многоразового использования.

Шамот не имеет структурных превращений, имеет низкий температурный коэффициент линейного расширения, инертен в отношении к расплавленному металлу. Эти его свойства обеспечивают получение отливок высокого качества.

К алюмосиликатным материалам относятся муллит и корунд. Муллит – высокоогнеупорный материал, имеющий формулу

$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, получается при сплавлении каолина с корундом.

Корунд (Al_2O_3) – минерал синего цвета. Синтетический корунд получают сплавлением боксита и чистых высокоглиноземистых глин. Он содержит до 95 % Al_2O_3 и отличается высокой огнеупорностью, малой химической активностью и отсутствием объемных изменений при нагреве.

Муллит и корунд применяют при изготовлении противопригарных красок для стального литья и в качестве наполнителя для изготовления форм при литье по выплавляемым моделям.

Дистен-силлиманитовый песок получают на основе природного алюмосиликата $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ в результате выделения его из смеси минералов. Дистен-силлиманит состоит из двух минералов – дистена (кианита) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_4$ и силлиманита $\text{Al}(\text{AlSiO}_5)$ с содержанием не менее 57 % Al_2O_3 и не менее 39 % SiO_2 .

Дистен-силлиманитовый песок применяют в основном в красках при получении крупных отливок из легированных и марганцовистых сталей. Выпускается по ТУ 48-4-307 – 74 двух марок: КДС3 и КДС3-1. Зерновой состав соответствует остатку на ситах 02; 016; 01 не менее 90 %. В марке КДС3-1 при массовой доле оксида алюминия выше 54 % на каждый 1 % увеличения Al_2O_3 допускается повышение содержания диоксида титана на 0,2 %. Концентрат марки КДС3 поставляется навалом в крытых железнодорожных вагонах, обитых внутри дегтевой бумагой по ГОСТ 515, в цементовозах, цистернах или мягких контейнерах по ОСТ 680 – 80.

Оливин представляет собой изоморфную смесь форстерита $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2$ (температура плавления 1900 °С) и фаялита $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ (температура плавления 1200 °С). Добывается оливин в виде кусков, и поэтому для использования в формовочных смесях его необходимо измельчать и классифицировать. Для приготовления формовочных песков следует применять оливиновые породы, содержащие до 10 % фаялита, так как огнеупорность оливина с увеличением содержания железа понижается.

Оливин не имеет аллотропических превращений, стоек к ошлакованию оксидами железа, однако при изготовлении стальных отливок оливиновые пески не должны смешиваться с кварцевыми песками, поскольку при нагревании они вступают в химическую реакцию, образуя легкоплавкие соединения.

Оливиновые пески можно использовать при изготовлении отливок из чугуна и сталей всех типов, особенно марганцовистых.

В России оливиновые пески централизованно не выпускаются, они широко используются в скандинавских странах, богатых оливиновыми месторождениями. По зерновому составу оливиновые пески близки к

естественным кварцевым пескам групп крупности 0315, 02, 016. Использование оливиновых песков не вызывает заболевания силикозом.

Тальк ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) имеет температуру плавления 1200°C , применяется в качестве припылов, огнеупорного наполнителя в замазках и красках для цветного литья.

4.4. ФОРМОВОЧНЫЕ ГЛИНЫ И ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫЕ СМЕСИ

Литейными формовочными глинами называются горные породы, состоящие из тонкодисперсных частиц (размером менее 22 мкм) водных алюмосиликатов и обладающие связующей способностью и термохимической устойчивостью, что позволяет использовать их в качестве связующего для приготовления прочных и не пригорающих к отливке формовочных смесей. Различают природные глины первичные – оставшиеся на месте образования и вторичные – перенесенные с места образования.

По виду порообразующего минерала используемые глины подразделяются на каолиновые, монтмориллонитовые и гидрослюды. Структуру глинистых минералов можно рассматривать как сочетание перемежающихся слоев различных групп атомов кислорода, кремния, алюминия, водорода, калия и др. Комбинации из этих слоев образуют пакеты.

Каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) является главной составной частью каолина и большинства других глин. Каолинит – водный алюмосиликат белого цвета, его твердость 2...2,5 по шкале Мооса, плотность $2,58...2,60 \text{ г/см}^3$, температура плавления $1750... 1790^\circ\text{C}$. При нагреве до $100... 140^\circ\text{C}$ каолинит теряет гигроскопическую воду, при $350...580^\circ\text{C}$ он теряет конституционную воду и переходит в метакаолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), т.е. глина теряет свои связующие свойства. Данный процесс называется «шамотизацией глины». При $900... 1050^\circ\text{C}$ метакаолинит распадается на смесь аморфных составляющих – Al_2O_3 и SiO_2 . В интервале температур $1200... 1280^\circ\text{C}$ образуется муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, не обладающий связующей способностью и являющийся огнеупорным материалом.

Пакет каолинита состоит из слоя кремнекислородной тетраэдрической упаковки с атомами кислорода в вершинах и кремния в центре, а также гидроксильных групп, в которых в виде октаэдрической упаковки расположены атомы алюминия. Межплоскостное расстояние составляет $(7,13...7,20) \cdot 10^{-4}$ мкм. Пакеты–соседи удерживаются водородными связями, возникающими между кислородом тетраэдров и водородом внешних ОН-групп.

Монтмориλλονит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \cdot m\text{H}_2\text{O}$) является основным породообразующим минералом бентонитовых глин (с температурой плавления 1250... 1300 °С). Химический состав монтмориλλονита непостоянный. Монтмориλλονит – мягкий материал белого, розового, синеватого или зеленоватого цвета; при нагреве до 100 °С он выделяет 18 % воды, в интервале температур 500... 700 °С теряет конституционную воду и способность набухать в воде. При 735... 850 °С происходит разрушение кристаллической решетки, и материал превращается в аморфное вещество.

Пакет монтмориλλονита состоит из двух кремнекислородных тетраэдрических слоев, расположенных на внешних плоскостях, и одного внутреннего алюмокислородного с гидроксильными ОН-группами октаэдрической упаковки. Межплоскостное расстояние составляет $(9,2...9,4) \cdot 10^{-4}$ мкм. В каждом пакете монтмориλλονита, как и в пакете каолинита, ионы связаны между собой прочными валентными связями. Связь между пакетами в монтмориλλονите осуществляется межмолекулярными силами между одноименными внешними ионами кремнекислородного тетраэдра. Эта связь более слабая, чем в каолините, поэтому вода может легко проникать между пакетами, увеличивая межплоскостное расстояние до $21,4 \cdot 10^{-4}$ мкм, а объем – в 10–15 раз

Мусковит ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) относится к двухслойным алюминиевым гидрослюдам. Гидрослюдистые глины представляют собой промежуточные продукты разложения от слюд к каолиниту. Структура кристаллической решетки мусковита аналогична структуре монтмориλλονита с тем лишь отличием, что вместо молекул воды между пакетами расположены ионы калия и каждый четвертый ион кремния в кремнекислородном тетраэдре замещен ионом алюминия. В мусковите за счет ионов калия между пакетами действует валентная связь, однако она слабее, чем валентная связь внутри пакета. Межплоскостное расстояние в мусковите составляет около $10 \cdot 10^{-4}$ мкм. Таким образом, наиболее слабые связи между пакетами у монтмориλλονита наиболее прочные у мусковита, а каолинит занимает промежуточное положение. Прочность связи между пакетами обуславливает способность глин к набуханию.

4.4.1. Классификация глин

Последними стандартами глины подразделены на огнеупорные формовочные каолиновые ГОСТ 3226 и бентонитовые ГОСТ 28177.

Огнеупорные формовочные глины. Огнеупорность этих глин не

ниже 1580 °С, и в соответствии с ГОСТ 3226 их классифицируют по ряду признаков, приведенных в табл. 4.13.

Таблица 4.13

Классификация каолинитовых глин

Показатель	Норма показателя по ГОСТ 3226		
	Высокая	Средняя	Низкая
Содержание Al_2O_3 , мас. %	Свыше 33,0	28,0...33,0	23,0...28,0
Содержание железа в пересчете на Fe_2O_3 , мас. %	3,0...4,5	1,5...3,0	Не более 1,5
П.п.п*. мас. %	14,0... 18,0	10,0... 14,0	Не более 10,0
Коллоидальность, мас. %	Свыше 20,0	14,0...20,0	8,0... 14,0
Концентрация обменных катионов, мг-экв/100 г сухой глины	Свыше 25,0	15,0...25,0	7,0... 15,0

*Потери при прокаливании — далее по тексту используется сокращенная форма записи — п.п.п., принятая в литературе по литью и металлургии.

По физико-механическим свойствам глины подразделяются в соответствии с ГОСТ 3226 на марки (табл. 4.14). В приведенных марках глин буквы означают следующее: П – прочная, С – средне-прочная, М – малопрочная; а цифры: 1 – высокосвязующая, 2 – средне-связующая, 3 – малосвязующая. Например, глины марки П2 являются прочными во влажном состоянии и среднесвязующими в сухом состоянии.

Таблица 4.14

Марки и физико-механические свойства огнеупорных глин

Марка	Предел прочности при сжатии, Н/мм ² , не менее, по ГОСТ 3226	
	Влажное состояние глины	Сухое состояние глины
П1	0,050	0,35
П2	0,050	0,25
П3	0,050	0,15
С1	0,035	0,35
С2	0,035	0,25
С3	0,035	0,15
М1	0,020	0,35
М2	0,020	0,25
М3	0,020	0,15

Огнеупорные глины добывают в основном предприятия огнеупорной и керамической промышленности. Многие из добываемых глин удовлетворяют требованиям ГОСТ 3226 и используются в литейном производстве, как правило, для сухих форм.

Бентонитовые глины. Требования к бентонитовым глинам установлены в соответствии с ГОСТ 28177. Химико-минералогические показатели бентонитовых глин приведены в табл. 4.15.

Таблица 4.15

Химико-минералогические показатели бентонитовых глин

Показатель	Норма по ГОСТ 28177
Содержание в глине, мас. %: монтмориллонита, не менее карбонатов в пересчете на CaCO_3 , не более сульфидной серы, не более железа в пересчете на Fe_2O_3 , не более	30,0 10,0 0,3 12,0
Концентрация обменных катионов, мг-экв/100 г сухой глины, не менее	30,0
Коллоидальность, мас. %, не менее	10,0
Водопоглощение, ед., не менее	1,0

Классификационные признаки по ГОСТ 28177 по химико-минералогическим показателям приведены в табл. 4.16

Таблица 4.16

Классификационные признаки формовочных бентонитовых глин в зависимости от химико-минералогических показателей

Показатель	Норма по ГОСТ 28177-89
Содержание в глине, мас. %: монтмориллонита: высокое среднее низкое карбоната в пересчете на CaCO_3 : низкое среднее высокое сульфидной серы: высокое низкое железа в пересчете на Fe_2O_3 : низкое среднее высокое	 Свыше 70 Свыше 50 до 70 Свыше 30 до 50 До 2 Свыше 2 до 5 Свыше 5 до 10 Свыше 0,2 до 0,3 До 0,2 До 4 Свыше 4 до 8 Свыше 8 до 12

Окончание таблицы 4.16

Концентрация обменных катионов, мг-экв/100 г сухой глины: высокая средняя низкая	Свыше 80 Свыше 50 до 80 Свыше 30 до 50
Коллоидальность, мас. %: высокая средняя низкая	Свыше 80 Свыше 40 до 80 Свыше 10 до 40
Водопоглощение, ед.: высокое среднее низкое	Свыше 6,5 Свыше 5,1 до 6,5 Свыше 1 до 5

Примечание. При суммарном преобладании в обменном комплексе ионов калия и натрия природные бентонитовые глины классифицируются как натриевые (Н), при суммарном преобладании ионов кальция и магния – как кальциевые (К).

По физико-механическим свойствам бентонитовые глины подразделяются на три группы в зависимости от прочности во влажном состоянии: прочная (П) глина с пределом прочности при сжатии не менее $0,09 \text{ Н/мм}^2$, среднепрочная (С) – не менее $0,07 \text{ Н/мм}^2$ и малопрочная (М) – не менее $0,05 \text{ Н/мм}^2$.

По прочности при разрыве в зоне конденсации бентонитовые глины подразделяют на четыре группы: 1-я группа объединяет высокосвязующие глины (не менее $0,0028 \text{ Н/мм}^2$), 2-я группа – связующие (не менее $0,002 \text{ Н/мм}^2$), 3-я группа – среднесвязующие (не менее $0,0015 \text{ Н/мм}^2$) и 4-я группа – малосвязующие (без указания значений прочности). По термической устойчивости различают три группы бентонитовых глин: T_1 – высокоустойчивая глина с показателем 0,6; T_2 – среднеустойчивая с показателем не менее 0,3 и T_3 – низкоустойчивая без указания значений показателя.

Например, бентонитовая глина марки $C1T_2$ является среднепрочной во влажном состоянии ($\sigma_w \leq 0,07 \text{ Н/мм}^2$), высокосвязующей по прочности при разрыве в зоне конденсации влаги ($\sigma_{3K} \geq 0,0028 \text{ Н/мм}^2$) и имеет среднюю (не менее 0,3 ед.) термическую устойчивость.

По гранулометрическому составу и содержанию влаги порошкообразные бентониты должны соответствовать следующим требованиям:

Показатель	Норма
Остаток, мас. %, на ситах с размером ячеек, мм, не более:	
0,4.....	3
0,16.....	10
Содержание влаги, мас. %	6... 10

Связующую способность бентонитовых глин по пределу прочности при сжатии во влажном состоянии оценивают следующим образом. Отобранную для испытаний глину в порошкообразном виде предварительно сушат слоем 10 мм на противне при температуре 105... 110 °С в течение 3 ч. Далее готовят 3 кг песчано-бентонитовой смеси, состоящей из 95 частей песка и 5 частей глины, перемешивая ее в течение 2 мин в лабораторных смесителях. Затем добавляют 6...7 см³ воды, закрывают смеситель крышкой и перемешивают увлажненную смесь в течение 20 мин, после чего отбирают пробу смеси для определения ее уплотняемости, которая должна быть выше 60 %. При необходимости продолжают перемешивать смесь в смесителях с открытой крышкой, определяя каждые 1...2 мин показатели уплотняемости и прочности смеси при сжатии. Испытание прекращают с момента снижения прочности при сжатии. За предел прочности принимают среднее арифметическое результатов трех определений, при которых прочность при сжатии образцов будет наибольшей.

В процессе испытания прочности при сжатии во влажном состоянии определяют также предел прочности при разрыве в зоне конденсации влаги, для чего отбирают пробу смеси с показателем уплотняемости 45...50 %.

Для определения прочности при разрыве в зоне конденсации влаги в состоянии оптимальной активации добавляют в смеситель 1 см³ раствора-активатора (кальцинированной соды), перемешивают смесь в течение 1 ...3 мин и при повторном достижении показателя уплотняемости 45... 50 % определяют прочность при разрыве в зоне конденсации.

Методика определения термической устойчивости бентонитовых глин основана на определении потери прочности при сжатии во влажном состоянии после нагрева. Для испытаний используют две навески порошкообразной глины массой 200 г, помещенные в две выпарительные чаши. Легким постукиванием по чаше выравнивают поверхностный слой глины и помещают чаши с глиной в предварительно нагретую до температур 550 °С муфельную печь. Одновременно прокалывают две навески глины в течение 1 ч при температуре 550 °С.

После прокаливания чашу с глиной помещают в эксикатор, выдерживают до комнатной температуры, перемешиванием лопаточкой усредняют прокаленную глину по составу и отбирают для испытаний навеску массой 100 г. Последовательно готовят смеси массой 2 кг с исходной и прокаленной глиной и продолжают испытание для определения предела прочности при сжатии во влажном состоянии по упомянутой методике.

Термическую устойчивость вычисляют по уравнению

$$T_y = \sigma'/\sigma'', \quad (4.32)$$

где σ' – предел прочности при сжатии во влажном состоянии по результатам испытания смеси с прокаленной глиной, Па; σ'' – то же, для смеси с исходной глиной, Па.

По значениям прочностных характеристик и термической устойчивости определяют марку бентонитовых глин. При контроле бентонитовых глин, поставляемых в порошкообразном виде, проводят дополнительные испытания на определение гранулометрического состава и влаго содержания бентонитовых порошков.

Метод определения гранулометрического состава порошкообразных глин основан на нахождении массового распределения частиц по крупности путем сухого рассева на ситах с последующим определением массы глины полученных классов крупности и вычислением их процентного содержания в общей массе, взятой для ситового анализа. Используют комплект сит с сетками 04 и 016 по ГОСТ 6613 – 86. Навеску бентонитовой порошкообразной глины массой 25 г с помощью мягкой кисти протирают последовательно через оба сита, избегая излишнего трения глинистых частиц. Массовую долю остатка на сите, %, вычисляют из соотношения

$$X = (m_i/m_2)100, \quad (4.33)$$

где m_i – масса остатка на соответствующем сите, г; m_2 – масса навески, г.

За результат испытаний принимается среднее арифметическое из двух определений.

Метод определения массовой доли влаги (влаго содержания) порошкообразных бентонитовых глин основан на определении уменьшения массы после высушивания навески глины при температуре 105... 110 °С. Отобранную навеску глины массой 20 г помещают в предварительно высушенную до постоянной массы и взвешенную чашу или бюксу и сушат в сушильном шкафу при температуре 105... 110°С в течение 30 мин. Чашу с навеской взвешивают, затем дополнительно сушат в течение 15 мин. Операцию повторяют до тех пор, пока разность двух последних взвешиваний будет не более 0,02 г. Далее чашу с глиной охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Массовую долю влаги, %, определяют параллельно на двух навесках и вычисляют по уравнению

$$X = \frac{m - m_1}{m}100, \quad (4.34)$$

где m – масса навески глины до высушивания, г; m_1 – масса навески глины после высушивания, г.

За результат испытания принимают среднее арифметическое двух определений.

Кроме рассмотренных показателей бентонитовых глин, следует отметить такие их свойства и методы определения этих свойств, как вид минерала, долговечность, коллоидальность, водопоглощение, активность глины.

Вид минерала можно определять по дифференциально-термическим кривым на специальном приборе. При этом в процессе нагрева испытуемого образца (5 г) фиксируются изменения массы навески образца, которые сопровождаются экзо- и эндотермическими эффектами. Характерные температуры t_1 , t_2 и t_3 для бентонитов и каолинитов представлены в табл. 4.17.

Долговечность является важным параметром формовочных глин, характеризующим их способность сохранять связующие свойства в процессе многократного использования. Метод испытания глин на долговечность по ГОСТ 3594.8 – 77 основан на определении потери прочности сжатия во влажном состоянии после трехкратного нагрева образца смеси до 550 °С.

Коллоидальность характеризует способность глин к набуханию в воде. Степень набухания является важным показателем глин, особенно при использовании их в составе суспензий и противопригарных покрытий. Коллоидальность глин определяется по ГОСТ 3594.10.

Таблица 4.17

Температурные остановки при нагреве глин

Глина	Характерная температура, °С		
	t_1	t_2	t_3
Каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	100...130	400...500	1200, $t_{\text{пл}} = 1580$
Бентонит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$	100...120	350...550	950, $t_m = 950$

Примечание. При характерной температуре t_1 , происходит потеря свободной (капиллярной) влаги; при t_2 – потеря конституционной влаги из кристаллической решетки; при t_3 – полная потеря $n\text{H}_2\text{O}$ (разрушение минерала).

Навеску глины массой 0,5 г помещают в мерную пробирку, наливают воду до общего объема 15 см³ и взбалтывают до получения однородной суспензии. Добавляют 0,1 г оксида магния и снова взбалтывают в течение 1 мин. Затем пробирку оставляют в покое на 24 ч, после чего измеряют объем V образовавшегося осадка и далее вычисляют коллоидальность K , %, по формуле

$$K = \frac{V}{15} \cdot 100. \quad \dots(4.35)$$

Показатель водопоглощения, характеризующий степень активации и содержание введенной кальцинированной соды, определяется как соотношение масс воды и глины, которое по ГОСТ 28177 может колебаться от 1,0 до 6,5 ед.

В формовочных смесях глинистая составляющая состоит из неподвергшейся термическому разложению (не потерявшей конституционную воду) так называемой активной глины и неактивной шамотизированной глины. Поэтому необходимо контролировать как общее содержание мелочи (мелкой фракции размером частиц менее 22 мкм), так и содержание активной глины.

Общее содержание мелочи в смесях для формовки по-сырому должно составлять не более 15 % (обычно 9... 12 %), что определяется методом осаждения. Содержание активного бентонита может быть определено только косвенными методами по прочности во влажном состоянии на сжатие и на срез, по уплотняемости смеси и по адсорбции голубого метиленового красителя.

Остановимся на ускоренном адсорбционном методе, при котором используют титрование метиленовым голубым в присутствии серной кислоты, для чего предварительно нужно построить тарировочный график зависимости объема V поглощенного красителя (метиленового голубого) от содержания активной глины A (рис. 4.15).

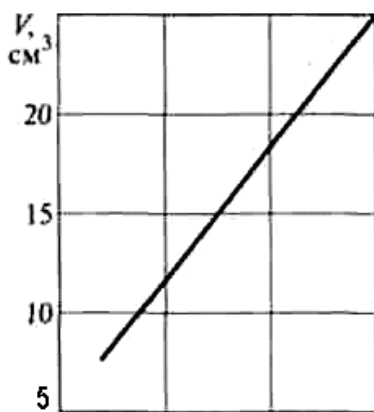


Рис. 4.15. Тарировочный график зависимости объема V поглощенного красителя от содержания A активной глины

Навеску испытуемой смеси (5 г) помещают в колбу объемом 0,5 л, доливают 50 мл дистиллированной воды, кипятят в течение 5 мин, охлаждают до комнатной температуры, добавляют 2 мл 5 %-ного нормального раствора серной кислоты H_2SO_4 и тщательно перемешивают. После этого добавляют по 1 мл метиленового голубого (приготовленного из расчета 3,74 г на 1 л дистиллированной воды) до появления свет-

ло-зеленого ореола вокруг пятна от раствора смеси с метиленовым голубым, нанесенного стеклянной палочкой на фильтровальную бумагу. Если ореол утвердился, титрование метиленовым голубым прекращают. По содержанию израсходованного метиленового голубого находят по графику содержание активной глины.

Следует отметить, что свойства глин, особенно бентонитов, определяются большим числом параметров, которые взаимосвязаны между собой. Поэтому важно установить минимально возможное число контролируемых параметров. Одним из методов их установления является метод корреляционного анализа зависимостей параметров между собой по значениям коэффициентов парной корреляции.

Сокращение числа контролируемых показателей требует регулярного (по крайней мере, не реже одного раза в год) определения и анализа всех параметров для подтверждения установленных зависимостей.

4.4.2. Активация глин

Известно, что концентрация обменных катионов у огнеупорных каолиновых глин существенно меньше (табл. 4.13), чем у бентонитовых (табл. 4.15). Природные натриевые (щелочные) бентониты имеют более высокие свойства по сравнению с широко распространенными кальциевыми (щелочно-земельными). Поэтому кальциевые бентониты путем изменения обменного комплекса, называемого активацией, можно превращать в натриевые с помощью натриевых солей $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, Na_3PO_4 и Na_2CO_3 , которые образуют труднорастворимые соли с катионами кальция и магния.

В процессе активации повышается дисперсность, набухаемость, водопоглощение глин и их связующая способность. Такие бентониты называют «активированными». Экспериментально установлено, что при искусственном получении натриевых бентонитов максимальная прочность при разрыве в зоне конденсации достигается при содержании в обменном комплексе 50...60 % щелочных и 40...50 % щелочно-земельных катионов.

При промышленном производстве активированных бентонитов используют два способа активации: «сухой» и «мокрый» (пастообразный).

Сухой способ заключается в интенсивном перемешивании бентонитового порошка влажностью 6... 14 % с сухим активирующим компонентом. При мокром способе активации перемешивают и перетирают компоненты при влагосодержании бентонитовой массы 26...45 %.

Более широко распространен способ мокрой активации, при кото-

ром получают активированные бентониты с более высокими значениями прочности на сжатие (во влажном состоянии) и на разрыв в зоне конденсации.

В некоторых случаях при наличии кальциевых бентонитов и отсутствии натриевых и промышленно-активированных кальциевых бентонитов применяют активацию кальциевых бентонитов перемешиванием смеси в бегунах с добавкой соды (Na_2CO_3). При этом достигается некоторый эффект активации, но прочностные свойства смеси уступают таковым при использовании промышленно-активированного бентонита.

Химической активации подвергают также огнеупорные каолиновые глины. При этом в смесь вводят до 5 % тех же солей натрия, что и при активации бентонитовых глин, но предпочтительнее – до 5 % триполифосфата натрия или гексаметафосфата натрия. В результате происходит замена в диффузионном слое глинистых частиц многовалентных ионов Ca, Mg, Fe и Al одновалентным ионом Na. На прочность смесей во влажном состоянии химические активаторы практически не влияют, а прочность смесей в высушенном состоянии увеличивается в 1,5–4 раза в зависимости от месторождения глины и активатора.

4.4.3. Способы введения глин в формовочную смесь

Применяют два способа введения огнеупорных глин и бентонитов в формовочную смесь: в порошкообразном состоянии и в виде водной суспензии.

Наибольшее распространение имеет первый вариант, хотя в случае применения суспензии достигаются определенные преимущества:

- сокращается время приготовления смеси в бегунах;
- повышается связующая способность глин вследствие набухания и их диспергирования в суспензии;
- улучшаются условия труда из-за отсутствия запыленности;
- упрощается дозирование при введении в состав суспензии угля и других добавок.

В то же время в случае использования суспензии возникает необходимость приготовления высококонцентрированных суспензий, которые образуют высоковязкие структуры. Это, в свою очередь, не позволяет осуществлять перекачку суспензий по трубопроводам – возникают трудности при остановках потока суспензий.

При использовании низкоконцентрированных суспензий (10...12 % глины) возникает опасность переувлажнения смесей.

Использование понизителей вязкости суспензий в виде поверх-

ностно-активных веществ (ПАВ) пока не решило полностью названные проблемы, поскольку при применении ПАВ наблюдается пенообразование в суспензии.

4.4.4. Специальные добавки в песчано-глинистые смеси

К специальным добавкам в песчано-глинистые смеси относятся следующие:

- противопригарные добавки;
- добавки для стабилизации влажности песчано-бентонитовой смеси, улучшения ее пластичности и качества отпечатка;
- противоужиминные добавки;
- добавки для увеличения текучести смесей;
- добавки для увеличения податливости сухих смесей.

Для стабилизации влажности смесей при заливке по-сырому, улучшения пластичности и качества отпечатка используют крахмалит (модифицированный набухающий крахмал), экструзионные крахмало-содержащие реагенты, меляссу, злаковые добавки в виде порошков. Для чугунных отливок содержание таких добавок в смеси составляет 0,1...0,5 %, для стальных – 0,3...1,0 %.

Положительное действие крахмалита заключается в отборе на себя избытка влаги в смеси, так как избыточная влага снижает прочность смеси. При этом часто повышается прочность смеси в зоне конденсации, уменьшаются осыпаемость и склонность смеси к ужиминам. Самыми надежными способами предотвращения ужимин являются активирование бентонита, которое увеличивает прочность в зоне конденсации, а также введение в смесь выгорающих добавок (угля, крахмалита, древесной муки), асбестовой крошки и костры (отхода льняного производства).

Для увеличения текучести смесей при заливке по-сырому и снижения вязкости глинистых суспензий применяют добавки ПАВ, например полифенольный лесохимический понизитель вязкости (ПФЛХ), углещелочной реагент (УЩР), ичеган и окзил – продукты переработки лигнина и лигносульфоната.

Для увеличения податливости сухих смесей (формовочных и стержневых) в них вводят древесные опилки или древесную муку до 5 мас. %.

4.4.5. Песчано-глинистые смеси

Песчано-глинистые смеси получили наибольшее распространение в литейном производстве при изготовлении литейных форм и стержней. На долю песчано-глинистых смесей приходится более 60 % объема всех

формовочных смесей. Различают формовочные и стержневые смеси; в свою очередь, формовочные смеси бывают едиными, облицовочными и наполнительными.

Единые смеси имеют одинаковые технологические свойства во всем объеме формы. Они применяются в машинной и, особенно, автоматизированной формовке при производстве мелких и средних отливок. Более экономичным является использование облицовочных и наполнительных смесей. Облицовочные смеси изготовляют из кондиционных формовочных материалов и применяют с целью экономии свежих формовочных материалов. Толщина слоя облицовки в зависимости от конкретных условий может составлять 20...50 мм.

Для остальной части опоки используют наполнительную смесь, которая состоит из отработанной смеси, иногда подвергаемой освежению.

В зависимости от вида заливаемого сплава различают смеси для чугуновых, стальных отливок и отливок из цветных сплавов.

Требования к смесям для стального литья более высокие по огнеупорности, газопроницаемости, поскольку температура заливки стали составляет 1580... 1610 °С. Поэтому при их разработке используют более крупнозернистый песок с повышенной огнеупорностью, который способствует также повышению газопроницаемости смеси. Для чугунового литья смеси имеют более низкие показатели по огнеупорности и газопроницаемости, поскольку температура заливки форм чугуном ниже (1350... 1400 °С). Еще более низкие свойства смесей для цветных сплавов, поскольку температура заливки их значительно ниже, чем для чугуна и стали.

Смеси для заливки по-сырому. В массовом производстве отливок каолиновые глины в единых формовочных смесях все чаще заменяются высококачественными бентонитовыми глинами. Удорожание, связанное с использованием этих смесей, компенсируется меньшим содержанием в смеси бентонитов по отношению к каолинитам, поскольку бентониты обладают большей удельной прочностью, чем каолиниты, а также уменьшением уровня влажности смесей, что очень важно для снижения их газотворности. Бентонитовые смеси обладают пониженной термической устойчивостью по сравнению с каолиновыми, но достаточной для тонкостенных отливок. Более того, с использованием бентонитовых смесей повышаются точность и качество поверхности отливок.

В формовочных смесях для *стальных* отливок используют кварцевый песок марки 4К₃О₂02. Для мелких отливок средний размер зерна может быть снижен до 0,16 мм, тогда как при производстве крупных отливок его увеличивают до 0,3 мм. Это связано с необходимостью по-

высить огнеупорность смесей и их газопроницаемость. Для предупреждения образования трещин в отливках в состав смеси вводят древесные опилки, для повышения поверхностной прочности используют добавку сульфитно-дрожжевой бражки, а для предотвращения пригара при массивном литье с применением сухих форм в смесь вводят до 20 % пылевидного кварца.

При производстве *чугунных* отливок используют пески марок ЗК₄О₃016, средний размер зерна в смеси в зависимости от массы отливок может быть 0,1 или 0,2 мм.

Для производства отливок из *цветных сплавов* используют пески марок 2Т₂01. В отдельных случаях средний размер зерна увеличивают до 0,2 мм. В качестве противопригарной добавки при литье сплавов на основе меди в смесь вводят мазут, а при литье магниевых сплавов для защиты от окисления используют борную кислоту, или сульфитную серу и совместное их введения.

Смеси для заливки по-сухому. Для упрочнения песчано-глинистых смесей формы и стержни сушат. Сухие формы используются для изготовления крупных стальных и чугунных отливок. Для улучшения чистоты поверхности отливок в смеси вводят противопригарные добавки (кокс, древесный пек, шамот и т.д.), а формы окрашивают противопригарными красками. Податливость смесей регулируется добавками опилок и асбестовой крошки. В условиях дефицита высокосортных огнеупорных глин при изготовлении крупных отливок (массой более 5 т) целесообразно вводить в смесь одновременно глину и бентонит в соотношении 1:1. Для менее крупных отливок соотношение бентонита и глины может составлять 3:1. Тем самым при уменьшении на 20 % их содержания удастся получать такую же прочность смеси, как и на одной глине или одном бентоните, с соответствующим понижением глиносодержания. Введение в смесь 0,5... 1,0 мас. % сульфитно-дрожжевой бражки (СДБ) приводит к значительному увеличению прочности смеси в высушенном состоянии. При этом совмещение СДБ только с глиной более эффективно, чем совмещение СДБ только с бентонитом: прочность смесей по первому варианту примерно в два раза выше, чем по второму.

Приготовление и стабилизация единых формовочных смесей. Технологический процесс приготовления единых формовочных смесей включает подготовку исходных (свежих) материалов, подготовку (регенерацию) отработанной смеси, которая является основной составляющей смеси, и смешивание этих материалов с добавлением воды. Все

оборудование для реализации технологического процесса приготовления единых формовочных смесей часто объединяется в смесеприготовительную систему, а отделение литейного цеха называется «смесеприготовительным».

Подготовка исходных (свежих) материалов. Назначение исходных (свежих) материалов заключается в восстановлении свойств смеси после заливки металла и поддержании их на заданном уровне. К исходным материалам песчано-глинистых смесей, подготовку которых чаще всего выполняют в цехе, относят пески, глины (бентониты), каменноугольную пыль.

Подготовка песка в литейном цехе включает в себя сушку, охлаждение и просеивание. Температуру сушки определяют, исходя из содержания в песке глинистых составляющих. Для песков, в которых содержание глинистых составляющих более 10 %, температура сушки не должна превышать 300 °С. Пески с меньшим содержанием глинистой составляющей сушат при температуре до 500 °С. Для сушки используют барабанные сушилки или установки для сушки песка в кипящем слое (рис. 4.16).

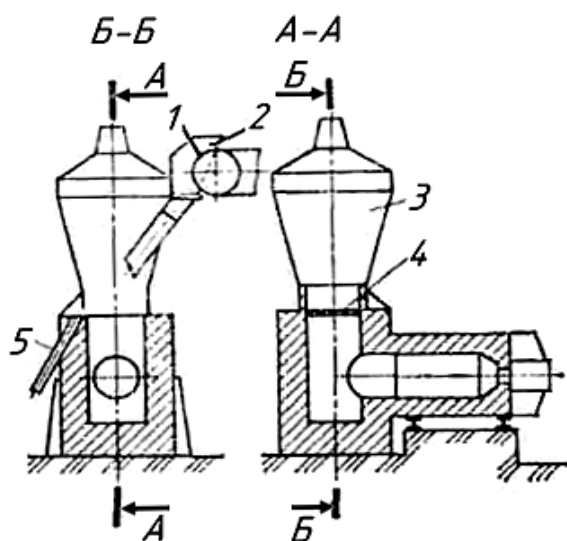


Рис. 4.16. Установка для сушки песка в кипящем слое

Исходный песок подается на решетку 4. Дымовые газы при температуре 1000 °С направляются под решетку под избыточным давлением и образуют с песком пневмокипящий слой. Интенсивное перемешивание обеспечивает эффективный теплообмен между горячими газами и частицами песка, которые быстро высушиваются. Расширение конического резервуара 3 способствует снижению скорости движения песчинок и их оседанию. Сухой песок вытекает в камеру охлаждения через желоб 5, а

влажный – непрерывно поступает по транспортеру 1 через воронку 2.

Высушенный песок охлаждается до нормальной температуры и просеивается с целью отделения комьев, гальки и различных посторонних включений через сита с размером ячеек 3–5 мм. Для этого используют барабанные, конические сита и сита с плоским полотном.

Формовочную глину используют в виде порошка или суспензии. *Порошок глины* изготавливают следующим образом. Комовую глину сначала сушат в барабанных сушилках. Температура сушки обычной глины не должна превышать 200...250 °С, а бентонитовой – 150... 180 °С. При более высоких температурах глина будет терять свою связующую способность. Размол глины обычно проводят в две стадии: грубое и тонкое дробление. Для тонкого дробления используют шаровые мельницы. Глину, которая прошла стадию грубого дробления, загружают в барабан вместе со стальными шарами. При вращении барабана шары размалывают глину, тонкие фракции которой проходят через решетчатые стенки и выходят наружу через разгрузочное окно. Крупные фракции глины, не прошедшие через решетчатые стенки барабана, специальными лопастями направляются в барабан для повторного дробления. С целью увеличения производительности шаровые мельницы оснащают специальными проточными сепараторами, которые улучшают процесс отделения недомолотой глины. Производительность шаровых мельниц составляет до 6...7 т/ч.

Для приготовления *суспензии* комовую глину замачивают в баках с водой при массовом соотношении 1:2 для обычных и 1:4 для бентонитовых глин. По истечении времени, достаточного для разбухания глины, ее размешивают в лопастном смесителе до получения однородной суспензии плотностью 1,2... 1,3 г/см³. Преимуществом варианта использования глинистой суспензии является устранение операций сушки и размалывания, сопровождающихся обильным пылевыделением.

Каменноугольную пыль готовят в шаровых или молотковых мельницах. Тонкость помола угля должна соответствовать фракциям на ситах 005 и 0063, суммарное содержание которых должно составлять не менее 70 %. Для приготовления песчано-глинистых смесей, предназначенных для чугунного литья, используют глинисто-угольную суспензию, получаемую путем смешивания глинистой суспензии с каменноугольной пылью в пропорции по массе 2:1.

Подготовка отработанной формовочной смеси. Основной составляющей единых формовочных смесей является отработанная смесь. Иногда подготовку отработанной смеси называют «регенерацией смеси» в отличие от «регенерации песка», что не точно отра-

жает назначение подготовки.

Отработанная смесь после подготовки должна быть сыпучей и однородной, в ней должны отсутствовать металлические включения и знаковые части стержней, имеющие большую остаточную прочность. Влажность подготовленной смеси должна быть не более 1 % и температура не выше 35 °С.

На рис. 4.17 приведена технологическая схема подготовки отработанной песчано-глинистой смеси, которая поступает с выбивных решеток и предназначена для приготовления формовочной смеси на ее основе.

Из-под выбивной решетки 1 смесь поступает на ленточный конвейер 3 и далее, пройдя через магнитный сепаратор 2, транспортируется в дезинтегратор 4, где разрыхляется и передается на грохот 5 для отсева спекшихся комочков и знаковых частей стержней. Подготовленная таким образом смесь поступает в бункер 6, а затем в гомогенизатор 7. После увлажнения в гомогенизаторе смесь поступает в испарительно-охладительную установку 8 для доведения температуры и влажности смеси до требуемых норм. Далее по элеватору 9 смесь направляют в бункера 10 над смесителем.

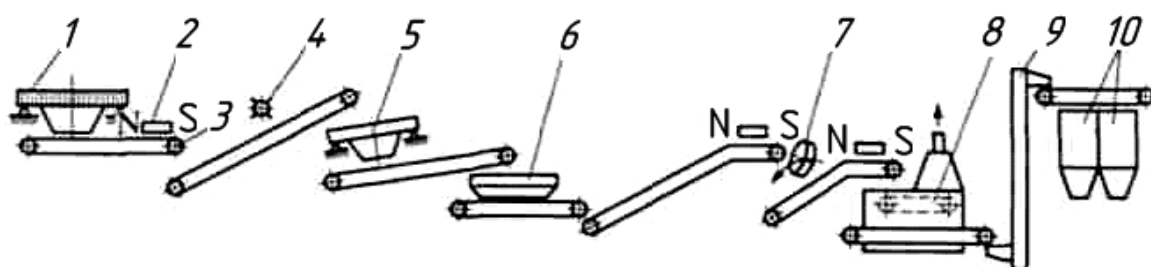


Рис. 4.17 Схема подготовки отработанных песчано-глинистых смесей: 1 – выбивная решетка; 2 – магнитный сепаратор (N, S – полюсы); 3 – ленточный конвейер; 4 – дезинтегратор; 5 – грохот; 6 – бункер; 7 – гомогенизатор; 8 – испарительно-охладительная установка; 9 – элеватор; 10 – бункера

Приготовление формовочных смесей. Назначение процесса приготовления формовочных смесей состоит, как уже отмечалось, в смешивании исходных (свежих) материалов, отработанной смеси и воды. В процессе смешивания каждая частица (зерно) песка обволакивается глинистой составляющей при однородном распределении воды и других составляющих смеси.

Процесс смешивания проводится в специальных машинах – смесителях. Наиболее распространенным и традиционно применяемым в литейном производстве является смеситель с неподвижной чашей и катками, вращающимися вокруг горизонтальных осей *катковыми смесителями* (рис. 4.18).

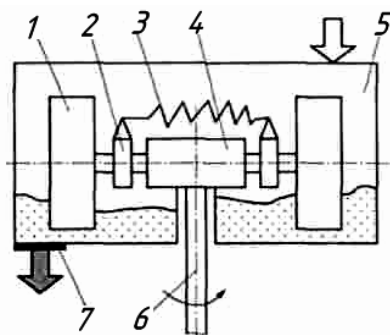


Рис. 4.18. Катковый смеситель с неподвижной чашей: 1 – каток; 2 – подвеска; 3 – пружина; 4 – траверса; 5 – чаша; 6 – приводной вал; 7 – разгрузочный люк

По центру чаши 5 через дно проходит приводной вал 6, на котором размещена траверса 4. Два катка 7 связаны с траверсой через подвески 2, обеспечивающие перемещение катков 7 в вертикальном направлении в случае наезда катка на препятствие или подъема уровня смеси в ходе перемешивания. Прижатие катков к смеси обеспечивается взаимодействием подвески с пружиной 3. Во многих случаях катки прижимаются к смеси под действием силы тяжести. Необходимый зазор между катком и дном чаши обеспечивается регулятором высоты. На траверсе расположены кронштейны, удерживающие плужки (на схеме не показаны), один из которых отбрасывает смесь от вертикального вала, другой — от стенки чаши. Оба плужка направляют смесь под катки.

Наиболее часто смесители используют для приготовления нормальных и песчано-глинистых высокопрочных смесей. Исходные компоненты при изготовлении смеси поступают в чашу сверху, Как правило, из дозаторов. Готовая формовочная смесь разгружается через люк 7, выполненный в дне чаши. Здесь и на всех последующих схемах загрузка показана светлой, а разгрузка – темной стрелками.

В результате длительного опыта эксплуатации этих смесителей установлено паспортное время цикла 120... 180 с, которое подбирается в зависимости от частоты вращения вертикального вала. Следует отметить, что данный тип смесителя относится к тихоходным аппаратам, частота вращения вертикального вала лежит в пределах 20...50 мин⁻¹. Меньшее значение соответствует большим размерам аппарата, что вполне естественно, так как для вращения катков большой массы с высокой частотой требуется более высокая мощность. При работе смеситель оказывает двоякое воздействие на смесь, уплотняя ее катком и разрыхляя уплотненные объемы плужком. В процессе таких поочередных актов уплотнения и разрыхления зерна кварцевого песка перемещаются по траекториям сближения и удаления, при этом на частицах песка

формируются глиняные оболочки.

Сближение песчинок происходит и под действием плужков, однако усилие при их прижатии (а, следовательно, и работа) меньше, чем при воздействии катком. В свою очередь, каток наряду с уплотнением оказывает как разрыхляющее воздействие на смесь, выдавливаемую из-под него, так и перетирающее воздействие в силу различия переносной и относительной скоростей его движения. Ближняя к приводному валу часть катка пробуксовывает, а удаленная проскальзывает (движение юзом). Относительное перемещение катка по смеси приводит к перетиранию компонентов смеси, в результате, которого также формируются оболочки.

Традиционная конструкция каткового смесителя положена в основу смесителя со сдвоенной чашей. При этом образовавшаяся чаша и траектория смеси имеют форму «восьмерки» (рис. 4.19), что послужило основанием для одноименного названия и аппаратов. Как и традиционный катковый, *сдвоенный смеситель-«восьмерка»* состоит из чаши 6, через дно которой проходят два вертикальных приводных вала 7. Валы вращаются в противоположные стороны. На валах установлены траверсы 4, к которым через подвески 2 прикреплены катки 1. Плужки 5 смонтированы на траверсах 4. Прижатие катков к смеси происходит под действием их собственного веса и дополнительного усилия, создаваемого пружиной 3. Привод смесителя синхронизирован, что предотвращает поломку движущихся органов.

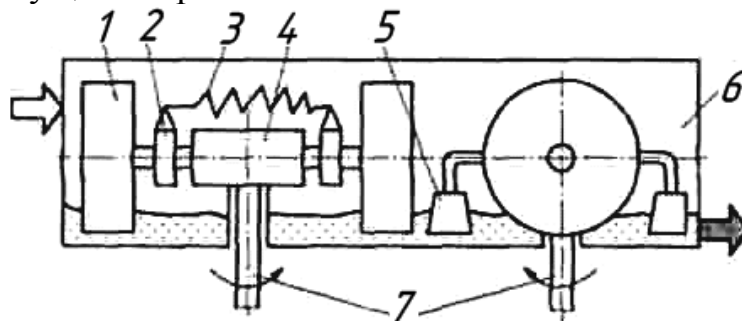


Рис 4.19. Катковый смеситель со сдвоенной чашей типа «восьмерка»:

1 — каток; 2 — подвеска; 3 — пружина; 4 — траверса;
5 — плужок; 6 — сдвоенная чаша; 7 — приводные валы

Траектория смеси такова, что свежие объемы смеси, подаваемые на периферию первой половины чаши, постепенно перемещаются к центру второй половины, а затем, выйдя из нее, снова попадают на периферию первой. В результате многократных проходов радиус траектории в первой половине чаши уменьшается, а во второй — увеличивается, и смесь в конце цикла перемешивания движется в центре первой половины и по периферии второй, где организована ее разгрузка.

Смесители-«восьмерки», как правило, работают в непрерывном режиме и имеют наибольшую из всех смесителей производительность. Конструкция этих аппаратов позволяет реализовать в них также и периодический рабочий процесс. Настройка того или другого режима рабочего процесса зависит от взаимного положения наружных и внутренних скребков в обеих чашах. При непрерывном рабочем процессе скребки второй половины забирают из первой больше смеси, чем возвращают ее обратно, что создает направленный поток смеси в сторону второй половины. Баланс в этом случае достигается за счет выдачи смеси из второй половины и поступления свежих компонентов в первую. При периодическом режиме работы наружные скребки обеих половин забирают столько же смеси, сколько выводят ее за пределы половины внутренние.

Стремление интенсифицировать рабочий процесс в катковом смесителе привело к увеличению частоты вращения приводного вала и замене тяжелых металлических катков легкими обрезиненными.

Резиновый каток по сравнению с металлическим имеет увеличенную площадь контакта со смесью, при этом перетирающее воздействие катка на смесь усиливается, поскольку она оказывается прижатой эластичной шиной, имеющей высокий коэффициент трения со смесью. В этих условиях объемы смеси, прижатые к поверхности шины, деформируются вместе с ней вдоль ее поверхности.

Центробежные (рис. 4.20), или маятниковые, смесители имеют цилиндрическую чашу 2, в центре которой проходит вертикальный вал 5.

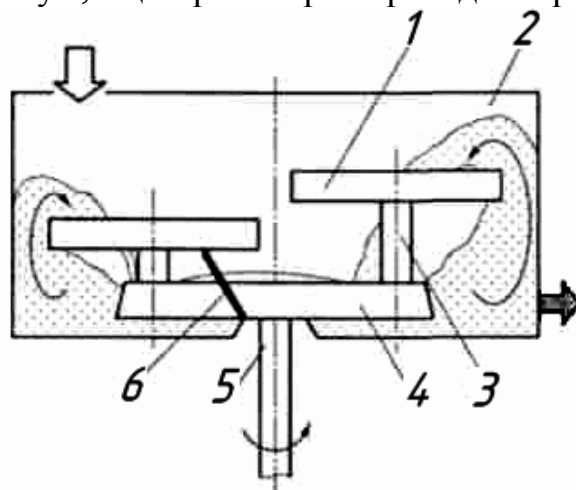


Рис. 4.20. Центробежный, или маятниковый, смеситель:

1 – каток; 2 – чаша; 3 – кривошип; 4 – ротор; 5 – приводной вал; 6 – плужок

На валу установлен ротор 4 в виде диска с размещенными на нем на кривошипах 3 двумя или тремя катками 1. Оси кривошипов ориентированы вертикально, при этом катки вращаются в горизонтальной плоско-

сти на разных уровнях и образуют зазор с боковой поверхностью чаши. По периферии ротора расположены плужки 6, число которых соответствует числу катков.

Формовочные материалы загружаются в смеситель сверху, падают на ротор и центробежной силой отбрасываются к периферии чаши в кольцевой зазор между ротором и боковой поверхностью чаши. Из зазора смесь подгребается плужками и в виде струи вбрасывается на боковую поверхность чаши, которая покрыта слоем резины. Катки и плужки установлены таким образом, чтобы при работе смесителя поток смеси направлялся в зазор между боковой поверхностью чаши и катком. При этом каток, прокатываясь по смеси, уплотняет ее. Таким образом, как и в катковом смесителе, рабочий процесс включает в себя акты уплотнения и разрыхления смеси. Однако главенствующую роль играет процесс, происходящий при торможении потока смеси о боковую поверхность чаши. Торможение смеси происходит послойно: тормозится слой, контактирующий с боковой поверхностью чаши, тогда как удаленный от нее слой продолжает движение. Скорости слоев будут тем больше, чем дальше они находятся от поверхности чаши. При этом в смеси происходят относительное перемещение слоев и перетирание смеси. Доказана главенствующая роль процесса перетирания. Как показала практика, качество смеси, приготовленной в смесителе со снятыми катками, не ухудшается. В центробежных смесителях рабочий процесс сопровождается переводом смеси в псевдоожиженное состояние, при этом увеличивается роль динамического воздействия песчинок. В рабочем цикле смесь не только подбрасывается плужками, но и продувается воздухом, оба эти процесса формируют псевдоожиженное состояние смеси. Для продувки воздухом в роторе выполнены радиальные каналы, связанные с воздуходувкой. Продувка вызывает также испарение влаги и охлаждение смеси, а также приводит к уносу мелких частичек, в том числе и частиц активной глины. Чтобы предотвратить нежелательный унос активной глины, целесообразно применять ее в виде суспензии. Цикл смесеприготовления в центробежных смесителях короче, чем в катковых, и составляет 60... 120 с. Этого времени оказывается вполне достаточно для равномерного распределения компонентов смеси по ее объему, однако оно может оказаться недостаточным для формирования оболочек на частицах песка.

Определенный интерес для приготовления песчано-глинистых смесей представляют бескатковые, или *вихревые*, смесители (рис. 4.21).

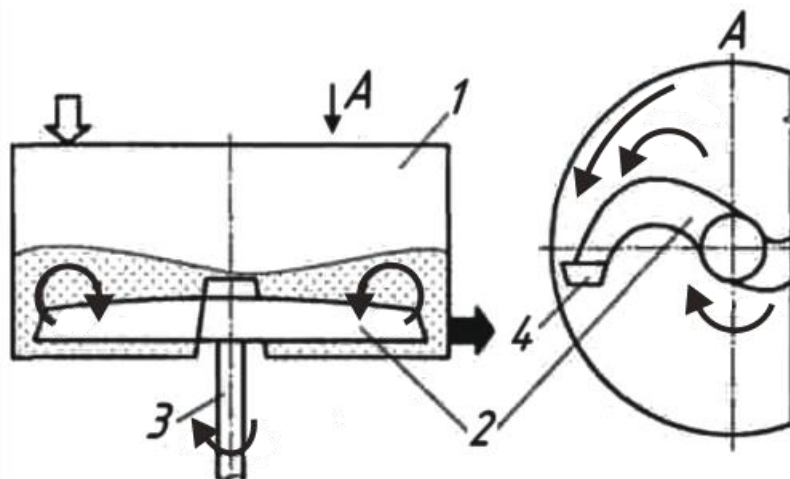


Рис. 4.21. Бескатковый, или вихревой, смеситель:

1 – чаша; 2 – S-образный скребок; 3 – приводной вал; 4 – наклонная пластина

Эти смесители имеют цилиндрическую чашу 1 с проходящим в центре приводным вертикальным валом 3, на котором установлен S-образный скребок 2 с наклонной пластиной 4 на конце. В некоторых модификациях смесителей скребок имеет три искривленные части, что увеличивает число актов воздействия на смесь за один оборот приводного вала. Рабочий процесс в таком смесителе в значительной степени зависит от частоты вращения скребка. При небольшой частоте вращения рабочий процесс близок к катковому и состоит в поочередном уплотнении и разрыхлении смеси, что достигается за счет конструкции скребка. Стрелками на виде А (рис. 4.21) показана траектория движения смеси. Видно, что смесь придавливается к стенке чаши скребком и при этом уплотняется. Около стенки чаши смесь подхватывается наклонной пластиной 4 и перебрасывается через скребок, при этом она падает под углом естественного откоса на свободное место за скребком. При вращении вала с увеличенной частотой рабочий процесс в смесителе похож на центробежный. Попадая на пластину 4, смесь подбрасывается и попадает на стенку чаши, далее смесь ведет себя как в центробежном смесителе.

Вихревые смесители чаще применяются для приготовления стержневых смесей с жидкими связующими, однако известны примеры их успешного использования для приготовления песчано-глинистых смесей. Время рабочего цикла в таких аппаратах 3...6 мин в соответствии с длительностью процесса обволакивания.

На рис. 4.22 в порядке убывания приведены значения времени рабочего цикла рассмотренных выше смесителей. Продолжительность цикла смешивания подобрана для всех смесителей опытным путем. Дальнейшее увеличение времени цикла нецелесообразно, так как до-

полнительное перемешивание не приводит к существенному улучшению свойств смеси, но, в то же время, это дополнительный расход энергии и, как результат, снижение производительности.

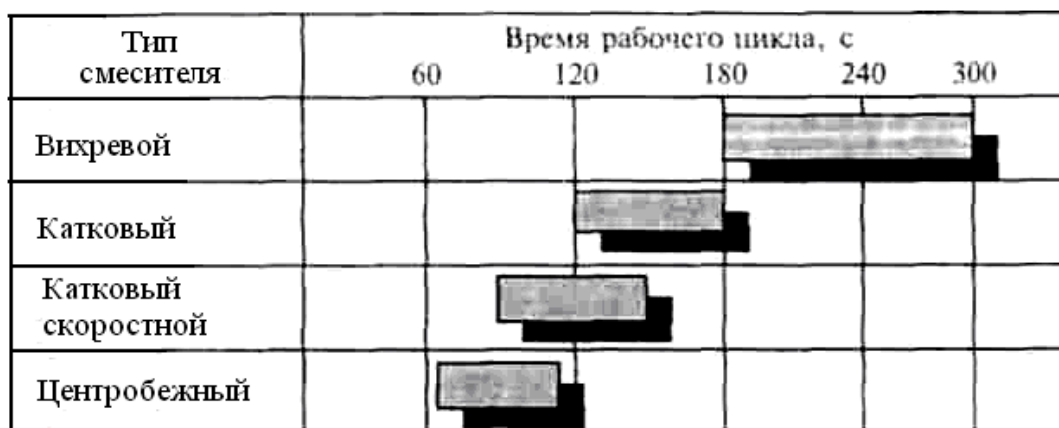


Рис. 4.22. Время рабочего цикла различных смесителей

В то же время уменьшение времени цикла недопустимо, так как степень готовности смеси будет недостаточной. Таким образом, время цикла является характеристикой технологического процесса.

Наиболее интенсивным является рабочий процесс в роторном смесителе. Если принять время цикла Катковых смесителей за исходное, то использование только плужков для приготовления смеси не позволяет интенсифицировать процесс перемешивания. Это достигается при увеличении скорости движения этих же плужков (центробежный смеситель) или при использовании быстроходных мешалок и роторов, обеспечивающих динамическое взаимодействие песчинок с глиняной пастой в процессе приготовления смеси.

Анализ технологических процессов и работы оборудования показывает, что в смесеприготовлении наблюдается постепенная тенденция к переходу от тихоходных к скоростным смесителям. При этом меняются технология смесеприготовления и свойства глиняных оболочек.

Автоматизированные смесеприготовительные системы. Смесеприготовительные системы в современных цехах, оснащенных автоматизированными формовочными линиями, также являются автоматизированными.

В автоматизированных смесеприготовительных системах предусмотрен автоматизированный контроль влажности в смесителях по индексу формуемости с использованием специального прибора «*Moldability controller*».

Назначение освежения формовочной смеси. В процессе повто-

ряющихся заливок металла компоненты смеси в зоне небольшого расстояния от тела отливки сильно изменяют свои исходные свойства (теряют активность).

Бентонит при температуре выше 350... 700 °С теряет конституционную воду и свою связующую способность. Каменный уголь и другие органические добавки претерпевают термодеструкцию. Кроме того, в смеси накапливаются неактивные глина и мелочь, содержание которой по норме не должно превышать 10... 15 %. Поэтому для поддержания физико-механических свойств на заданном уровне смесь необходимо обновлять, вводить в нее свежие материалы и удалять накапливающуюся мелочь.

Определения расхода вводимых свежих добавок производится расчетом или экспериментально.

4.5. НЕГЛИНИСТЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И ПЕСЧАНЫЕ СМЕСИ С НИМИ

Неглинистые связующие материалы можно подразделить на две группы: неорганические и органические. В смесях с неорганическими связующими при нагреве после испарения воды, как правило, газификация не происходит, а происходит спекание, тогда как при использовании органических связующих нагрев сопровождается выделением газов, чаще СО и СО₂, с образованием твердого коксового остатка.

Особенности поведения при нагреве неорганических связующих создают проблемы с выбиваемостью смесей при выбивке отливок и с регенерацией смесей.

В противоположность неорганическим связующим смеси на органических связующих легко выбиваются, подвергаются регенерации, но значительно ухудшают условия труда из-за их повышенной газотворности.

За рубежом объем применения органических связующих существенно выше, чем неорганических, несмотря на относительную дешевизну последних.

4.5.1. Песчаные смеси с неорганическими связующими материалами

В литейном производстве довольно широкое применение нашло жидкое стекло и в ограниченных количествах фосфаты, цементы, гипсы, алюминатные спеки и т. п. Следует отметить, что в названиях смесей часто используется название связующего.

Жидкое стекло и жидкостекольные смеси. Жидкое натриевое стекло представляет собой коллоидный водный раствор силиката

натрия $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, или упрощенно $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$. В действительности жидкое стекло имеет сложный химический состав, который нельзя описать одной химической формулой.

Жидкое стекло готовят из силиката натрия, который получают при 1300... 1500 °С сплавлением кварцевого песка с содой, сульфатом натрия и углем.

Важнейшей характеристикой жидкого стекла является его силикатный модуль M , равный соотношению масс SiO_2 и Na_2O

$$M = \frac{m_{\text{SiO}_2}}{m_{\text{Na}_2\text{O}}} 1,032, \quad (4.36)$$

где 1,032 – коэффициент, показывающий отношение молекулярной массы Na_2O к молекулярной массе SiO_2 , т.е. по существу M – отношение числа молей SiO_2 , приходящихся на 1 моль Na_2O .

В литейных цехах используется жидкое стекло с силикатным модулем 2,2...2,8, которое в летний период из-за понижения живучести смесей следует разбавлять водным раствором NaOH для понижения модуля до значений 2,1.

Основные свойства жидкого натриевого стекла, используемого в литейном производстве, приведены ниже.

Внешний вид. Густая жидкость желтого или серого цвета без механических включений и примесей, видимых невооруженным глазом.

Содержание компонентов, мас. %:

SiO_2	30,8...31,9
Na_2O	11,0... 12,1
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$, не более.....	0,25
CaO , не более.....	0,20
SO_3	0,15
Силикатный модуль M	2,6...3,0
Плотность ρ , г/см ³	1,47... 1,52

Впервые получение форм и стержней с применением жидкого стекла было связано в разработанном, так называемом CO_2 -процессе, в Чехословакии в конце 1940-х гг..

Упрощенно процесс взаимодействия жидкого стекла и углекислого газа можно описать в виде реакции



в результате которой образуется ортокремниевая кислота H_4SiO_4 и карбонат натрия Na_2CO_3 (сода). Именно гель ортокремниевой кислоты и

является связующим веществом. Максимальное значение прочностных свойств жидкостекольной смеси соответствует моменту максимального содержания карбоната натрия Na_2CO_3 . Поэтому увеличение длительности продувки сверх оптимального времени понижает физико-механические свойства смеси, pH смеси при этом (ниже 10,5) практически не снижается. Удельный расход CO_2 составляет 0,5... 1,5 $\text{см}^3/\text{г}$ жидкого стекла, при расходе последнего 5...7 % массы песка.

Различные слои смеси в форме достигают наибольшей прочности в разное время. Первыми максимальную прочность приобретают слои, находящиеся наиболее близко к месту подвода углекислоты. По мере насыщения слоев углекислым газом максимум прочности смеси начинает перемещаться в стержень, в то время как в первых слоях развивается процесс перенасыщения CO_2 с образованием NaHCO_3 , приводящий к разупрочнению. Таким образом, прочность, достигаемая при оптимальном времени продувки, является усредненной, ее значение ниже потенциально прочности, которая теоретически может быть достигнута при одновременном развитии процесса во всем объеме смеси. Это в определенной степени реализуется при отверждении жидкостекольных смесей твердыми и в особенности жидкими отвердителями, использование которых приводит к одновременному отверждению смеси во всем объеме стержня или формы.

Жидкостекольные смеси пластичные («ПСС-процесс») и жидкие отверждают также различными твердыми отвердителями, вводимыми в смесь в порошкообразном виде. Такие смеси называют самотвердеющими. В качестве отвердителей используют саморассыпающийся шлак феррохромового производства (феррохромовый шлак), портландцемент, нефелиновый шлам, синтетический двухкальциевый силикат $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, кремнефторид натрия Na_2SiF_6 , ферросилиций, карбид кальция, кремний, полуводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, антипирен из нефелина, полифосфаты, алюминаты и др.

В последнее время для отверждения жидкостекольных смесей начали применять в качестве отвердителей сложные органические эфиры (СОЭ), использование которых во многом решает проблему выбиваемости и регенерируемости смесей с жидким стеклом.

При CO_2 -процессе потенциальная связующая способность жидкого стекла далеко не исчерпывается. Имеются данные, что связующие свойства жидкого стекла используются только на 10 %. Эфиры как отвердители жидкостекольных смесей впервые были предложены в 1967 г. В качестве сложных органических эфиров-отвердителей используют моноацетин, диацетин, триацетин, этилен-гликольдиацетат (различные пропорции перечисленных материалов в смеси определяют время, необходимое для отверждения), диэтиленгликольдиацетат, гликольпропианат и их смеси и т. п.

В России в качестве подобного отвердителя применяется пропиленкарбонат – сложный эфир угольной кислоты. Существенным недостатком использования пропиленкарбоната в качестве жидкого отвердителя является сравнительно невысокая живучесть жидкостекольных смесей. Составы и свойства холодноотвердеющих жидкостекольных смесей с жидким отвердителем приведены в табл. 4.18, аналогичные данные для пластичных самотвердеющих смесей (ПСС) – в табл. 4.19.

Таблица 4.18

*Состав и свойства жидкостекольных смесей 1–6
с жидкими отвердителями*

Характеристика смеси	1	2	3	4* ²	5	6
Содержание компонентов* ¹ , мас. ч.:						
жидкое стекло	3,0	3,5	4,0	2,75* ³	3,5	3,5
жидкие отвердители* ⁴	0,3	0,35	0,4	0,25	0,4	0,4
Живучесть смеси, мин	6...7	6...7	6...7	15	35...40	7...9
Прочность при сжатии, Н/мм ² , после выдержки:						
1 ч	0,85	1,25	1,4	0,5...0,6	0,07...0,12	0,85...0,95
2ч	1,10	1,60	1,85	0,7...0,9	0,8... 1,0	1,2...1,4
4ч	1,65	2,25	2,5	1,4...1,6	1,6... 1,8	1,9...2,1
24 ч	2,3	2,9	3,8	2,5...3,0	5,0...6,0	3,0...4,0
Осыпаемость через 24 ч, %	До 0,2	До 0,2	До 0,2	0,2...0,3	До 0,1	До 0,2

*¹ На 100 мас.ч. кварцевого песка марок 3К₃О₂016 или 3К₃О₂02.

*² Для жакетной формовки.

*³ $\rho = 1,35 \text{ г/см}^3$; для всех остальных вариантов $\rho \geq 1,45 \text{ г/см}^3$; модуль жидкого стекла составляет 2,35...2,45.

*⁴ В качестве жидких отвердителей использовались: в составах 1–3 – пропиленкарбонат; в составе 4 – пропиленкарбонат (0,025 мас. ч.) и технический триацетин (0,225 мас. ч.); в составе 5 – технический диацетат этиленгликоля; в составе 6 – технический диацетат этиленгликоля активированный.

В отличие от СО₂-процесса, в котором отверждение развивается последовательно от слоя к слою, при использовании СОЭ отверждение происходит одновременно во всем объеме смеси в равной степени, что, вероятно, является причиной более высоких прочностных свойств получаемых смесей. Поэтому для достижения необходимой технологической прочности смеси в случае применения СОЭ в качестве отвердителей содержание жидкого стекла в смеси может быть значительно меньше.

Таблица 4.19

Состав и свойства пластичных самотвердеющих смесей 1–3*

Характеристика смеси	1	2	3
Живучесть, мин	50...80	15...20	40...50
Влажность, %	3,5...4,0	3,5...4,0	3,6...4,5
Прочность при сжатии, Н/мм ² , исходная (в сыром состоянии)	0,013...0,020	0,017...0,028	–
То же, Н/мм ² , после выдержки:			
1 ч	0,04...0,05	0,07... 0,09	0,18... 0,35
2ч	0,07...0,09	0,12...0,15	–
3ч	0,12...0,14	0,18...0,22	0,45...0,70
4ч	0,17...0,19	0,22...0,28	–
12 ч	0,40...0,50	0,45...0,55	–
24 ч	–	–	0,92...1,23
Осыпаемость через 24 ч, %	–	–	0,22...0,42
Газопроницаемость, ед.	100...150	100...150	–

*Содержание компонентов, мас. ч., в смеси состава:

1 – кварцевый песок марки 3К₃О₃02 62...63, регенерат 30, формовочная глина 5, молотый каменный уголь 2,5, жидкое стекло (ЖС) (модуль $M = 2,3$, $\rho = 1,38...1,42$ г/см³) 5,5, феррохромовый шлак (ФХШ) 0,8...1,2;

2 – то же, что 1, но ФХШ 2,5...3;

3 – кварцевый песок марки 1К₃О₃016 98...99; жидкое стекло (силикатный модуль и плотность те же, что для 1 и 2) 6...6,5; ФХШ 1...2.

Обезвоживание жидкостекольных смесей осуществляется различными путями: тепловой сушкой, проявлением на воздухе, поверхностной подсушкой, продувкой воздухом (холодным или горячим) или каким-то другим газом, вакуумированием. При этом жидкое стекло сначала превращается в вязкую жидкость, затем в полутвердую жидкость, постепенно переходя в дегидратированное вещество, способное связывать между собой зерна наполнителя. Чем выше силикатный модуль жидкого стекла, тем быстрее протекают указанные превращения. По мере удаления влаги прочностные свойства смеси нарастают, и конечная прочность смеси, обработанной обезвоживанием, по крайней мере, на порядок выше, чем при СО₂-процессе. Наибольшая прочность смесей отмечена при остаточной влажности 0,3...0,5 %. Однако следует отметить, что продолжительность технологических операций обезвоживания в случае применения СОЭ всегда значительно больше, чем при обработке смеси углекислым газом.

Смеси на жидком стекле могут быть переведены в жидкое (пенообразное) состояние (ЖСС). Принцип получения ЖСС, разработанный в нашей стране в 1964 г., основан на переводе смесей с жидкостекольным

связующим в подвижное состояние с помощью пенообразующих поверхностно-активных веществ (ПАВ) и последующем их самозатвердевании за счет использования двухкальциевого силиката или содержащих его материалов – феррохромового шлака, нефелинового шлама и др.

Широкий интерес к названному процессу, возникший после его внедрения, в настоящее время значительно уменьшился из-за таких недостатков, присущих процессу, как низкая точность размеров, неудовлетворительное качество отливок, плохая выбиваемость, большой расход свежих песков и др.

4.5.2. Песчаные смеси на органических связующих

Для смесей на органических связующих используются связующие довольно обширной номенклатуры, которые в зависимости от характера отверждения можно разделить на следующие четыре группы:

- тепловое отверждение вне оснастки (главным образом, конвективная сушка);
- отверждение в нагретой (горячей или теплой) оснастке;
- отверждение в холодной оснастке под действием жидких катализаторов или отвердителей;
- отверждение в холодной оснастке под действием газообразных катализаторов или отвердителей.

В свою очередь, эти четыре группы можно разделить на два типа: отверждение вне оснастки (первая группа) и отверждение в оснастке (остальные три группы).

Песчаные смеси на органических связующих теплового отверждения вне оснастки. Технологии изготовления стержней с их отверждением вне оснастки можно считать доживающими свой век по причине присущих им существенных недостатков, таких, как низкая точность, высокие энергозатраты, низкая ($0,005 \text{ Н/мм}^2$) прочность смесей в сыром состоянии и необходимость применения сушильных плит и драйеров.

Тем не менее, связующие этой группы в большом количестве широко применялись до 1940-х гг., и в настоящее время они используются для изготовления стержней, в частности в России, обеспечивая удельную прочность (прочность, отнесенную к 1 % содержания связующего) более $0,7...0,8 \text{ Н/мм}^2$, высокую податливость стержней, легкую их выбиваемость и достаточную термостойкость. Ниже приводится перечень наиболее широко применяемых связующих для песчаных смесей рассматриваемого вида:

- льняное масло (ГОСТ 5791), олифа натуральная и олифа оксоль (продукты переработки льняного или смеси льняного и конопляного масел);
- связующее П (раствор в уайт-спирите окисленного петролатума – побочного продукта при изготовлении масел из нефти);

- связующее ПТ (раствор окисленного петролатума и талового масла – побочного продукта при получении целлюлозы);
- связующее ПТА (раствор окисленного петролатума, обработанного аммиаком и растворенного в уайт-спирите);
- связующее ГТФ (тяжелая фракция сланцевой генераторной смолы, имеет вид маслянистой жидкости);
- связующее 4ГУ(п) (комбинированное связующее, состоит из полувывсыхающих масел и канифоли, сплавленных с битумом и растворенных в уайт-спирите);
- связующее КО (раствор кубовых остатков, полученных от дистилляции синтетических жирных кислот);
- связующее БК (эмульсионный раствор сульфитно-спиртовой барды (75 %), лака – тиноля (15 %) и связующего ГТФ (10 %));
- связующее УСК (универсальное синтетическое связующее, продукт переработки кубового остатка синтетических жирных кислот);
- связующее СП (эмульсионный раствор сульфитно-спиртовой барды плотностью $1,27 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ (95 %) и окисленного петролатума (5 %));
- связующее СБ (эмульсионный раствор сульфитно-спиртовой барды (80 %) и связующего ГТФ (20 %));
- связующее ССБ (сульфитно-спиртовая барда или лигносульфонат технический (ЛСТ)) (ТУ 13-6281036-05 – 89).

Стержни с перечисленными связующими сушат в сушилах при температурах 140...240 °С в зависимости от типа связующего.

При выборе связующего исходят из его удельной прочности на основе классификации стержней, согласно которой все стержни подразделяют на пять групп.

К первой группе относятся стержни, имеющие тонкие, ажурные стенки, образующие сложные внутренние полости отливок, при этом знаки стержней малоразвиты. Примером могут быть стержни, выполняющие водяную рубашку головки блока цилиндров. Для этой группы стержней удельная прочность на разрыв должна соответствовать $0,7...0,9 \text{ Н/мм}^2$.

Ко второй группе относятся стержни, которые при тех же показателях, что у стержней первой группы, имеют большие знаки. Сюда относятся, например, стержни, формирующие полость водяной рубашки блока цилиндров. Удельная прочность связующего рекомендуется более $0,5...0,7 \text{ Н/мм}^2$.

К третьей группе относятся стержни более простой, по сравнению со стержнями первой и второй групп, конфигурации, в которых отсутствуют тонкие стенки на рабочей поверхности и имеются большие знаковые части, как, например, в центровых стержнях, формирующих цилиндрическую и картерную части блока цилиндров. Удельная прочность связующего для таких стержней более $0,35...0,50 \text{ Н/мм}^2$.

К четвертой группе относятся массивные стержни, формирующие полости станин для станков. Для таких стержней связующие долж-

ны обеспечить удельную прочность 0,2...0,3 Н/мм².

Наконец, к пятой группе относятся массивные стержни простой конфигурации, формирующие внутренние и внешние полости. Для них удельная прочность связующих должна быть более 0,2 Н/мм².

К первой, второй и третьей группам относятся стержни для изготовления автомобильных отливок, отливок сантехники. Для них используются связующие на основе смол, масел, продуктов переработки различных производств. Для четвертой группы используется жидкое стекло, а для пятой группы – неорганические связующие (глина, жидкое стекло, цементы).

Песчаные смеси на органических связующих, отверждаемые в нагретой оснастке. Процесс отверждения смесей в нагретой оснастке с общепринятым названием «Hot-box-процесс» появился в 1960-х гг. и, заменяя конвективную сушку вне оснастки, получил широкое распространение, особенно в отраслях массового производства (автомобильной, тракторной промышленности и др.). Преимуществами этого метода по сравнению с процессом конвективной сушки вне оснастки являлась высокая точность и производительность.

Однако в настоящее время во всем мире (в России пока в меньшей степени) он вытесняется технологией получения стержней холодного отверждения в оснастке.

Свойства смесей, отверждаемых в нагреваемой оснастке, приведены в табл. 4.20.

В качестве связующего для Hot-box-процесса используются синтетические смолы (продукты конденсации формальдегида с карбамидом и фенолом или только с фенолом, а также с фурфуриловым спиртом): СФ-480, фенолоспирты, карбамидфурановые (КФ-90, КФ-40, КФ-35, БС-40), фенолформальдегидные, карбамидформальдегидные (КФ-МТ, КФ-Ж), фенолкарбамидформальдегидные (ФПР-24, СФ-411), которые отверждаются при температурах 220... 240 °С.

На заводах автомобильной промышленности для чугунных отливок в основном используется карбамидфурановая смола КФ-90, а для алюминиевых сплавов и бронзы – КФ-35, КФ-40, БС-40. Стержни с рассматриваемыми связующими отверждаются в нагретом ящике до манипуляторной прочности не менее 0,2 Н/мм².

К катализаторам смол горячего отверждения следует, в первую очередь, отнести растворы нитрата или хлорида меди. В частности, на основе нитрата меди выпускаются известные катализаторы горячего отверждения КЧ-41 и КЦ-32.

В массовом и крупносерийном производстве стержней для стальных отливок используются безазотистые фенолформальдегидные смолы горячего отверждения: СФ-480 и СФЖ-305 и фенолоспирты. В качестве катализаторов горячего отверждения фенолоспиртов используют силь-

нокислые соли типа насыщенного водного раствора хлорного железа.

Газотворная способность смесей по нагреваемой оснастке, как правило, не превышает 10... 12 см³/г.

Таблица 4.20

*Свойства и составы*¹ смесей 1–7, отверждаемых в нагреваемой оснастке (температура отверждения всех смесей 220...240 °С)*

Характеристика смеси	1	2	3	4	5	6	7
Текущность, %, не менее	60...65	70	60	–	–	–	–
Прочность при растяжении, Н/мм ² , в горячем состоянии	0,28...0,5	–	–	–	–	–	–
То же, Н/мм ² , после выдержки:							
15с	–	0,20	0,22	0,33* ²	0,18* ²	0,21* ²	0,25* ²
30 с	–	0,35	0,38	0,39	0,61	0,42	0,77
60 с		0,60	0,70	–	0,86	–	1,00
Прочность при растяжении, Н/мм ² , в холодном состоянии	1,4... 2,6	–	–	–	–	–	–
Область применения (по типу сплавов)	СЧ	Цветные сплавы	СЧ	СЧ	СЧ	–	–

*¹На 100 мас. ч. сухого среднезернистого обогащенного кварцевого песка смесь содержит, мас. ч.: 1 – смола КФ-90 2,35; катализатор КЧ-41 0,50; спирт изопропиловый 0,15; стеарат кальция 0,05; сурик железный марки А или Б или пигмент железно-оксидный 0,4...2,0; 2 – смолы КФ-35 и КФ-40 (1:1) 2,4; катализатор на основе нитрата меди 0,8... 1,0; моноэтаноламин 0,04; бегхаузная пыль 0,5; 3 – то же, что смесь 2, плюс смола ФПР-24 0,4; 4 – смола КФ-90 2,5; катализатор КЧ-41 0,5...0,6; 5 – смола КФ-90 1,9; смола ФПР-24 0,6; катализатор КЧ-41 0,5; 6 – смола ФПР-24 2,2; катализатор ФС 26/6 0,6; ПАВ «Прогресс» 0,1; сурик железный 0,6;

7 – смола КФ-90 1,5; смола ФПР-24 1,5; катализатор КЧ-41 0,6.

*² После выдержки 10 с.

Разновидностью Hot-box-процесса является получивший распространение за рубежом Warm-box-процесс, в котором температура оснастки снижена до 150... 180 °С (это отражено в названии процесса «Warm-box» – «теплые ящики»). В качестве связующего в смеси используются фурановые и фенолформальдегидные смолы.

Преимущества Warm-box-процесса – сниженные энергозатраты (из-за более низкой температуры оснастки) и улучшенные санитарно-гигиенические условия. Высокая скорость отверждения в этом процессе достигается подбором специальных катализаторов.

Песчаные смеси на синтетических смолах холодного отверждения под действием жидких катализаторов и отвердителей. К этой группе связующих относятся синтетические смолы кислотного отверждения, отверждения жидкими аминами и жидкими сложными эфирами.

В табл. 4.21 приведены классы и марки синтетических смол холодного жидкого кислотного отверждения.

Таблица 4.21

Классы и марки холоднотвердеющих синтетических смол

Класс	Марка	ГОСТ, ТУ	Зарубежные аналоги	
			Марка	Фирма
Карбамидные	КФ-Ж	ГОСТ 14231–88	–	–
Карбамидфенолфурановые	КФФ-Л	ТУ 38-10971–83	–	–
Карбамидфурановые	БС-40	ТУ 6-05-1750–77, ТУ 6-06-5751766–88	Серия KOOLKAT, CHEMREZ200, KALTHARZ, CS14/4, 14/33	«FOSECO Int. Ltd» (Англия), «Ashland Chemicals» (США), «Hrtenes Albertus» (Германия)
Фенольные	РСФ-3010 (ОФ-1) СФЖ-3042	ТУ 6-05-1641–86 ТУ 6-05-1826–77	Серия FOSET, серия KOOLKAT, CHEMREZ400	«FOSECO Int. Ltd» (Англия), «Ashland Chemicals» (США), «Hr ttenes Albertus» (Германия)
Фенолфурановые	ФФ-65	ТУ 05-1985–85	Серия KOOLKAT	«FOSECO» (Англия)
	ФФ-65С (силанозированная)	ТУ 6-06-5751766–88	Серия FURROTEC, KALTHARZ, XA20	«FOSECO Int. Ltd» (Англия)
Полифурановые	ПФС	ТУ 59-02-00462–83	ECOLOTEC CSR9500	«FOSECO», отделение в Германии (г. Боркен)

В табл. 4.22 приведены классы смол, жидкие катализаторы – H_3PO_4 ,

БСК (бензолсульфокислота), ПТСК (паратолуолсульфокислота), коксовый остаток, содержание азота и область применения. Кислоты выполняют именно функцию катализаторов отверждения, так как сами в реакцию не вступают, но оказывают влияние на pH реакционной среды.

Таблица 4.22

Коксовый остаток и содержание азота в смоляных связующих

Класс смол	Катализатор	Массовое соотношение смола / катализатор	Коксовый остаток, мас. %	Содержание азота в смоле, мас. %	Область применения (по типу сплавов)
Карбамидные	H_3PO_4 ($\rho = 1,30 \text{ г/см}^3$)	1/0,3	До 10	20...24	Цветные сплавы
Фенольные* ¹	БСК или ПТСК	1/0,4	45... 52	0	Стали углеродистые и легированные
Фенолфурановые		1/0,4	52... 57	0	
Полифурановые		1/0,4	До 60,0	0	Стали углеродистые и легированные, в том числе для тяжелых отливок
Карбамидфурановые с содержанием фурфурилового спирта, мас. %:					
20...30	H_3PO_4 ($\rho = 1,57 \text{ г/см}^3$)	1/0,4	22... 32	18...15	Цветные сплавы и серый чугун
30...40	Тоже	1/0,4	32... 40	15... 12	Серый чугун
40...60	Тоже	1/0,5	40... 45	12...8	Серый чугун
60... 80	H_3PO_4 или БСК, или ПТСК	1/0,5	45... 47	8...3	Серые и высокопрочные чугуны, углеродистые стали
свыше 80	БСК, или ПТСК	1/0,5	До 50,0	3...0.5	Высокопрочные чугуны и углеродистые стали

*¹ Промежуточное положение между фенольными и карбамидными смолами занимают фенолкарбамидные смолы в зависимости от соотношения в них фенольной и карбамидной составляющих

Испарение образующейся в результате реакции воды из внутренних слоев стержней затруднено, особенно при высокой относительной

влажности воздуха, что приводит к зависимости прочности стержней от относительной влажности воздуха. Следует заметить, что эта зависимость не связана с гигроскопичностью.

По мере прогрева стержня отвержденная смола сначала газифицируется (образуются пары воды и мономеров), затем начнется термическое разложение смолы – термодеструкция и образование коксового остатка. По величине коксового остатка судят о термостойкости смолы: чем он больше, тем термостойкость выше.

Коксовый остаток характеризуется по существу содержанием фурфурилового спирта, что следует из табл. 4.22. Фурфуриловый спирт в основном и определяет термостойкость смолы.

Важной характеристикой синтетических смол является содержание азота, так как присутствие азота в металле является причиной ситовидной пористости чугунных и стальных отливок.

Силаны (кремнийорганические мономеры) являются модификаторами, резко повышающими прочность адгезионного взаимодействия синтетических смол с наполнителем.

В 1970-е гг. были разработаны смеси на основе полиспиртов и полиизоцианатов, отверждаемых жидким амином с достаточно высокой температурой кипения (выше 150 °C), ограничивающей выделение токсичных паров амина.

Технология получила название «PER-set-процесс»; этот процесс может быть использован для получения отливок из алюминиевых сплавов и чугуна.

Фирма «Полион» (Россия) разработала фенолизоцианатную композицию «Полисет-1».

PER-set-процесс уступает Cold-box-amin-процессу, который в настоящее время имеет широкое распространение.

В 1979 г. фирма «Borden» (Англия) разработала Alpha-set-процесс, связующим в котором является жидкий фенолформальдегидный олигомер резольного типа, а отвердителями служат жидкие сложные эфиры (триацетат глицерина, пропиленкарбонат, γ -бутиролактон и их смеси).

По сравнению с жидким процессом кислотного отверждения фенолформальдегидных и фурановых смол Alpha-set-процесс характеризуется малым выделением паров свободного фенола, формальдегида и метанола. Скорость отверждения смесей по Alpha-set-процессу может регулироваться в широких пределах, от 3...4 до 30...60 мин при расходе связующего 1,5...2,5 %, а отвердителя 25...30 % массы связующего.

Универсальность процесса в отношении литейных сплавов и отмеченные экологические преимущества являются весомыми причинами для распространения Alpha-set-процесса. В России для этого процесса производится связующее под названием «Термозко-01» и отвердители К-3Б, К-3С и К-3Н.

Составы и свойства холоднотвердеющих смесей (ХТС) кислотного отверждения приведены в табл. 4.23.

Таблица 4.23

Состав и свойства холоднотвердеющих смесей 1–7

Характеристика смеси	1	2	3	4	5	6	7
Марка смолы	БС-40		КФ-65С		ФФ-65С		РСФ-3010 (ОФ-1)
Расход смолы* ¹ , мас. ч.	1,8...2,0	1,8...2,0	1,3...1,5	1,0...1,2	1,0...1,2	1,0... 1,2	2,0...2,2
Отвердитель	Ортофосфорная кислота (H ₃ PO ₄), ρ= 1,56...1,58 г/см ³						БСК, ρ = 1,275 г/см ³
Расход отвердителя, мас. ч	0,8... 1,0	0,6...0,8	0,4... 0,9	0,6...0,8	1,1 ... 1,6	0,3...0,5	1,0...1,2
Прочность при растяжении, Н/мм ² , после выдержки: 1 ч 4ч 24	Свыше 0,2 0,6...0,7 0,8... 1,0	0,15...0,20 0,6...0,7 0,8... 1,0	0,10...0,15 0,4...0,5 0,4...0,5	0,2...0,3 0, 5...0,7 1,0... 1,4	0,3... 0,6 0,5...1,0 0,8...1,2	0,9... 1,0 1,2... 1,3 1,3...1,5	0,8* ² 1,5* ² 2,5* ²
Осыпаемость через 24 ч, %	0,02...0,06	0,02...0,06	До 0,3	До 0,1	До 0,1	До 0,1	До 0,2
Газотворность, см ³ /г	До 20	До 20	До 14	До 12	До 12	До 10	До 16
Живучесть, мин	2,5...3,5	5,0... 10,0	5,0...8,0	6,0... 10,0	1,5...2,5	5,0...6,0	5,0...6,0
Минимальное время отверждения в оснастке, мин	До 10	До 40	До 20	До 30	6...10	До 40	До 40
Назначение	Средние стержни	Крупные стержни	Средние и крупные формы* ³	Крупные стержни	Средние и мелкие стержни	Стержни, формывы	Стержни, формывы
Область применения (по типу сплавов)* ⁴	СЧ	СЧ	СЧ	СЧ, ВЧ	СЧ, ВЧ	СЧ, ВЧ, сталь	

*¹На 100 мас. ч. песка *² При сжатии. *³ 50...25 мас. ч. песка и 50...75 мас. ч. регенерата. *⁴ СЧ, ВЧ — серый и высокопрочный чугуны.

Песчаные смеси на синтетических смолах холодного отверждения в оснастке при продувке газовыми катализаторами. Названная технология разрабатывалась с 1970-х гг. фирмами «Ashland» США и «Borden» Англия. Сначала у специалистов возникали сомнения в реализации этой технологии, так как газовые катализаторы (амин, SO_2) являются высокотоксичными веществами. Однако к настоящему времени технология отверждения смесей в оснастке газовыми катализаторами стала менее экологически опасной, особенно по сравнению с технологией Hot-box-процесса.

Перечни процессов, связующих, газовых катализаторов и газовых носителей приведены в табл. 4.24.

Таблица 4.24

Процессы холодного отверждения смесей путем продувки газовыми реагентами

Торговое наименование процесса (связующая система)	Компоненты связующего	Газовый реагент + инертный газ-носитель
Cold-box-amin-процесс	Раствор бензилэфирной смолы; полиизоцианат (дифенилметандиизоцианат) в виде раствора	Амины: триэтиламин (ТЭА) $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$, диметилэтиламин (ДМЭА) $(\text{CH}_3)_2\text{NC}_2\text{H}_5$ в токе N_2 или CO_2 , или в токе воздуха + продувка N_2 , CO_2 или воздухом
Cold-box-plus	То же, что для Cold-box-amin-процесса с дополнительным нагревом оснастки до 70...80 °С	
SO_2 - процесс	Фурановая смола; органический гидропероксид метилэтилкетона	SO_2 (15...20 %) в токе сухого воздуха или N_2 , или CO_2 (80...85 %) + продувка N_2 или CO_2 , или сухим воздухом
Ероху- SO_2 - процесс	Эпоксидная смола; органический гидропероксид	
Free-Radical-процесс (FRC)/Iso-set	Акриловая или эпоксиакриловая смола	SO_2 (1... 5 %) в токе N_2 или CO_2 (95...99 %) + продувка N_2 или CO_2
Beta-set-процесс	Щелочной резольный полифенолят (молярное отношение $\text{KOH}/\text{фенол} = 0,6... 1,0$)	Метилформиат HCOO-CH_3 (30...40 % массы смолы) в токе сухого воздуха + продувка воздухом
Resol- CO_2 (США), Fepoxy- CO_2 (Германия)	Резольный полифенолят, модифицированный специальной добавкой	CO_2 (до 1,0 % массы стержневой смеси) под избыточным давлением 0,1...0,4МПа

Газовые катализаторы – это газы (SO_2 , CO_2) или жидкости (амины, метилформформат) с температурой кипения 25...90 °С, которые легко перево-

дятся в парообразное состояние. Поэтому стержневые машины должны быть обеспечены высокоточными устройствами (генераторами) для приготовления газовых смесей, а также подогревом газопроводящей системы и песка до 30...40 °С для предотвращения конденсации газового катализатора.

Продуваемый через стержневой ящик амин улавливается и нейтрализуется чаще всего в растворе серной кислоты с образованием нетоксичной соли сульфата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Cold-box-amin-процесс. Суммарный расход связующего при этом процессе 1,2... 1,8 %, расход амина как катализатора составляет 0,2... 1,5 г/кг стержневой смеси.

Кроме связующих, выпускаемых фирмами «Ashland» (США), «Huttenes Albertus» (Германия) и др., используется связующее «Полифарм-1» фирмы «Полион» (Россия), а в качестве катализатора – пары триэтиламина (ТЭА) с осушенным воздухом.

Живучесть смесей, получаемых в Cold-box-amin-процессе, 2... 3 ч. Длительность продувки после надува смеси на пескодувной машине составляет 5...20 с, за это время стержень приобретает 60...70 % конечной прочности. Максимальный размер стержневого ящика 1200 x 1200 мм, масса стержней – от 1... 300 кг.

К преимуществам Cold-box-amin-процесса по сравнению с Hot-box-процессом следует отнести следующее:

- повышение точности отливок на один-два класса;
- снижение расхода электроэнергии более чем в 10 раз;
- высокое качество отливок;
- снижение на 20...30 % потерь от брака.

Однако технология Cold-box-amin-процесса требует высокой технологической дисциплины, в том числе в отношении качества песка, особенно по влагосодержанию, кроме того, необходимо осушивание воздуха.

К недостаткам процесса следует отнести низкую живучесть смеси разупрочнение стержней при хранении во влажном воздухе, затруднения при выбивке стержней в случае отливок из алюминиевых сплавов, а также образование просечек, ситовидной пористости и черных пятен (результат выделения блестящего углерода) на чугунных отливках.

Cold-box-amin-процесс в России внедрен на ОАО «Заволжский моторный завод», ОАО «ГАЗ», а также на Подольском литейном заводе концерна «Зингер».

SO_2 -процесс. Отверждение фурановой или эпоксидной смол по SO_2 -процессу происходит под действием H_2SO_4 , образующейся вследствие окисления SO_2 пероксидом.

Непрореагировавший SO_2 удаляется из стержня в процессе последующей продувки смеси сжатым воздухом и в нейтрализаторе по реакции со щелочью превращается в сульфит натрия (Na_2SO_3) или калия (K_2SO_3). Прореагировавший в смеси диоксид серы SO_2 в виде H_2SO_4 остается в стержне. После заливки металла происходит термодеструкция связующего с образованием сероводорода и сероорганики, загрязняющих атмосферу заливочного и выбивного участков.

Смеси на фурановых смолах для SO_2 -процесса отличаются высокой живучестью (до 24 ч), большой термостойкостью и легкой выбиваемостью из отливок легких сплавов.

Модификацией этого процесса является Ероху- SO_2 -процесс, в котором используется модифицированная эпоксидная смола и который практически вытеснил SO_2 -процесс (особенно в США).

С 1980-х гг. Ероху- SO_2 - процесс используется на Камском литейном заводе.

Free-Radical-процесс (FRC). Основанный на быстрорадикальной полимеризации ненасыщенных полимеров (эпоксиакриловая полиэфирная смола) этот процесс разработан фирмой «Ashland» (США) в 1983 г. Составляющие связующей композиции – эпоксиакриловая смола и гидропероксид реагируют между собой только в присутствии SO_2 . В процессе продувки SO_2 песчаная смесь отверждается почти мгновенно — в течение 0,5...5,0 с. Воздух для надува смеси в ящик и для вытеснения SO_2 из стержня должен быть осушен, в противном случае прочность стержня оказывается низкой. Живучесть смеси практически не ограничена.

Описанный процесс применяется в основном только в США наряду с Ероху- SO_2 -процессом.

Beta-set-процесс. В 1980-х гг. фирмой «Borden» (Англия) разработан Beta-set-процесс, основанный на быстром отверждении той же фенолформальдегидной смолы резольного типа, как и в Alpha-set-процессе, парами метилформиата при продувке смеси.

Стержневая смесь может подаваться в стержневой ящик как пескоструйным, так и пескострельным способами или свободной засыпкой, после чего она уплотняется методом вибрации или трамбовки.

Из генератора с использованием воздушного носителя пары содержащие примерно 60 % метилформиата, продуваются через стержень в течение 10...30 с.

Содержание связующего составляет 1,5... 2,5 %, расход отвердителя – до 50 % массы связующего. Достигаемая прочность в 1,5 – 2 раза ниже, чем в процессах с продувкой аминами или SO_2 . Максимальная масса стержней не более 20 кг. Область применения – стержни для отливок небольших серий, так как в массовом и крупносерийном производстве предпочтительнее

использовать Cold-box-amin-процесс и SO_2 -процесс.

Метилформиат является малотоксичным, и при его использовании достаточно приточно-вытяжной вентиляции.

Beta-set-процесс, являясь универсальным, т. е. применимым (практически для всех сплавов, обеспечивает высокое качество поверхности отливок; стержни имеют малую чувствительность к влажности и хорошую выбиваемость (по сравнению с технологией продувки аминами и SO_2), в связующем отсутствуют азот и сера.

В числе российских предприятий, использующих Beta-set- процесс, ЗАО «Армагус» (г. Гусь-Хрустальный, Владимирская область).

Resol- CO_2 (Фенолу- CO_2)-процесс. В 1987 г. в США и Германии независимо разработаны процессы, связующим в которых была та же фенолформальдегидная смола резольного типа, что в Alpha- и Beta-set-процессах, а отверждение происходило при продувке смеси в оснастке углекислым газом (CO_2).

В случае Resol- CO_2 -процесс (США) в состав связующего кроме смолы входят специальные добавки, обеспечивающие приемлемые показатели прочности. Примерами связующих могут служить препараты «Carbophen» фирмы «Huttenes Albertus» (Германия) и «Novanol» фирмы «Ashland» (США).

Стержневая смесь содержит 2,5... 3,0 % смолы сверх 100 % песка. Уплотнение может быть любым, но достаточным для технологических целей.

Отверждение стержня при продувке происходит в два этапа. На первом CO_2 в течение 15...60 с (в зависимости от массы стержня) медленно вытесняет воздух из смеси. На втором этапе смесь выдерживают под статическим давлением CO_2 в течение времени, в 3 раза превышающего время продувки. Для реализации такой технологии отверждения стержневой ящик помечают в сосуд, снабженный системой выпускных труб с клапанами соленоидного типа и обеспечивающий второй этап отверждения стержня.

Из-за невысокой (около 2 Н/мм²) прочности на сжатие процесс применим для несложных стержней массой до 150 кг и средних опочных форм. В то же время процесс обеспечивает хорошее качество поверхности чугунных и стальных отливок, а стержни (и формы) легко выбиваются, в настоящее время Resol- CO_2 -процесс используют взамен CO_2 -процесса на жидком стекле.

В массовом и крупносерийном производстве отливок холодноотвердеющие смеси (ХТС), отверждаемые газообразными катализаторами, являются наиболее динамично развивающимися. Постоянно совершенствуются связующие композиции, способы отверждения, стабилизация

свойств стержней, утилизация отходов.

При выборе того или иного варианта технологии для конкретной номенклатуры отливок следует учитывать возможность образования специфических литейных дефектов.

По материалам фирмы «Ashland» в табл. 4.25 приведена качественная ориентировочная оценка различных технологий по данным технологических проб, принятых для оценки склонности смесей к образованию литейных дефектов.

Таблица 4.25

Склонность смесей к образованию литейных дефектов при использовании различных технологий изготовления стержней

Дефект	Оценка склонности к ОЛД*			
	Cold-box-amin-процесс	Ероху-SO ₂ FRC-процессы	Beta-set-процесс	CO ₂ -процесс на жидком стекле
Эрозия	2	3	1	1
Просечки	3	2	2	2
Чистота поверхности	2	2	3	4
Газовые раковины	2	1	1	2
Проникновение металла	2	2	3	3
Образование блестящего углерода	3	2	1	1
Выбиваемость	3	2	1	5

* Оценки: 1 – отлично, 2 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 4 – плохо, 5 – очень плохо.

По данным Ассоциации литейщиков Германии в 1997–1998 гг. массовое, крупносерийное и серийное производство отливок в Германии базировалось на применении следующих процессов, % от производства стержней:

Cold-box- amin-процесс.....	57
Hot-box-процесс, Warm-box-процесс.....	16
SO ₂ - процесс.....	6
Beta-set-процесс.....	2
Resol-CO ₂ - процесс	4
CO ₂ -процесс на жидком стекле.....	5
Прочие.....	10

Этих сведений достаточно, чтобы иметь представление о сравнительном распространении описанных технологических процессов в литейном производстве в мире.

4.6. ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ ДОБАВКИ И ПОКРЫТИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

Качество литой поверхности во многом определяет качество и свойства отливок. При улучшении качества поверхности повышается точность отливок, сокращается трудоемкость очистных работ, улучшается обрабатываемость, уменьшаются припуски на механическую обработку.

Формирование поверхности отливок – сложный процесс, определяемый физико-химическим взаимодействием оксидов металла и формы, температурным режимом и габаритами отливки, газовым режимом и термическими напряжениями в литейной форме. В результате этого сложного вероятностного процесса формируется литая поверхность с той или иной степенью шероховатости.

Качество поверхности отливки оценивается по шероховатости, наличию поверхностных дефектов в виде пригара, наростов, плен, ужимин и т.д.

Пригар представляет собой слой формовочной или стержневой смеси, прочно удерживаемый на поверхности отливки и резко ухудшающий поверхность отливки. Различают три вида пригара: механический, химический, термический.

Механический пригар. В результате внедрения сплава в поры формы возникает механический пригар. Факторами, влияющими на внедрение металла в поры формы, являются металлостатический напор и капиллярное давление, газовое давление в форме и глубина прогрева формы до температуры плавления внедряющихся в форму струек металла.

При заполнении формы жидким металлом происходит так называемое «захолаживание» металла с образованием твердой корки. По мере прогрева литейной формы до температуры плавления сплава, что характерно для толстостенных отливок, корка разогревается и струйки могут продвигаться в поры литейной формы. Следует отметить, что возникающий при этом пригар чаще встречается на крупных отливках, у которых в течение более длительного времени, чем в случае мелких и средних отливок, происходит взаимодействие жидкого металла с литейной формой и, следовательно, на большую глубину прогревается форма.

Химический пригар. В результате реакций между оксидами металла и формы, которым способствуют высокие температура плавления и реакционная способность образующихся оксидов металла, на поверхности проявляется так называемый «химический пригар». Одной из радикальных мер его предупреждения является использование химиче-

ски инертных по отношению к оксидам металла формовочных материалов, таких, как циркон, дистенсиллиманит, хромит и т. п. Химический пригар характерен лишь для сплавов с высокой температурой плавления, например для стали и чугуна.

В процессе взаимодействия оксидов металла и формы может возникать трудноотделимый и легкоотделимый пригарный слой.

Если между металлом отливки и пригарной коркой возникает слой оксидов железа оптимальной толщины (для жидкостекольных смесей он составляет 100 мкм), то пригарная корка легко отделяется от металла по этому слою. Так, на толстостенных стальных отливках, полученных в жидкостекольных формах без применения покрытий, образуется легкоотделимый пригар, поскольку сталь легко окисляется и пригарная корка содержит большое число оксидов. На чугунных отливках получается трудноотделимый пригар.

Термический пригар. При заливке металла вследствие низкой огнеупорности формовочных материалов происходит оплавление поверхности формы с образованием термического пригара на отливке, который легко отделяется от поверхности отливок в виде толстой «шубы».

Описанные три вида пригара в чистом виде практически не встречаются, так как формирование отливки протекает в условиях совместного действия давления металла, его температуры и химического взаимодействия с формой.

По современным представлениям образование пригара происходит следующим образом. Как правило, заливаемый металл не смачивает кварцевый песок, но реагирует с кислородом воздуха. Оксиды образуются в большей степени на поверхности контакта металл–форма. Оксиды в виде жидких масс смачивают кварцевые зерна смеси, при этом облегчается их внедрение в поры смеси под действием давления (напора) металла, капиллярного давления и давления газа в полости формы. Внедрившаяся в поры струйка металла, покрытая пленкой оксидов, во-первых, вступает в химическое взаимодействие с частицами кварца, во-вторых, быстро охлаждается и, затвердевая, останавливается. Дальнейшее ее продвижение зависит от степеней прогрева формы. При нагреве струйки выше температуры ликвидуса металла, возможно некоторое увеличение глубины ее внедрения. Практически во всех технологических мероприятиях по уменьшению пригара используются описанные ранее представления образования пригара. Во-первых, стремятся к минимальному размеру пор; во-вторых, обеспечивают несмачивание формовочной смеси металлом и

его оксидами; в-третьих, создают восстановительную атмосферу, препятствующую протеканию окислительных реакций; в-четвертых, обеспечивают быстрое затвердевание струек металла подбором более теплопроводного материала. Наконец, в-пятых, обеспечивают быстрое окисление внедрившихся струек, что приводит к потере ими прочности и легкому отделению пригара.

Для предотвращения пригара на чугунных отливках в формовочную смесь вводят каменноугольную пыль, мазут и другие углеродистые добавки.

Противопригарное действие каменного угля и других углеродистых добавок связывают с созданием в полости формы восстановительной атмосферы и образованием пиролитического («блестящего») углерода при температуре 600 °С. Восстановительная атмосфера препятствует протеканию окислительных реакций, пиролитический углерод оседает в виде прочной пленки на зернах кварца, которая не смачивается ни металлом, ни его оксидами и затрудняет внедрение металла в поры формовочной смеси.

В составе единой формовочной смеси следует использовать угли, содержащие 25... 35 % летучих и дающие выход блестящего углерода не ниже 10 %. На автоматических линиях для увеличения газопроницаемости и прочности в зоне конденсации применяется гранулированный уголь с размером частиц 0,160...0,315 мм и их содержанием в добавке до 65... 85 %. При машинной формовке допустимо использовать каменный уголь более тонкого помола – не менее 0,063 мм.

Из-за недостатков, связанных с применением каменного угля, (низкий выход блестящего углерода, ухудшение условий труда и т.п.), ищутся другие материалы (например, пеки, битумы), в том числе жидкие углеродсодержащие добавки (эмульсионные масла, синтетические полимеры), отличающиеся более высоким выходом блестящего углерода (более 40 %). Противопригарные добавки содержат 3... 6 % молотого каменного угля или 1,6...2,0 % синтетических композиций, или 0,75...2,00 % жидких углеродсодержащих материалов.

Для предотвращения пригара на стальных отливках с толщиной стенки до 50 мм в смесь вводят мелкодисперсные огнеупорные добавки, например пылевидный кварц (маршаллит), который, уменьшая поры смеси, препятствует внедрению струек металла в них.

Для отливок с толщиной стенок более 50 мм используются смеси с высокими показателями теплопроводности и теплоаккумуляции, например, в облицовочных смесях используют вместо кварцевых

песков цирконовые пески.

При введении в смесь щелочи или мочевины образуются вязкие массы эвтектического состава, эти массы заполняют поры, предотвращая внедрение оксидов металла в поры литейной формы.

При изготовлении отливок из алюминиевых сплавов используют мелкозернистые пески и сильно уплотняют смесь, что уменьшает размер пор. В случае получения отливок из магниевых сплавов используют гидроксид бора $B(OH)_3$ (тривиальное название борная кислота»), сульфитную серу, препятствующие окислению и воспламенению магниевых сплавов.

Противопригарные покрытия. Для предотвращения пригара на поверхности отливок используют припылы, пасты и краски. В качестве припылов для *стального* литья применяют: маршалит, дистенсиллиманит; для *чугунного* литья – графит; для *цветного* литья – тальк. Для покрытия поверхностей крупных литейных форм используют пасты, изготовленные на основе припылов.

Наибольшее распространение получили краски, которые представляют собой суспензии – дисперсные структуры, включающие огнеупорный наполнитель (основу), связующее, специальные добавки и растворитель. В качестве огнеупорной составляющей как *основы* красок используют по видам сплавов те же минералы, что и в припылах. В качестве *связующих* в красках широко используются неорганические и органические материалы. В качестве неорганических связующих используются (глина, жидкое стекло). В свою очередь, различают три класса органических связующих в зависимости от температуры их термодеструкции. При разработке термостойких покрытий предпочтение следует отдавать связующим с температурой термодеструкции 180...250 °С и кремнийорганическим смолам с температурой термодеструкции 250... 500 °С (полифенилсиликоновая – Ф-1, полиметилсиликоновая – КМ-9к).

Специальными добавками в красках являются добавки, повышающие седиментационную устойчивость, и добавки антисептиков, препятствующих брожению органических веществ и выделению запахов.

Действенным способом повышения седиментационной устойчивости литейных красок является увеличение вязкости жидкой фазы путем введения стабилизирующих веществ (стабилизаторов). Стабилизаторы представляют собой вещества, сильно набухающие и создающие коллоидные растворы повышенной вязкости. Для водных красок наилучшим не только связующим, но и стабилизатором является глина (бентонит). Содержание глины в составе краски не должно быть больше 3... 4 %.

Избыток глины вызывает растрескивание покрытия. В качестве стабилизаторов неводных красок используют: полиизобутилен, клей резиновый, бентоны – органические бентониты, полученные путем обработки глины соединениями аминов.

В качестве антисептиков в красках для предотвращения брожения органических добавок используют формалин технический, изопропиловый спирт, салициловую кислоту и бензонат натрия.

В качестве *растворителя* в литейных красках применяют воду и различные органические растворяющие вещества. К основным характеристикам растворителей относятся: растворяющая способность, температура кипения, скорость испарения, взрывоопасность, токсичность. Растворяющую способность, например, оценивают по вязкости растворов с одинаковой концентрацией растворенного вещества: чем ниже вязкость, тем активнее растворитель. Наибольшей активностью обладают ацетон и спирты, наименьшая растворяющая способность у углеводов (бензина, керосина, уайт-спирита). Практический интервал кипения, при котором растворитель может быть использован в быстро сохнущих красках, находится в пределах 55...85 °С.

Краски, выпускаемые промышленностью, имеют специальные обозначения: водные краски *для стального литья* – СТ-1, СТ-2, СТ-3 (от слова «сталь») (в их составе пылевидный кварц, декстрин, патока, сульфитно-спиртовая барда, стабилизатор бентонит), ЦБ (цирконобентонитовая), СБ (силлиманитобентонитовая), МБ (магнезитобентонитовая). Для *чугунного литья* выпускается водная краска ГБ (графитобентонитовая), для цветных сплавов – водная краска ТБ (талькобентонитовая).

Водные краски после нанесения на поверхность форм и стержней обязательно должны подвергаться сушке. Самовысыхающие краски упрочняются после определенной выдержки окрашенных стержней на воздухе или при поджигании краски.

Приготовление красок из паст в литейном цехе ведется путем их растворения до необходимой плотности. На поверхность форм и стержней краски наносят кистью, посредством окунания или из пульверизатора.

4.7. РЕГЕНЕРАЦИЯ ПЕСКОВ

Регенерация (от лат. *regenerate* – восстановление, возрождение) в применении к пескам проводится с целью удаления пленок связующего с поверхности частиц песка и в применении к формовочным смесям проводится их обработка для восстановления свойств. Для регенерации

песка используют отработанные смеси, содержащие связующие материалы органического и неорганического происхождения. Конечным продуктом регенерации в этом случае является формовочный песок (*регенерат*), используемый в качестве заменителя свежего песка при изготовлении формовочных и стержневых смесей.

Регенерированные пески должны соответствовать требованиям стандарта, предъявляемым к формовочным пескам, т. е. должны быть чистыми по примесям и содержать частицы определенной крупности.

В производстве применяют механическую (сухую), гидравлическую (мокрую) и термическую регенерации. Часто используют комбинированную регенерацию, при которой регенерированный песок получают путем комбинирования сухой и мокрой регенерации в определенной последовательности.

Механическая регенерация. При механической (сухой) регенерации для отделения пленок связующего используют различные устройства, действие которых основано на применении механического и пневматического удара. При этом отделение пленок происходит за счет возникновения в них напряжений, достигающих напряжений адгезионного сцепления от столкновения летящей с большой скоростью частицы с преградой.

При разгоне частицы и смеси механическим путем регенерация носит название «механической», а при разгоне потоком воздуха — «пневматической». В ряде установок отделение пленок совмещается с сепарацией.

В мировой практике наиболее широкое распространение получили пневматические установки. Суть процесса состоит в следующем: струя воздуха, имеющая скорость 45 м/с, инжектирует (вбрасывает) отработанную смесь в вертикальную трубу. Далее при вылете из трубы зерна песка ударяются об отражатель. Наряду с этим во время полета в трубе песчинки соударяются между собой. Таким образом, они испытывают ударные нагрузки и при соударениях в трубе, и при ударе об отражатель. Под действием этих сил пленка связующего отделяется от поверхности зерна. Песок, падающий от отражателя вниз, частично удаляется. Часть его может повторно попадать на оттирку, все мелкие фракции относятся воздухом к фильтрам. Установка может состоять из одной секции или из нескольких, соединенных между собой последовательно секций. Способ пневматической обработки является наиболее интенсивным методом удале-

ния пленки связующего с поверхности зерна.

С этих же позиций представляет интерес способ регенерации в потоке дробы. В этом методе механическое отделение связующего находится в комбинации с выбивкой стержней и очисткой отливок дробью. Дробь, летящая с большой скоростью, выбивает стержни, очищает поверхности отливки и отделяет пленку связующего от поверхности зерен песка. Затем с использованием магнитной и воздушной сепарации проводится разделение дробы, регенерата и мелких фракций.

Гидравлическая (мокрая) регенерация. В данном способе гидрорегенерации, или мокрой регенерации, отработанная смесь после предварительной подготовки в виде песчаной пульпы подается на отмывку пленки связующего. Отмывку песчаной пульпы осуществляют различными способами: в проточной воде, гидроциклонах, оттирочных машинах, где песчано-водная смесь интенсивно перемешивается. После сепарации (классификации) проводят обезвоживание песка (регенерата) и его сушку. Применяемая в технологическом цикле вода осветляется для повторного использования. Расход воды составляет примерно 10 т на 1 т регенерируемой смеси. Для обезвоживания используют методы выдерживания влажного песка в специальных резервуарах, центрифугирования (влажность понижается до 6... 10 %), вакуумирования. Полное удаление влаги из песка достигается сушкой во вращающихся барабанах или установках кипящего слоя (эффективность сушки в последних значительно выше, чем в барабанах).

Мокрый способ регенерации нашел распространение в литейных цехах, имеющих гидроочистные установки.

При регенерации по мокрому способу (рис. 4.23) отработанная смесь с водой (пульпа) из гидрокамер 8 поступает в конический классификатор 1 в котором проточная вода уносит с собой мелкую пыль и глину. Мелкие частицы уносятся на станцию осветления. Крупные частицы смеси оседают на дно конического классификатора, затем попадают в спиральный классификатор 2, а оттуда они спиралью поднимаются кверху и попадают в бегуны 3. В бегунах глиняная пленка отделяется от зерен песка, после чего смесь поступает в агитчан 4, где она механически перемешивается с водой и насосом 5 подается во второй спиральный классификатор 6. Окончательно очищенный песок собирается в бункер 7, где он обезвоживается. После этого песок, высушенный, в печах, снова поступает в производство.

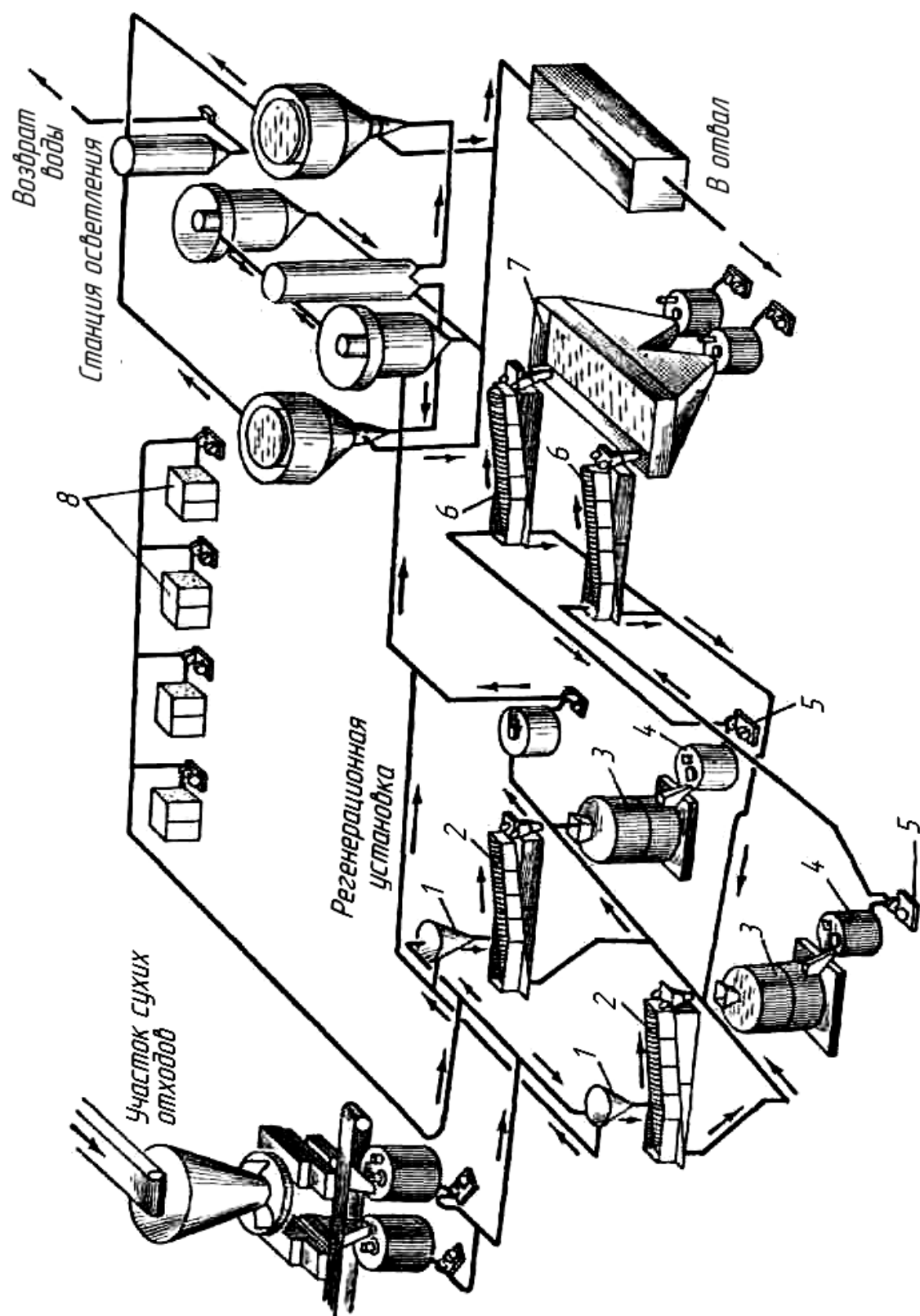


Рис. 4.23 Схема мокрой регенерации песка из отработанной формовочной смеси

Термическая регенерация. Для смесей с органическими связующими применяется термическая регенерация – нагрев отработанной смеси до 650... 1000 °С, выдержка при этой температуре в окислительной атмосфере и охлаждение. При температуре нагрева 250...400 °С удаляются все летучие составляющие, далее при температуре 800 °С и выше выгорают углеродсодержащие добавки. Коксовый остаток и другие мелкие фракции удаляются последующей сепарацией. В определенной степени на отделение плёнок связующего при термической регенерации влияет разница «температурных коэффициентах линейного расширения материала пленок и зерен песка.

Для проведения термической регенерации используют печи барабанные с пересыпными полками и кипящего слоя. Для регенерации песков преимущественное развитие получили печи кипящего слоя. В качестве топлива обычно используется газ, реже – нефтепродукты и электроэнергия. Время пребывания материала в печи складывается из времени, необходимого для нагрева частиц до заданной температуры, и времени выгорания органических веществ. В потоке горячих газов зерна формовочного песка нагреваются за время менее 1 с. Для достижения в кипящем слое при 650... 850 °С уровня потерь при прокаливании менее 0,2 % время обжига выбирают в пределах 4...6 мин.

Для охлаждения регенерата применяют контактные воздушные охладители, барабанные или кипящего слоя: бесконтактные водяные трубчатые охладители или комбинированные охладители кипящего слоя.

Заключительным этапом регенерации песка является сепарация, т.е. разделение зерновой основы песка и пылевидных фракций. Для этой цели используют специальные сепараторы. Смесь через трубу снизу подается воздухом со скоростью 18... 20 м/с. По выходе из трубы скорость потока снижается до 4...6 м/с, что достигается благодаря расширению проходного сечения. При этом крупные частицы вследствие снижения скорости падают в сборник и по мере накопления удаляются из сепаратора. Более мелкие частицы уносятся воздухом вверх, где им с помощью направляющих лопаток придается вращательное движение. Далее крупные частицы этой фракции попадают во внутренний конус, по которому их движение направляется вниз, в сборник регенератора. Вся мелочь и пыль воздухом выносятся из сепаратора вверх, к очистным фильтрам. Степень сепарации можно регулировать поворотом лопаток на нужный угол.

При выборе способа и объема регенерации необходимо принимать во внимание экономическую эффективность. Процесс сепарации становится рентабельным только при достижении определенной производительности, и положительный эффект будет тем больше, чем выше про-

изводительность установок регенерации. В связи с этим представляется целесообразной централизация процессов регенерации на базе объединения нескольких заводов, которую необходимо осуществлять на специализированных предприятиях.

Только при такой организации производства возможны полная механизация и даже автоматизация технологических процессов регенерации формовочных и стержневых смесей. Наряду с экономической целесообразностью при этом улучшатся санитарно-гигиенические условия работающих литейных цехов, повысится эффективность охраны окружающей среды.

ГЛАВА 5

МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

Прочность литейных форм и стержней, изготовленных из дисперсных смесей (формовочных и стержневых), является одним из основных их технологических свойств и определяет качество отливок: точность их размеров и ряд дефектов форм, стержней и отливок, таких, как подрыв, обвал и др.

Прочность сырых форм, используемых, как правило, для отливок небольшой массы, достигается механическими способами уплотнения сырых смесей, в некоторых случаях с подсушкой.

Для крупных отливок массой более 500... 1000 кг используют сухие формы, которые изготовляют сырыми, а затем высушивают.

Широкое распространение получили, особенно в последнее время, химические методы отверждения литейных форм и стержней.

Для упрочнения форм и стержней используются также физические методы, а именно: магнитная формовка (придание прочности форме и стержням из ферромагнитной дроби магнитами), вакуумная формовка (придание прочности обычному песку, находящемуся в замкнутом объеме, силами окружающей атмосферы при создании вакуума в этом объеме).

Ниже рассмотрены некоторые методы упрочнения, используемые при изготовлении литейных форм и стержней.

5.1. МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ УПЛОТНЕНИЯ

Все методы уплотнения литейных песчано-глинистых форм разделяют на две группы: статические и динамические.

К статическим относятся методы, связанные с прессованием литейных форм. Для этих методов характерно относительно медленное увеличение нагрузки, сам процесс уплотнения длится несколько секунд. Методы уплотнения, при которых время приложения нагрузки не превышает 0,1 ... 0,2 с, а сжимающие напряжения в смеси быстро растут и так же быстро падают, являются динамическими. Для этих методов характерна высокая скорость деформации смеси, поэтому существенную, а в некоторых случаях и решающую роль играют инерционные силы. При уплотнении смеси происходит сжатие воздуха, находящегося в ее порах, и организуются его потоки между песчинками, что может влиять на результаты уплотнения.

В настоящее время из множества известных методов уплотнения применяются следующие: прессование, встряхивание, импульсное, пескоструйно-пескострельное, пескоструйное, а также комбинированные на их базе.

5.1.1. Прессование

При прессовании смесь сжимается между модельной плитой и прессовой головкой: (прессовой плитой, диафрагмой, решеткой и т.п.). Прессование проходит в опоке или камере, выполняющей ее роль. На модельную плиту устанавливается опока высотой H с дополнительной рамкой высотой h , засыпается формовочная смесь, разравнивается по верхней плоскости дополнительной рамки, и далее проводится уплотнение. При уплотнении смесь, находящаяся в дополнительной рамке, переходит в опоку и уплотняется. Расчет высоты дополнительной рамки делается на основании того, что масса смеси до прессования равна массе смеси после прессования. Это условие можно выразить в виде следующего уравнения:

$$(H+h)\rho_0 = H\rho, \quad (5.1)$$

где ρ_0 и ρ – плотность смеси до и после прессования. Далее находят высоту дополнительной рамки

$$h = H \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right). \quad (5.2)$$

При прессовании плоской прессовой колодки опоки с моделями при расчете высоты дополнительной рамки учитывается объем V_m , занимаемый моделью (моделями):

$$[F(H+h) - V_m] \rho_0 = (FH - V) \rho, \quad (5.3)$$

где F – площадь опоки в плане.

Отсюда высота дополнительной рамки

$$h = \left(H - \frac{V_m}{F} \right) \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right). \quad (5.4)$$

Прессование привлекает пользователей целым рядом преимуществ: производительностью, бесшумностью, отсутствием вибраций и ударных нагрузок, малыми расходами энергии на уплотнение смеси, замкнутостью силового поля внутри рамы машины, что позволяет устанавливать ее практически без фундаментных блоков. Схемы действия прессовых машин приведены на рис. 5.1.

Прессование бывает трех видов: верхнее, нижнее и двустороннее. Наиболее распространенным является верхнее прессование.

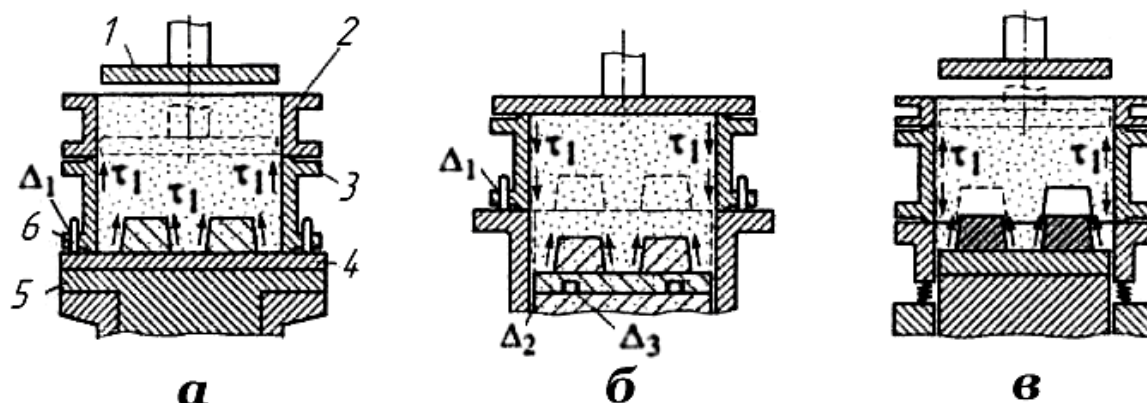


Рис. 5.1. Схемы прессования: а – верхнего; б – нижнего; в – двустороннего; 1 – прессовая плита; 2 – наполнительная рамка; 3 – опока; 4 – модельная плита с моделями; 5 – стол машины; 6 – штырь; $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ – зазоры между сопрягаемыми элементами; τ_1 – действующие напряжения от внешнего трения

Вместе с тем прессование при всех его положительных качествах обладает двумя существенными недостатками: ограниченной высотой формы, получаемой этим методом, и трудностью получения одинаковой плотности смеси в различных зонах формы с моделями. Первый недостаток является результатом снижения величины сжимающих напряжений в результате действия напряжений τ_1 (показаны стрелками) от внешнего трения по мере удаления от прессующей колодки (при верхнем прессовании) или модельной плиты (при нижнем прессовании), в результате чего сжимающие напряжения в смеси могут стать недостаточными для получения нужной ее плотности. Для преодоления этого недостатка обычно рекомендуют увеличивать давление прессования, что требует увеличения размеров прессового механизма, укрупнения силовых деталей машины и, что весьма нежелательно, утолщения стенок опок и модельной плиты. Достигнутый при этом результат получается удовлетворительным только при отсутствии моделей в уплотняемой форме. Второй недостаток проявляется при уплотнении формы с моделями.

При прессовании формы с моделями плоской колодкой возникает сильное переуплотнение объема смеси над моделью (особенно если велика горизонтальная поверхность модели) и недоуплотнение смеси в объемах вокруг моделей.

Применение технологии высоких давлений прессования (обычно 1,5...2,0 и даже 4...5 МПа) позволило увеличить высоту опок, привело к некоторому выравниванию плотности смеси в надмодельном и околомодельном пространствах, а также в болванах и выступающих частях формы. Однако применение технологии высоких давлений прессования приводит к упругой деформации даже весьма жестких моделей и опок, и зерен смеси с защемлением отдельных частей формы в моделях и между

ними. Последнее приводит к обрывам выступающих частей формы при ее съеме с модельной плиты, а также к искажению геометрии отпечатков моделей и снижению точности отливок. Для уменьшения указанных явлений рекомендуется работать с давлением менее 1,0... 1,5 МПа.

Другим путем для выравнивания плотности форм с моделям, является повышение текучести смеси. Под термином «текучесть смеси» при прессовании следует понимать способность смеси обеспечивать получение форм постоянной плотности (по сечению) за счет перемещения смеси из зон большего уплотнения в зоны меньшего уплотнения в каждый данный момент времени. Равномерность уплотнения определяется коэффициентами внешнего и внутреннего трения, уплотняемостью, начальной и предельной плотностью смеси. Первый параметр зависит от состава смеси и свойств материала оснастки, качества обработки ее поверхности. Остальные параметры зависят от состава смеси. Текучесть смеси определяется по технологической пробе Г. М. Орлова. У высокотекучих смесей текучесть достигает 90... 95 %, а у низкотекучих – 50 %. Эксперименты А. А. Волкомича показали, что текучесть смеси зависит, в основном, от коэффициента внешнего трения и практически не зависит от внутреннего трения и прочности смеси на сжатие. Коэффициент внешнего трения можно уменьшить тремя способами: изменяя состав формовочной или стержневой смеси, материал рабочей поверхности модели или применяя антифрикционные разделительные материалы для покрытия моделей перед засыпкой смеси.

Наиболее перспективными и эффективными являются способы применения антифрикционных смазок-разделителей и изменения материала моделей. При использовании добавки компонентов, повышающих текучесть смеси, следует учитывать, что эти компоненты при многократном использовании могут накапливаться и ухудшать свойства смесей. Наконец, третьим путем является применение в настоящее время старых и хорошо известных методов выравнивания плотности по зонам формы посредством фасонных и профильных прессовых колодок, предварительного профилирования формовочной смеси на контрладе полуформы, а также диафрагменных и многоплунжерных прессовых головок прессования решетчатым прессовым элементом.

Прессование профильной прессовой колодкой. При этом способе на прессовой колодке против карманов в оснастке и по периферии опоки делаются выступы, которые входят в контакт со смесью раньше, чем части колодки, расположенные над высокими частями моделей, и, таким образом, в конце прессования выравнивают относительные деформации столбов смеси в карманах и над выступающими частями сме-

си. Высота x выступа на колодке рассчитывается в зависимости от высоты H_M модели под ним (рис. 5.2, а).

$$x = H_M \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right), \quad (5.5)$$

где H_M – высота выступающего элемента модели; ρ_0 и ρ – плотность смеси до и после уплотнения.

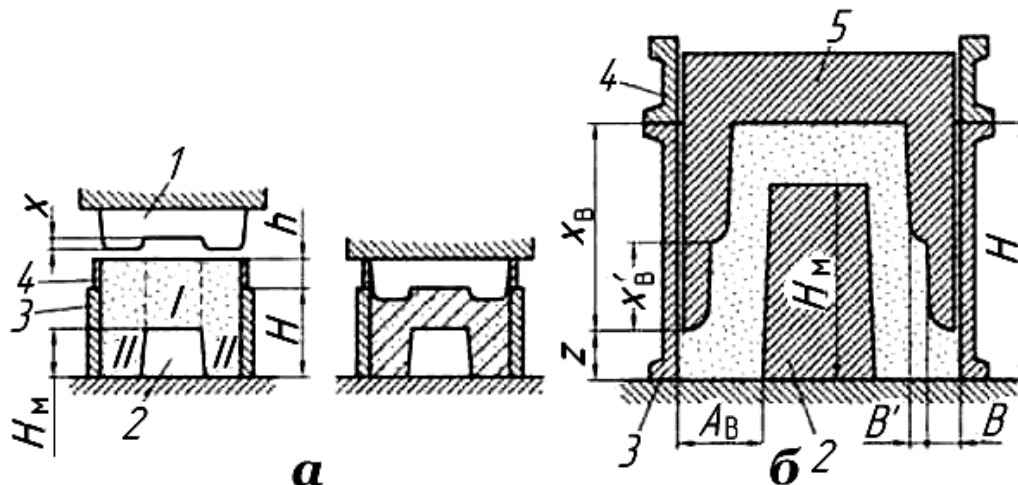


Рис. 5.2. Прессование профильной (а) и контурной (б) колодками: 1 – профильная плита; 2 – модель; 3 – опока высотой H ; 4 – наполнительная рамка высотой h ; 5 – контурная плита; I, II – объемы смеси разной высоты; H_M , x , x_B , x'_B , z , B , B' – профильные размеры A_B – расстояние между опокой и моделью

На практике в случае сложных моделей применяют колодки, имеющие несколько выступов разной высоты.

Разновидностью профильной прессовой колодки является прессовая контурная плита (рис. 5.2, б). При ее использовании выступы входят в соответствующие промежутки между моделями, между моделями и стенками опоки, смесь уплотняется непосредственно в этих промежутках. При движении выступа смесь отжимается к стенке модели, чему способствуют закругления на углах выступов и уклоны их боковых стенок. Ширина выступа $B = (0,25...0,33)A_B$, утолщение выступа $B' = (0,25...0,33)B$, общая высота выступа $x_B = (1,0...1,2)H_M$, размеры части выступа $x'_B = 60...75$ мм, $z = 35...50$ мм. при H_M менее 100 мм $B' = 0$. При использовании контурных плит возникают дополнительные операции: засыпка смеси в образовавшиеся углубления и последующая допрессовка формы. Подобную профильную плиту лучше всего применять, выравнивая плотности формы, в случаях узких карманов в оснастке.

Прессование с предварительным профилированием смеси по контрладу формы. Данный вид прессования проводится плоской плитой, а на контрладе над выступающими частями моделей удаляется часть смеси (рис. 5.3). Для профилирования можно применять шаблоны, перемещаемые по контуру опоки. Глубина профилирования предварительно рассчитывается по уравнению

$$y = H_M \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right), \quad (5.6)$$

где y – высота объема удаляемой смеси (глубина профилирования выемки); H_M – высота модели; ρ_0, ρ – плотность смеси соответственно до и после прессования.

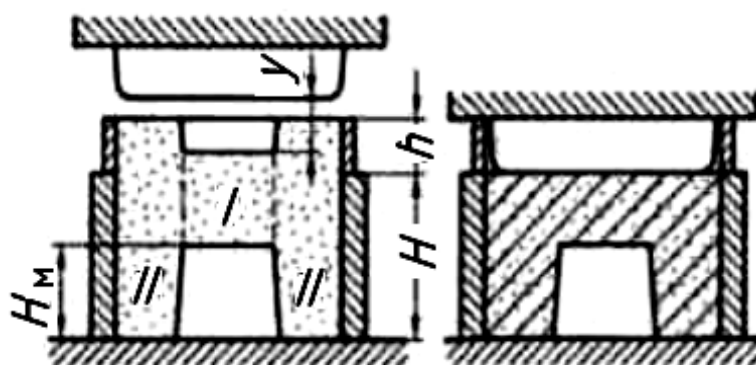


Рис. 5.3. Прессование с предварительным профилированием смеси в опоке: y – высота объема удаляемой смеси; H – высота опоки; h – высота рамки; H_M – высота выступающего элемента модели

Для сложных моделей высот, выступов на колодке (x) и глубину выемки (y) в смеси рассчитывают отдельно для каждого элемента модели. При этом следует помнить, что определение величин x или y проводится для чисто геометрических соотношений без учета неоднородности степени уплотнения по высоте в отдельных столбах смеси из-за влияния сил трения. Кроме того, следует отметить, что по ходу прессования может возникнуть необходимость изготовления дополнительных элементов оснастки (фасонной колодки, шаблона и копиров), которые надо менять при смене модельных плит.

Прессование гибкой диафрагмой. При этом методе гибкая диафрагма, смонтированная на головке машины, к которой снизу прижимается опока со смесью, при впуске в головку воздуха (рис. 5.4, а) деформирует формовочную смесь в опоке больше всего в тех местах, где она меньше уплотнена, т.е. где участок формы более податлив. При диафрагменном прессовании давление на смесь равно давлению воздуха в головке машины. Диафрагменное прессование дает практически одно-

родное уплотнение форм с моделями только при достаточно большом расстоянии между ними (минимальное расстояние между моделями 40... 50 мм). При диафрагменном прессовании давление на опоку в верхних частях формы оказывается максимальным, так как торцовое трение не мешает смеси у поверхности диафрагмы двигаться к стенкам опоки, а диафрагма, внедряясь в смесь, передает давление через смесь на опоку. Существенным недостатком этого метода является низкая стойкость диафрагмы в тех случаях, когда она выполняется из упругого материала, например, резины.

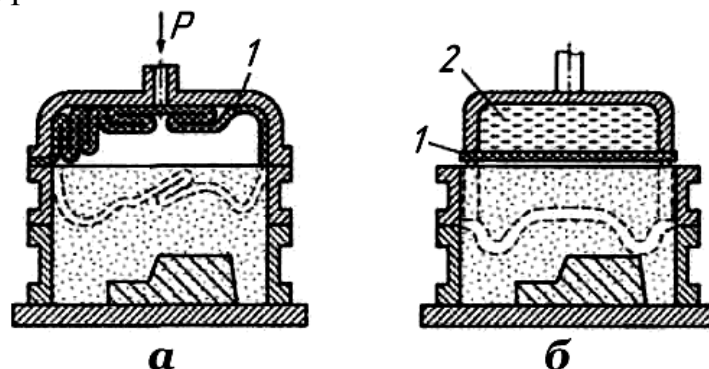


Рис. 5.4. Диафрагменные прессовые головки:

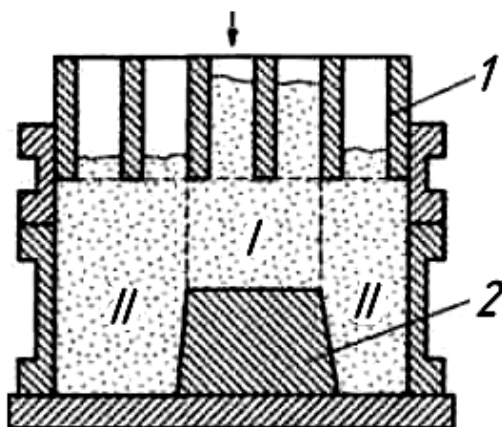
а – активная; б – пассивная; 1 – диафрагма; 2 – гидропласт; Р – усилие прессования

При применении свободно свисающей диафрагмы возникает проблема извлечения ее из зоны, охваченной стенками опоки, для предотвращения ее повреждения в процессе снятия полуформы с машины.

Наряду с активными используются пассивные диафрагменные головки. В этом случае эластичный элемент сплошной и его изготавливают из эластичного материала — технической или вакуумной резины, гидропласта (рис. 5.4, б) и т.п. В этих головках напряжения, возникающие в смеси в зоне контакта головки с диафрагмой, зависят от величины деформации эластичного элемента и его свойств. Эластичный элемент деформируется таким образом, что напряжения на контактной поверхности элемент–смесь практически выравниваются, что, однако, не гарантирует одинакового уплотнения в удаленных от прессовой головки частях формы. Контрлад формы при диафрагменном прессовании повторяет (приблизительно) конфигурацию модельной оснастки. Следует отметить, что применение активной головки возможно только при верхнем прессовании. Пассивная головка может применяться как при верхнем, так и при нижнем прессовании.

Прессование решеткой. Обычно решетка состоит из ряда параллельных пластин-ребер, соединенных рамкой (рис. 5.5.).

При прессовании формы решеткой в переуплотненных зонах над моделями возникают большие напряжения. В этих зонах смесь начинает выдавливаться через зазоры между пластинами. В результате плотность под решеткой выравнивается по всему горизонтальному сечению формы.



*Рис. 5.5. Прессование решеткой: 1 – решетка; 2 – модель;
I, II – объемы смеси разной высоты; стрелкой показано направление прессования*

При необходимости смесь можно выдавливать через решетку до тех пор, пока не будет получена форма заданной высоты. Решетка может состоять из взаимно-перпендикулярных ребер. Плоская плита с отверстиями и плита с закрепленными на ней с определенным шагом вертикальными стержнями, имеющими плоские торцы, также могут рассматриваться как решетка, решетку можно применять как при верхнем, так и при нижнем прессовании. Этим способом можно получить нижним прессованием полуформу, лад которой совпадает с ладом опоки.

Прессование многоплунжерной головкой. Данный вид прессования является наиболее распространенным. Принцип работы головки представлен на рис. 5.6.. Прессование контрлада осуществляется с помощью башмаков, установленных на штоках гидроцилиндров (число башмаков от 30 до 100 и более), объединенных в корпусе головки.

Головки бывают активные (рис. 5.6, а) и пассивные (рис. 5.6, б). В случае активной головки жидкость от генератора давления поступает в цилиндр через индивидуальный канал (показано горизонтальной стрелкой), и каждый из башмаков автономно уплотняет смесь под собой. Возможно управление воздействием на смесь посредством программирования очередности впуска жидкости в цилиндры головки, что, например, может уменьшить переуплотнение над моделью за счет сдвига (перетекания) излишней смеси из этого объема в неуплотненный соседний объем над карманом в оснастке.

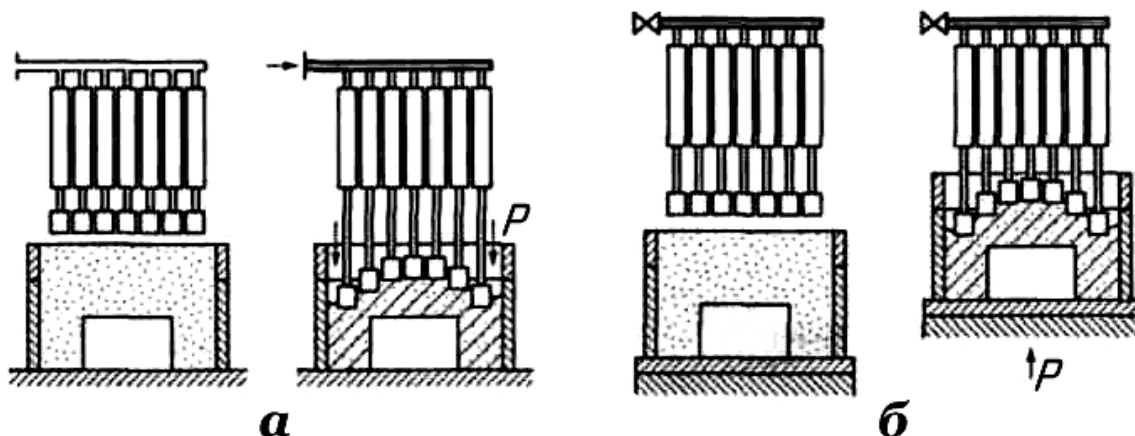


Рис. 5.6. Принцип работы активной (а) и пассивной (б) многоплунжерных головок:
 P – усилие уплотнения смеси

Также за счет регулирования давления в линиях подачи жидкости можно обеспечить разные давления в цилиндрах и усилия P , уплотняющие смесь вокруг моделей и над ними, т. е. создать необходимую разность сжимающих напряжений в разных по высоте столбах смеси и, как следствие, получить в них равные плотности в зоне модельной оснастки.

Однако активные головки практически не применяются вследствие сложности их конструкции и необходимости создания систем управления. Пассивные же головки применяются очень широко. При этом силовой прессующий механизм, обеспечивающий усилие P (рис. 5.6, б), остается традиционным – прессовый цилиндр, расположенный снизу или сверху относительно стола машины и обеспечивающий относительное перемещение прессовой многоплунжерной головки и уплотняемой формы. В этом случае цилиндры, связанные с уплотняющими смесь башмаками; или имеют общую крышку, или соединены между собой перепускными трубками. При работе головки башмаки воздействуют на плоский контрлад полуформы одновременно и начинают процесс его уплотнения. Очевидно, что башмаки, уплотняющие смесь над высокими частями моделей, начнут испытывать большие сопротивления движению раньше, чем расположенные над низкими частями и тем более над карманами вокруг моделей, вследствие чего будут отставать в своем движении от движения всей головки. Поршни цилиндров, соединенных с этими башмаками, будут выдавливать жидкость из них, передавая ее в остальные цилиндры головки, заставляя тем самым поршни этих цилиндров обгонять головку, уплотняя смесь в высоких ее столбах.

Можно, таким образом, предположить, что пассивная многоплунжерная головка является по действию самонастраивающейся фасонной прессовой колодкой, считая, что уплотнение смеси прекратится при выравнивании давления прессования на всех плунжерах и тем будет достигнута одинаковая плотность во всех частях формы.

5.1.2. Уплотнение встряхиванием

На модельную плиту, укрепленную на столе встряхивающей машины, ставят опоку и насыпают с верхом формовочную смесь. В цилиндр машины подается сжатый воздух. Стол встряхивающей машины вместе с полуформой поднимается на некоторую высоту и далее падает, ударяясь о преграду. При ударе стола о преграду возникает сила инерции смеси. Эта сила создает в смеси сжимающие напряжения, под действием которых она уплотняется. Высота подъема встряхивающего стола в современных машинах колеблется от 25... 30 до 70... 100 мм при числе ударов стола в минуту 150 – 300. Продолжительность действия уплотняющих сил в момент удара очень мала и выражается в тысячных долях секунды, т. е. за один удар смесь в опоке не успевает полностью уплотниться. Опоку встряхивают многократно, обычно требуется от 8 до 80 ударов. С каждым ударом уплотнение увеличивается, по мере увеличения числа ударов приращение плотности уменьшается. После некоторого числа ударов наступает стабилизация уплотнения, т. е. равновесие между нагрузкой (энергией ударов, сообщаемой смеси при каждом встряхивании с данной высоты подъема стола) и степенью уплотнения. По достижении этого равновесия дальнейшее встряхивание с данной высоты подъема стола уже не приводит к уплотнению. Таким образом, прибегать к дальнейшему увеличению числа ударов не следует. Если уплотнение смеси при данном режиме встряхивания оказывается недостаточным, то для производительности рациональнее (если позволяет конструкция машины) *увеличить высоту встряхивания, а не число ударов.*

Не следует задавать слишком большое число ударов при уплотнении встряхиванием еще и потому, что оно может привести к частичному разрыхлению и даже *появлению трещин* на форме. Местное разрыхление формы при слишком длительном встряхивании объясняется сегрегацией, в процессе которой наиболее крупные зерна концентрируются вверху, а наиболее мелкие – внизу.

Однако такое расслоение при встряхивании происходит лишь до определенных размеров, после чего силы сцепления зерен начинают препятствовать их свободному передвижению. В тех местах, где образуются

прослойки с одинаковой зернистостью, уплотнение уменьшается, так как одинаковые зерна не могут уложить так же плотно, как зерна разных размеров, в соседних слоях формы. Как показывает практика, большое число ударов приводит только к увеличению расхода сжатого воздуха.

Предпочтительнее работать с большими высотами подъема, потому что скорость падения стола в момент удара может быть большей и в момент удара увеличатся ускорения, и уплотняющая сила инерции смеси. При этом потребуется меньшее число ударов, т.е. меньшее время на уплотнение смеси в полуформе, т.е. производительность машины возрастает.

Распределение уплотнения по высоте опоки при встряхивании показано на рис. 5.7. Наибольшее уплотнение получается в нижнем слое у разъема, потому что при ударе на этот слой давит сила инерции всей лежащей над ним массы смеси.

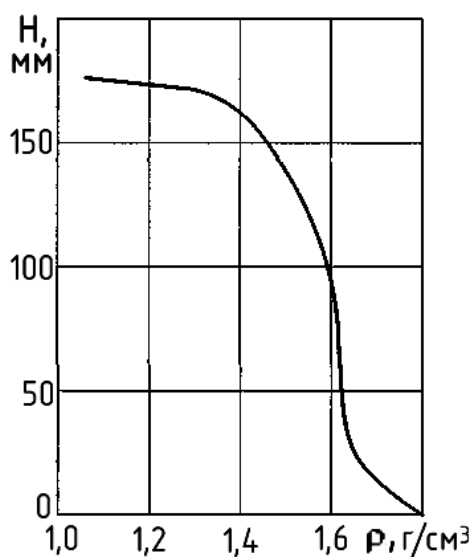


Рис. 5.7. Распределение степени уплотнения смеси по высоте H в центре опоки при встряхивании

По мере удаления от разъема масса вышележащей смеси уменьшается, уменьшается сила инерции вышележащих слоев, соответственно уменьшается и уплотнение. Наконец, самый верхний слой смеси оказывается неуплотненным, потому что при ударе на этот слой давит сила инерции, равная практически нулю.

В настоящее время для доуплотнения верхних слоев в случае малых и средних опок применяется *подпрессовка с помощью плоской плиты и прессового механизма*, а для крупных опок – *подтрамбовка* ручными или пневматическими трамбовками, а также иногда встряхивание с грузом в виде плиты, размещенной сверху на смеси (динамическая подпрессовка). Толщина чугунного груза 50...80 мм.

Подтрамбовка после встряхивания при помощи ручных и пневматических трамбовок является самым распространенным методом дополнительного уплотнения крупных опок, но не может считаться рациональной, так как требует значительной затраты времени.

Динамическая подпрессовка применяется редко, так как дополнительный груз может повлиять на энергию удара из-за снижения высоты подъема увеличенной массы стола встряхивающей машины.

При формовке встряхиванием небольших и средних опок (до 1000 x 800 мм) дополнительное уплотнение верхних слоев рациональнее всего достигается при помощи подпрессовки. Для этой цели встряхивающая машина снабжена подпрессовочным механизмом, который должен развивать давление на смесь порядка 0,15...0,20 Н/мм² (1,5...2,0 кг/см²). Подпрессовка производится после встряхивания. Включение вибратора во время подпрессовки способствует увеличению уплотнения с тем же давлением колодки подобно тому, как это наблюдается при чистом прессовании. Точно так же для получения заданной степени дополнительного уплотнения подпрессовка с вибрацией требует меньшего удельного давления колодки по сравнению с подпрессовкой без вибрации.

Необходимо обратить внимание на то, что на практике часто приходится задавать излишне большое число ударов встряхивания на одну опоку в случае, если механизм подпрессовки на машине недостаточно силен. В то же время для достижения наибольшей производительности, напротив, необходимо задавать небольшое число ударов встряхивания от 3 до 10 и иметь сильную подпрессовку. Поэтому формовочные встряхивающие машины с подпрессовкой надо конструировать с усиленными механизмами подпрессовки, рассчитанными на удельное давление на прессовой колодке не ниже 1 Н/мм².

При встряхивании *около углов* с резкими горизонтальными кромками получается *местная рыхлота*, или слабина набивки, ведущая к подутию отливок в этих местах. Рыхлое место получается на расстоянии 5...25 мм ниже угла модели. У высоких моделей (высотой больше 150 мм) рыхлота проявляется очень резко, у низких (менее 50 мм) это явление заметно слабее. При закруглении угла модели рыхлота уменьшается, и чем больше радиус закругления, тем меньше рыхлота. При радиусе больше 50 мм рыхлота проявляется слабо.

На рыхлоту влияет высота подъема стола, число ударов и высота опоки. Чем меньше высота подъема, число ударов и чем меньше высота опоки по отношению к высоте модели, тем резче выражена рыхлота.

Качество формовочной смеси также оказывает заметное влияние на появление рыхлоты. Чем больше связность и пластичность смеси, тем резче падает уплотнение за кромкой углов модели. Наконец, следует отметить благоприятное действие вибрации во время встряхивания на

уменьшение рыхлоты. Если во время встряхивания включить вибратор (мощностью примерно вдвое превышающей нормальную для данной модельной плиты), то падение уплотнения около угла модели становится меньшим.

Наиболее действенным средством устранения рыхлоты является *подпрессовка* (давлением порядка 1 Н/мм^2) *профильной колодкой*, имеющей выступ против угла модели в зоне, где получается рыхлота. Подпрессовка плоской колодкой не дает достаточно устранения рыхлоты даже при давлениях порядка $0,25 \text{ Н/мм}^2$

Как технологический прием встряхивание не связано с особыми требованиями ни к формовочной смеси, ни к оснастке. Однако большим его недостатком является шум при работе, превышающий 85 дБ.

5.1.3. Уплотнение с помощью пескомета

Основной рабочей частью пескомета является *метательная головка* (рис. 5.8).

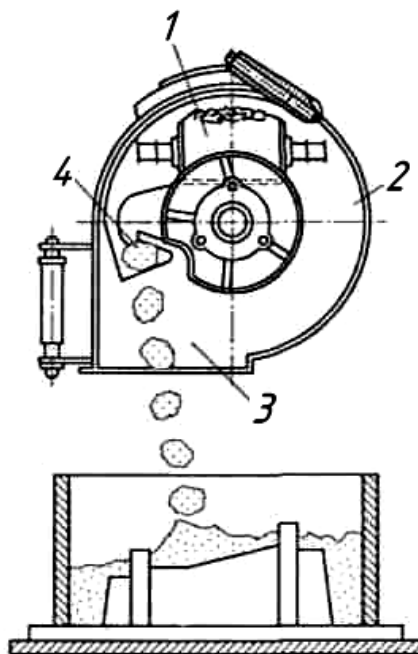


Рис. 5.8. Схема действия метательной головки пескомета: 1 – ленточный конвейер для подачи смеси; 2 – кожух головки; 3 – пакет смеси в выходном отверстии; 4 – сменная лопатка (ковш)

В кожухе на вращающемся с частотой $1400... 1500 \text{ мин}^{-1}$ горизонтальном валу имеется ротор, на котором укреплена сменная лопатка (или ковш). Через отверстие в задней стенке в кожух головки ленточным конвейером подается смесь, которая подхватывается лопаткой и

вовлекается во вращательное движение. Возникающие в этот момент центробежные силы сдвигают смесь по лопатке, прижимая к направляющей дуге кожуха головки пескомёта. При этом смесь уплотняется, образуется так называемый «пакет смеси», который через выходное отверстие покидает головку пескомёта, соскальзывая с лопатки и падая вертикально вниз в находящуюся под головкой опоку, расположенную на модельной плите. Такое направление полета достигается подбором величин окружной и относительной скоростей пакета в момент схода его с лопатки. Если движение пакета не будет вертикальным, то уплотнения формы около вертикальных стенок достичь не удастся.

В настоящее время применяют пескомёты, имеющие одну, две или три лопатки на роторе. За каждый оборот лопатки выбрасывается один—три пакета, так что наблюдателю кажется, что смесь выходит из головки непрерывной струей. Вследствие большой скорости падения пакеты смеси с силой ударяют о поверхность смеси в опоке и уплотняют ее, действуя как своего рода трамбовки; одновременно опока наполняется смесью. Поскольку пакеты равны по массе и имеют одинаковую скорость схода с лопатки пескомёта, можно считать одинаковым уплотняющее действие всех пакетов при ударе. Для обеспечения однородной плотности в горизонтальном слое необходимо головку пескомёта перемещать с определенной скоростью, чтобы пакеты смеси ложились рядом один с другим. При набивке формы сначала необходимо уплотнять смесь в карманах и вокруг моделей, не попадая при этом пакетами в модели, так как это приведет к разрушению пакетов и создаст условия для образования рыхлой подложки вокруг них. Падение последующих пакетов на рыхлую подложку ухудшит уплотнение и нарушит однородность набивки.

Чтобы иметь возможность направлять поток смеси в разные точки площади опоки, головку монтируют на конструкции, позволяющей перемещать ее относительно опоки в горизонтальной и вертикальной плоскостях. При перемещении головки в вертикальной плоскости система рычагов большого рукава пескомёта, включающая в себя параллелограмм, обеспечивает перемещение головки пескомёта параллельно самой себе.

При набивке пескомётом смесь однородно уплотняется по высоте опоки у модели, в средних слоях и у стенок опоки. Однородность уплотнения делает пескомёт особенно целесообразным для набивки нижних опок с высокими моделями. Уплотнение достаточно надежно не только у разъема, но и на уровне верхней кромки модели, где нижняя полуформа больше всего подвергается давлению металла при заливке.

Местной рыхлоты за острыми кромками углов модели при набивке пескометом не наблюдается.

Степень уплотнения регулируют либо переключением вращения лопатки головки на другую скорость (пескометы могут иметь, например, две скорости), либо путем быстрого и медленного вождения головки над опокой. При более быстром вождении головки уплотнение получается несколько больше, а при медленном – меньше. Если головку держать над опокой в одном положении, то уплотнение получается еще меньшим. В этом случае струя смеси бьет все время в одно место и в опоке образуется коническая кучка смеси, причем новые порции сыплются с нее в стороны. При всяком же перетекании и сдвиге сыпучие материалы с зернистым строением разрыхляются, поэтому и смесь в данном случае меньше уплотняется, чем при передвижении головки над опокой.

Пескометы, как правило, благодаря большой производительности (10...30 м³/ч) применяются для набивки лишь средних и крупных опок. Небольшие опоки невыгодно набивать пескометом из-за слишком большой потери смеси, падающей мимо опоки.

Пескометы бывают стационарные и передвижные. В первом случае оснастку, опоки и смесь доставляют к пескомету, а полуформы и стержневые ящики после набивки удаляют от пескомета. Во втором случае пескомет устанавливается или на тележку, перемещающуюся по железнодорожному пути по середине пролета, или на специальное шасси по типу велосипедного крана, перемещающегося вдоль стены пролета.

5.1.4. Уплотнение пескодувным и пескострельным методами

Пескодувный и пескострельный процессы уплотнения в настоящее время широко применяются для изготовления литейных форм и стержней. Они являются весьма прогрессивными производительными процессами, так как уплотнение смеси в стержневом ящике или в опоке занимает доли секунды, а пескодувные (пескострельные) машины по своему устройству значительно проще всех прочих видов формовочных и стержневых машин. Процессы интересны еще и тем, что одновременно с уплотнением происходит заполнение смесью технологической емкости (ящика, опоки) смесью. Изготовление литейных форм пескодувным (пескострельным) процессом взамен распространенного в настоящее время изготовления на встряхивающих машинах столь же перспективно, как и изготовление стержней пескодувным методом.

Пескодувный процесс заключается во вдувании сжатым воздухом формовочной или стержневой смеси в опоку или стержневой ящик

(рис. 5.9, а). Пескодувная машина имеет резервуар, периодически пополняемый смесью, в который в момент надува впускается через быстродействующий клапан из ресивера сжатый воздух с обычным давлением 0,6 МПа. Стержневой ящик или опока, стоящая на модельной плите, прижимается снизу к надувной плите пескодувного резервуара, и смесь вдувается в технологическую емкость. Вдувание смеси в опоку или ящик происходит через вдувные отверстия, которые делаются в надувной плите, служащей дном пескодувного резервуара. Отверстия в надувной плите располагают в зависимости от конфигурации стержня или модельной оснастки. Пескострельный резервуар (рис. 5.9, б) отличается от пескодувного (рис. 5.9, а) тем, что имеет одно надувное отверстие (щель), которое соединяется с гильзой, установленное в пескострельной головке. Смесь в гильзу поступает через люк, перекрываемый шибером. Гильза имеет прорези в боковых стенках, через которые смесь не просыпается. Диаметр выходного отверстия гильзы 40 мм.

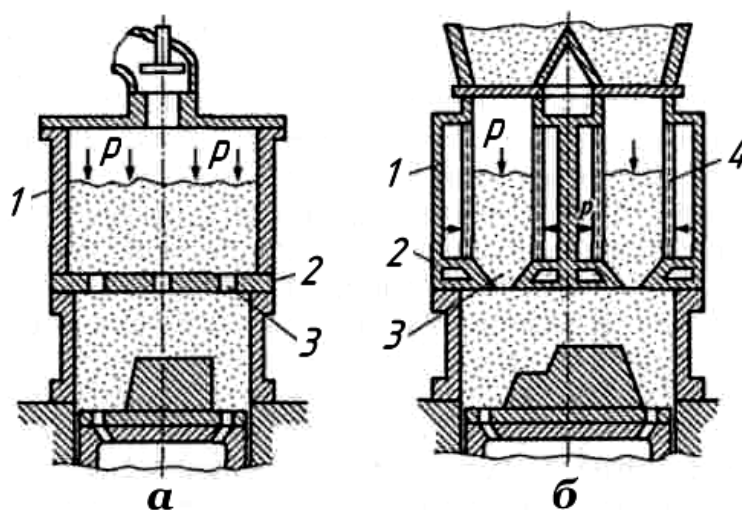


Рис. 5.9. Пескодувное уплотнение формы с помощью головок:
а – пескодувной; б – пескострельной; 1 – пескодувная головка;
2 – надувная плита; 3 – надувное отверстие; 4 – гильза

Сжатый воздух, поступающий из ресивера через клапан в пространство вокруг гильзы, через прорези в ней устремляется в смесь. Такая конструкция обеспечивает большой перепад давления воздуха, и большие скорости движения смеси при заполнении и уплотнении технологической емкости. По механизму уплотнения пескодувный и пескострельный процессы одинаковы. Поэтому в дальнейшем при описании будет употребляться термин «пескодувный процесс».

Выпуск воздуха из ящика или опоки наружу происходит через вентиляционные отверстия, или *венты*, которые выполняются обычно в

виде либо пробок из цинкового сплава или пластмассы, имеющих множество прорезанных в них параллельных щелей, через которые не проходят песчинки, либо цилиндров с напаянной вместо дна сеткой. Венты запрессовывают в отверстия, просверленные в стенках стержневого ящика или модельной плиты.

Система вентиляции, в которой расположены венты в нижней части стержневого ящика, в его конце, противоположном по отношению к месту подачи смеси, называется нижней вентиляцией. Для нее требуется устройство вент в стенках стержневого ящика. При формовке опок для нижней вентиляции требуется устройство вент на модельной плите. При изготовлении форм пескодувным методом, опока должна иметь глухие стенки.

Используется также другая система вентиляции, предусматривающая вторую вентиляционную плиту, смонтированную под дутьевой плитой и снабженную множеством вент. Вдувные же отверстия, выполненные во втулках, проходят через обе плиты. Данная система образует так называемую «верхнюю вентиляцию».

Стержневой ящик при такой системе вентиляции делается совсем без вент. При этом с успехом могут применяться и деревянные стержневые ящики. Вся вентиляция осуществляется через венты вентиляционной плиты. При формовке опок в случае верхней вентиляции делать венты на модельной плите также не нужно. Опока и в этом случае должна иметь глухие стенки. Исключением являются только глубокие карманы в стержневом ящике или модельной оснастке, где воздух может быть захлопнут при изготовлении стержня или формы.

Кратковременный процесс уплотнения смеси пескодувным методом можно условно представить состоящим из двух стадий. При пуске в пескодувный резервуар сжатого воздуха последний устремляется через вдувные отверстия в полость стержневого ящика или в опоку и увлекает стержневую или формовочную смесь. В стержневых ящиках и опоках высотой до 300 мм средняя скорость струи смеси получается порядка 15 м/с. При ударе струи в стенку ящика или в слой смеси происходит ее уплотнение за счет кинетической энергии струи смеси.

Для этой первой стадии процесса важна величина давления воздуха в пескодувном резервуаре. Чем выше давление в резервуаре, тем больше скорость струи, тем больше ее кинетическая энергия и получаемая степень уплотнения смеси. Вентиляция, особенно верхняя, обеспечивающая удаление воздуха из потока, способствует более плотной укладке зерен смеси при ударе, т.е. увеличению уплотнения. Существенным является расстояние между вдувными отверстиями, которое

не должно превышать размера основания тех конусов смеси, которые струи образуют под каждым вдувным отверстием.

Одновременно с заполнением ящика или опоки и образованием слоя смеси все увеличивающейся толщины h развивается вторая стадия пескодувного процесса – фильтрация сжатого воздуха через поры уложенной в ящике или в опоке смеси в направлении от свободной поверхности смеси к вентам. После заполнения ящика или опоки смесью только эта (вторая) стадия процесса получает развитие вплоть до прекращения дутья.

При фильтрации воздушного потока сквозь пористую среду происходит ее уплотнение как результат того, что воздух оказывает давление на зерна смеси в направлении фильтрации. Степень уплотнения смеси в ящике или опоке за счет фильтрации зависит от разности давлений воздуха в начале и конце данного слоя смеси или участка формы. Из уравнения фильтрации следует, что эта разность давлений прямо пропорциональна высоте слоя смеси. Таким образом, чем больше высота стержня в положении набивки, тем больше будет уплотнение, получаемое при пескодувной его набивке за счет фактора фильтрации.

Для получения направленного потока фильтрации по стержню или его отростку необходимо венты располагать в основном в нижней части ящика или на конце отростка стержня. Чем длиннее и уже отросток стержня, тем больше его гидравлическое сопротивление и тем слабее будет проходить здесь воздушный поток фильтрации. Поэтому при недостаточной плотности набивки данного отростка стержня надо усилить его вентиляцию, т.е. добавить число вент на конце этого отростка.

Установка вент в верхней части ящика окажется с этой точки зрения только вредной, так как будет выводить часть воздушного потока в атмосферу, т. е. данная часть потока для уплотнения фильтрацией будет потеряна.

Чем больше суммарная площадь живого сечения вент, устанавливаемых в нижней части ящика или на концах отростков стержня, тем меньше давление на выходе и тем больше уплотнение смеси от фильтрации. Однако при увеличении суммарного сечения вент свыше 0,30... 0,35 площади сечения стержня уплотнение уже не увеличивается, так как при этом лимитировать прохождение воздушного потока будет уже не сопротивление и сечение вент, а сопротивление и живое сечение пор смеси, т.е. ее естественная газопроницаемость. Количество и размеры вент определяются расчетом.

В реальных условиях набивки форм и стержней на пескодувных машинах действуют оба фактора уплотняющего воздействия на смесь – и кинетическая энергия струи смеси, и фильтрация воздушного потока.

Плотность литейных форм, полученных с помощью пескодувного процесса, достигает 1,40... 1,45 г/см³ при обычном для цеховых условий давлении сжатого воздуха в сети 0,5...0,6 МПа.

В случае недостаточного уплотнения формовочных смесей рекомендуется проводить после надувки дополнительную подпрессовку с использованием механизма подпрессовки, например, мембранного типа. Он получается простым и легко встраивается в приемной стол пескодувной машины. В настоящее время для получения безопочных форм широко используется пескодувный метод подачи смеси в формовочную камеру потоком, параллельным модельным плитам, которые заменяют собой торцовые стенки этой камеры. После заполнения камеры смесью производится двустороннее прессование смеси модельными плитами.

5.1.5. Импульсное уплотнение

При импульсном процессе, изобретенном в нашей стране более трех десятилетий назад, опоку с наполнительной рамкой устанавливают на модельную плиту. В опоку и рамку засыпают смесь и прижимают к герметичной камере. Затем в течение (0,01... 0,10 с) повышают давление газа в камере над смесью, в результате чего газ с большой скоростью фильтруется через смесь, в смеси возникают сжимающие напряжения и форма уплотняется.

В настоящее время известны два способа быстрого повышения давления газа над смесью: воспламенение в замкнутом объеме над смесью горючего газа и подача сжатого воздуха из ресивера установки. В 1965–1968 гг. разработан первый способ, названный взрывным прессованием, при котором в герметичную камеру, прижатую к наполнительной рамке, подается горючий газ (например, метан), а иногда его смесь с кислородом. Газовоздушная или газовоздушно-кислородная смесь поджигается электрической искрой. При быстром сгорании газа давление над смесью поднимается до 2 МПа. В экспериментах использовали сжиженный пропан-бутан, природный метан или ацетилен.

Второй способ – пневмоимпульсное уплотнение – был разработан также в нашей стране в 1965–1970 гг. В этом случае опока с наполнительной рамкой прижимается к импульсной головке, состоящей из ресивера и герметичной камеры. В ресивере импульсной головки находится воздух под давлением 15... 20 МПа (позже авторы метода стали

рекомендовать давление 6... 8 МПа). Ресивер отделен от герметичной камеры головки, к которой прижата опока, быстродействующим клапаном. При открытии клапана сжатый воздух поступает в пространство над смесью, давление в котором повышается до 1,2... 1,5 МПа. Время роста давления составляет (0,007... 0,015 с), процесс уплотнения длится (0,030...0,035 с).

В первых импульсных формовочных машинах, внедренных на производстве, давление над смесью достигало 1,2... 3,0 МПа. При этом давление в ресивере машины составляло 9... 12 МПа, такое давление требует установки в цехе компрессорной установки высокого давления непосредственно около импульсных машин. Использование сжатого воздуха от цеховой сети для уплотнения формовочных смесей стало возможным с появлением быстродействующих клапанов, позволяющих обеспечивать рост давления в камере над смесью со скоростью 136... 156 МПа/с. До их появления такой рост давления можно было получать только при использовании высокого давления в ресивере машины.

Низкое давление (0,4...0,6 МПа) может быть получено не только при пневмоимпульсном методе, но и при взрывном прессовании с использованием порохового заряда.

В настоящее время импульсный процесс, протекающий при градиентах давлений 126... 136 МПа/с, обычно называют «мягким», а процесс, протекающий при градиентах 140... 156 МПа/с, – жестким». Эти процессы различаются по результатам уплотнения.

Мягкий процесс уплотняет форму примерно на $\frac{2}{3}$ ее высоты окончательно, а на $\frac{1}{3}$ высоты снижение плотности такое же, как при встряхивании. Поэтому для форм, полученных «мягким» импульсом, обязательным является доуплотнение верхних слоев смеси.

При проектировании оснастки для получения форм мягким импульсом следует устанавливать в модельной плите венты. Площадь вент должна составлять 0,06...0,12 площади опоки в свету.

При жестком импульсе форма уплотняется по всей высоте за исключением слоя 15...30 мм на контрладе формы, который следует срезать. Установка вент в оснастке не требуется. Недостатком жесткого импульсного процесса являются рыхлоты, которые могут возникать над высокими ребрами и глубокими болванами в оснастке, что делает форму непригодной к использованию. Импульсными методами можно уплотнять формы высотой от 200 мм. Верхний предел высоты по разным источникам составляет 500...800 мм.

Известна еще одна модификация импульсного уплотнения – нижнее импульсное уплотнение. При этом процессе опока устанавливается

на наполнительную рамку, которая по объему должна быть больше, чем обычная, так как она должна принять больше смеси. Смесь засыпают в опоку и рамку так, чтобы она не касалась модельной оснастки, которая сверху (после засыпки смеси) прижимается к опоке. При этом плита повернута моделями вниз. В днище рамки-дозатора вмонтирована сетка, на которой лежит доза рыхлой смеси. При быстром подъеме давления воздуха под сеткой смесь потоком воздуха перемещается к модельной плите, прижимается к ней, после чего начинается импульсный процесс уплотнения. При «полете» смесь движется не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлениях, обтекая модель. Контрлад формы после уплотнения обычно не имеет выступов над моделью.

Расстояние от верхнего уровня смеси в дозаторе до модельной плиты близко к высоте опоки, поэтому давление воздуха со стороны контрлада примерно такое же, как и при обычном импульсном процессе с низким давлением газа. Однако максимальное значение скорости смеси при нижнем импульсном процессе больше, чем при обычном импульсном процессе. Больше и инерционные силы, так как смесь разгоняется не только при уплотнении, но и при «полете» к модели. Поэтому рыхлая зона на контрладе практически отсутствует; твердость смеси здесь равна 20... 30 ед. по твердомеру 04412А.

Важная особенность нижнего импульсного уплотнения – расположение модельной оснастки в момент уплотнения полуформы моделями вниз. При таком методе не нужно кантовать нижнюю полуформу перед сборкой, что упрощает и удешевляет линию формовки, так как в ней не требуется устанавливать кантователь нижних полуформ.

В литературе появились сведения об импульсных методах, при которых резкий перепад давления воздуха над полуформой и под ней создается за счет высокоскоростного вакуумирования полости под модельной плитой. Такой процесс не может окончательно уплотнить форму из-за малого перепада давлений, но предварительное распределение смеси в оснастке он вполне должен обеспечить.

5.1.6. Прессово-ударное уплотнение

Этот процесс уплотнения получил в настоящее время широкое распространение. В этом случае процесс уплотнения происходит при одновременном действии двух уплотняющих механизмов: прессового и ударного. Во время нагружения формы усилием прессования в работу включается ударник, наносящий удары по столу машины. За время прессования формы он успевает нанести 12–16 ударов. Прессово-ударное уплот-

нение состоит из двух процессов: собственно прессово-ударного прессования, при котором в сжатой (напряженной) смеси в результате удара резко возрастают напряжения, и статического прессования, протекающего между ударами. При ударе резко уменьшается коэффициент бокового давления и, возможно, коэффициент внешнего трения. Эти явления свойственны всем методам динамического уплотнения, однако здесь они развиваются при больших напряжениях, чем в других процессах.

Процесс позволяет увеличить плотность и равномерность уплотнения нижней части формы. Возможно, что получаемый эффект является результатом уменьшения бокового давления из-за колебаний оснастки вследствие удара. Плотность смеси при прессово-ударном процессе при одних и тех же сжимающих напряжениях выше, чем при прессовании.

5.1.7. Уплотнение форм из самотвердеющих смесей

В современном литейном производстве все большую роль играет процесс получения литейных форм из самотвердеющих смесей, которые не нуждаются в уплотнении в общепринятом смысле слова. Однако при засыпке смеси в оснастку они (эти смеси) могут не заполнить полости оснастки равномерно и достаточно плотно, чтобы последующее химическое отверждение обеспечило необходимое качество формы во всех ее частях. Для решения этой задачи первоначально применяли пескометы, а в настоящее время применяют вибростолы, на которые устанавливается оснастка. Размеры и частоты вибрации подбирают, исходя из размеров изготавливаемых форм.

5.2. ТЕПЛОВЫЕ СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ

Формы и стержни сушат для повышения прочности, газопроницаемости и снижения газотворности. Сырую форму можно использовать при давлении жидкого металла менее 0,1 МПа (1 кгс/см²); В противном случае ухудшается качество отливок – снижается их точность, качество поверхности, появляются газовые дефекты и т. п. Поэтому при изготовлении крупных массивных отливок сырую форму подсушивают или сушат.

В подсушенных формах изготавливают не только крупные отливки, но и ответственные толстостенные отливки до 100 кг, которые имеют толщину стенок порядка 30 мм и подвергаются механической обработке по всему контуру в таких отливках, изготовленных в сырых формах, наблюдается повышенный брак по газовым раковинам. На КамАЗе при изготовлении литейной формы для блока цилиндров в автоматизиро-

ванную формовочную линию вмонтирована установка поверхностной подсушки форм.

Под сушкой подразумевают процесс, в котором наряду с удалением влаги происходят и физико-химические процессы, приводящие к повышению прочности и газопроницаемости высушиваемых форм или стержней.

Процесс сушки сырых песчано-глинистых форм начинается с испарения влаги с поверхностных слоев формы (стержня), затем влага из глубинных слоев перемещается к поверхностным за счет диффузии и этот процесс поддерживают до полного испарения влаги во всем объеме.

По мере удаления влаги из глины происходит упрочнение смеси, однако форму не доводят до полного обжига глины и получения камнеподобного состояния. При сушке из глины не должна быть удалена конституционная влага, и потери должны быть сведены к минимуму. Потеря конституционной влаги происходит в интервале температур 350...700 °С. Для обеспечения минимально возможного времени сушки температуру сушки выбирают максимальной, но только ненамного превышающей температуру начала потери конституционной воды (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Температура и время сушки песчано-глинистых форм

Средние размеры опок в свету, мм	Чугун и сплавы цветных металлов				Стальные отливки			
	Первичная сушка		Подсушка после ремонта		Первичная сушка		Подсушка после ремонта	
	t, °C	τ, ч	t, °C	τ, ч	t, °C	τ, ч	t, °C	τ, ч
500x600... 1200x800	350...400	4...5	180	0,50	400...450	12	200	0,5
1200x900.	350...400	6 ...7	200	1,00	400...450	16	200	1,5
8500x2000... 5500x4000	400...450	8...9	200	2,00	450...475	20	200	1,5
5000x4000	400...450	10...11	200	4,00	450...475	24	200	2,0... 3,0
Свыше 5000x4000	450	12...15	200	6,00	475	36	200	4,0... 6,0

Чрезвычайно важным моментом является точное определение времени сушки, так как на основании именно этого показателя можно установить емкость (размеры сушила). Из-за отсутствия даже простейших методов расчета процессов сушки пользуются практическими дан-

ными времени сушки (табл. 5.1). Органические связующие, например, масла, наряду с испарением влаги испытывают окисление и полимеризацию. Для смол и пеков характерно то, что сначала они плавятся, а затем отверждаются. Температура сушки для связующих СП, СБ, КО составляет 250... 300 °С, для различных масел – 180... 230 °С. Сушка стержней проводится по всем объему.

Выбор оборудования осуществляется с учетом режима сушки. При сушке форм и стержней используют три способа: конвективная сушка горячими газами, инфракрасным излучением и токами высокой частоты. Способ конвективной сушки горячими газами осуществляется в камерных сушилках и обеспечивает скорость сушки 15...20 мм/ч. При сушке инфракрасным излучением используется теплота, излучаемая нагретой пластиной из металла. Скорость сушки этим способом 30...40 мм/ч. Сушка токами высокой частоты осуществляется за счет теплоты, выделяемой переменным током при прохождении литейной формы между пластинами колебательного контура генератора высокой частоты. Скорость сушки составляет 5... 10 мм/мин.

5.2.1. Сушка форм и стержней горячими газами

Крупные литейные формы общей массой форм до 200 т высушиваются в камерных ямных сушилках, которые сооружаются ниже уровня пола цеха; сверху камера перекрывается съемными сводами. Формы загружают непосредственно в сушильную печь. С этой целью свод снимается краном, затем после полной загрузки рабочей камеры свод устанавливается на прежнее место.

Для форм (стержней), которые не нуждаются в сквозной сушке и изготавливаются с использованием быстросохнущих связующих СБ, СП, достаточно подсушить лишь слой их рабочей поверхности толщиной 20... 50 мм. При температуре сушки 280... 300 °С течение 20...30 мин получается глубина подсушенного слоя 8... 10 мм, а при длительности сушки 60...90 мин глубина подсушенного слоя составляет 20...30 мм.

Для песчано-глинистых смесей при температуре 280...300 °С и длительности сушки 40... 60 мин глубина подсушенного слоя составляет 15... 20 мм.

Для поверхностной сушки используются переносные газовые сушилки (рис. 5.10).

На форму 8 устанавливается короб распределительной камеры 6. В верхней части короба вмонтированы газовый смеситель 5 и топка 1. Воздух нагнетается в топку вентилятором 9 по трубопроводу через сопло 2. Горючие газы поступают в горелку 3 по гибкому шлангу 4. Вторичный воздух из атмосферы проходит через боковые отверстия в

направлении, показанном на схеме стрелками. Контроль температуры осуществляется термометром 7.

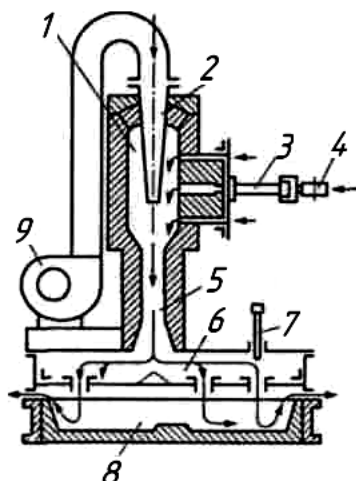


Рис. 5.10. Переносное газовое сушило: 1 – топка; 2 – сопло; 3 – горелка; 4 – гибкий шланг; 5 – газовый смеситель; 6 – распределительная камера; 7 – термометр; 8 – форма; 9 – вентилятор

Современные камерные тупиковые и проходные сушильные печи, работающие на природном газе, применяются для сушки и подсушки форм и крупных стержней (рис. 5.11).

Сушильная печь, или сушило, состоит из топки 6 с приточными каналами 7 и вытяжного канала 10 с горелками 5, из которых поступает топливо в топку 6. Дополнительный воздух поступает по каналу 4.

После закатывания тележки 2 с формой или стержнями по рельсам 8 в камеру проем закрывается опускающейся футерованной и теплоизолированной дверью 3.

Продукты сгорания смешиваются с воздухом и в виде газовойдушной смеси, нагретой до температуры, необходимой для сушки форм и стержней, подаются в приточные каналы 7. Из приточных каналов нагретая газовоздушная смесь через щели поступает в рабочую камеру, омывая форму и стержни. Теплоизоляция сушила выполняется панелями из алюминиевой фольги и асбоцементных плит, обеспечивающих нагрев наружных стенок ниже 40 °С.

В проходных сушилах вместо дверей устраивают воздушные завесы, позволяющие поддерживать в камере необходимый тепловой режим.

Для мелких стержней при небольших объемах производства применяют сушильные шкафы с секторными или прямо выдвигающимися полками. В таких сушилах-шкафах можно сушить стержни, требующие различного времени сушки, т.е. разгружая сухие стержни с одних полок и продолжая сушку стержней на других.

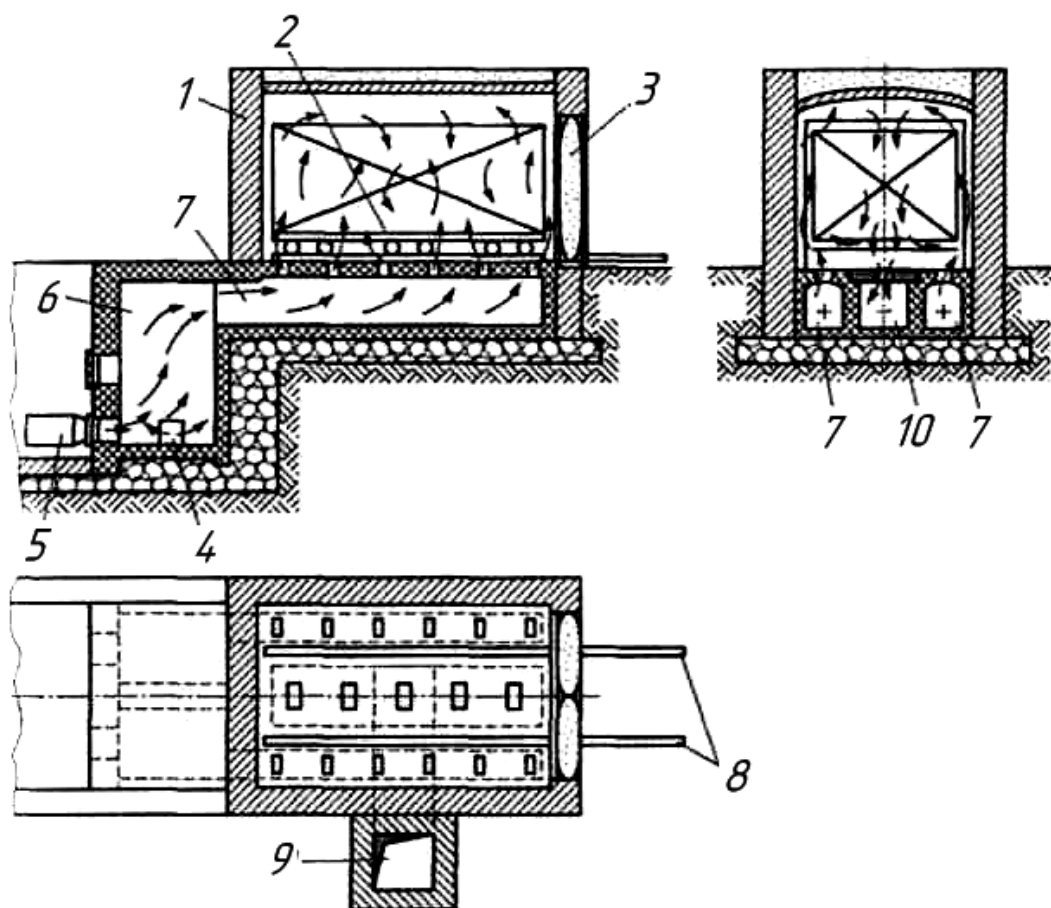


Рис. 5.11. Камерная сушильная печь с выкатной тележкой: 1 – камера; 2 – тележка; 3 – теплоизолированная дверь; 4, 7 – каналы; 5 – горелка; 6 – топка; 8 – рельсы; 9 – труба; 10 – вытяжной канал; стрелками показан поток газозвдушной смеси

5.2.2. Сушка инфракрасным излучением

Поверхностная сушка форм возможна также инфракрасными лучами. С этой целью применяют зеркальные лампы с внутренней посеребренной поверхностью мощностью 250 и 500 Вт. Средняя температура поверхности формы (стержня) при этом способе сушки составляет 120... 170 °С и регулируется путем изменения числа ламп или расстояния между лампами и поверхностью формы.

В качестве инфракрасного излучения используются также другие тела, в частности керамические панели, нагреваемые газом до температуры 800... 900 °С. Панельная установка, работающая по этой технологии, представлена на рис. 5.12.

Данная установка предназначена для поверхностной сушки форм и стержней и состоит из металлического каркаса 7, покрытого теплоизо-

лирующим слоем 1, и бортовых отсосов 9. Внутри каркаса смонтирована подвижная рама 8 со встроенными панельными горелками 3, которые образуют свод печи. В печи размещаются одновременно две полуформы. Для перемещения свода служит система блоков, приводимая в действие приводом 6. Ограничениями служат конечные выключатели 2 и 4. В процессе подсушки полуформы 5 движутся непрерывно от формовочной машины по рольгангу, приводимому в движение приводом 12 с тяговой цепью 10, вначале на первую, а затем на вторую позицию печи и выходят из нее с противоположной стороны. Здесь опоку необходимо своевременно снять с рольганга мостовым краном, в противном случае привод остановится от сигнала конечного выключателя 11. Отработанные газы удаляются наружу через дымоход.

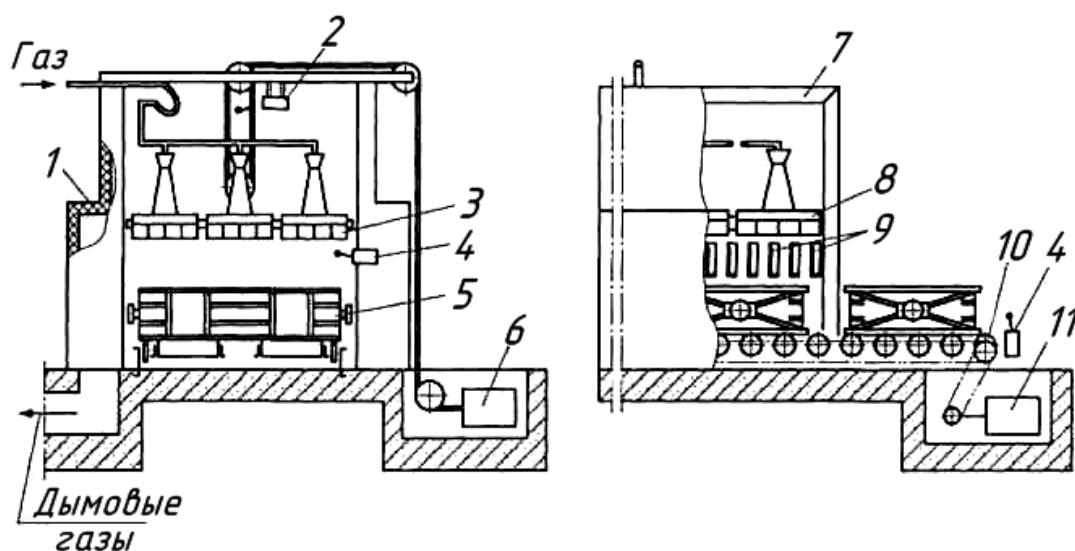


Рис. 5.12. Панельная установка для подсушки форм: 1 – теплоизолирующий слой; 2, 4 – конечные выключатели; 3 – панельная горелка; 5 – полуформа; 6, 11 – приводы; 7 – каркас; 8 – подвижная рама; 9 – бортовые отсосы; 10 – цепь

На бывшем заводе «Станколит» такие установки применяли для подсушки полуформ с размерами 1000 x 1500 мм и высотой до 600 мм. Длительность подсушки составляла 10... 15 мин.

5.3. ХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ

По существу все стержневые смеси (кроме песчано-глинистых) упрочняются за счет протекания химических процессов, включая и тепловую сушку, рассмотренную выше, и отверждение в нагретой оснастке.

За счет химических реакций, главным образом полимеризации и поликонденсации, без использования теплоты отверждаются все самотвердеющие смеси: на жидком стекле, с фосфатным связующим, цементами и гипсовыми материалами и, главным образом, с синтетическими смолами. Химическое отверждение осуществляется в основном в оснастке с введением в смесь жидких или газообразных отвердителей (катализаторов). Технологический процесс изготовления форм и стержней по CO_2 -процессу с использованием жидкого стекла выполняют в той же последовательности, что и при использовании обычных смесей. Особенности CO_2 -процесса заключаются в основном в подготовке модельной оснастки и в продувке смеси углекислым газом. Продувку углекислым газом ведут под давлением 6 МПа. Существуют два способа продувки углекислым газом: после удаления модели (рис. 5.13, а, б) и до удаления модели (рис. 5.13, в).

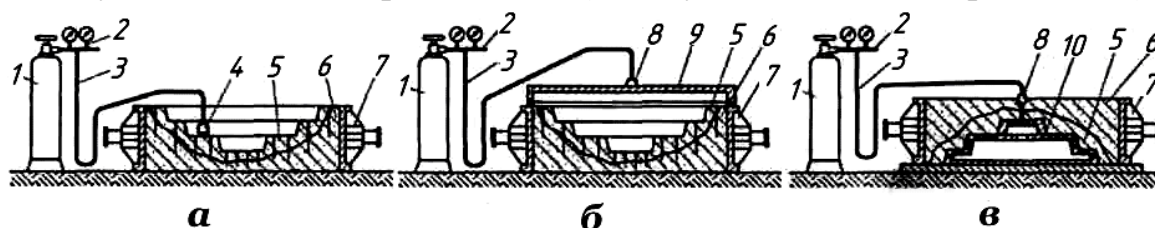


Рис. 5.13. Способы продувки форм углекислым газом: а, б – после удаления модели; в – до удаления модели; 1 – баллон с CO_2 ; 2 – редуктор; 3 – резиновый шланг; 4 – сопло; 5 – химически твердеющая облицовочная смесь; 6 – наполнительная смесь; 7 – опока; 8 – ниппель; 9 – зонт; 10 – модель

При первом способе форму продувают из специальных 4 сопел через наколы в облицовочном слое (рис. 5.13, а) или перекрыв форму зонтом (5.13, б). В этом случае облицовочные смеси должны иметь высокую «сырую прочность» для обеспечения качественного извлечения модели.

При втором способе продувку выполняют через полость модели и отверстия в ее стенках. При этом применяют смеси с низкой сырой прочностью (рис. 5.13, в).

5.4. ФИЗИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ

5.4.1. Вакуумно-пленочный способ изготовления формы

Суть способа заключается в том, что песок, ограниченный со стороны лада и контрлада пластичными термостойкими полимерными пленками, упрочняется за счет вакуума, создаваемого в герметичной литейной форме. Разрежение в форме поддерживается как во время изго-

товления литейной формы, так и во время ее заливки и охлаждения отливок до температуры выбивки (рис. 5.14).

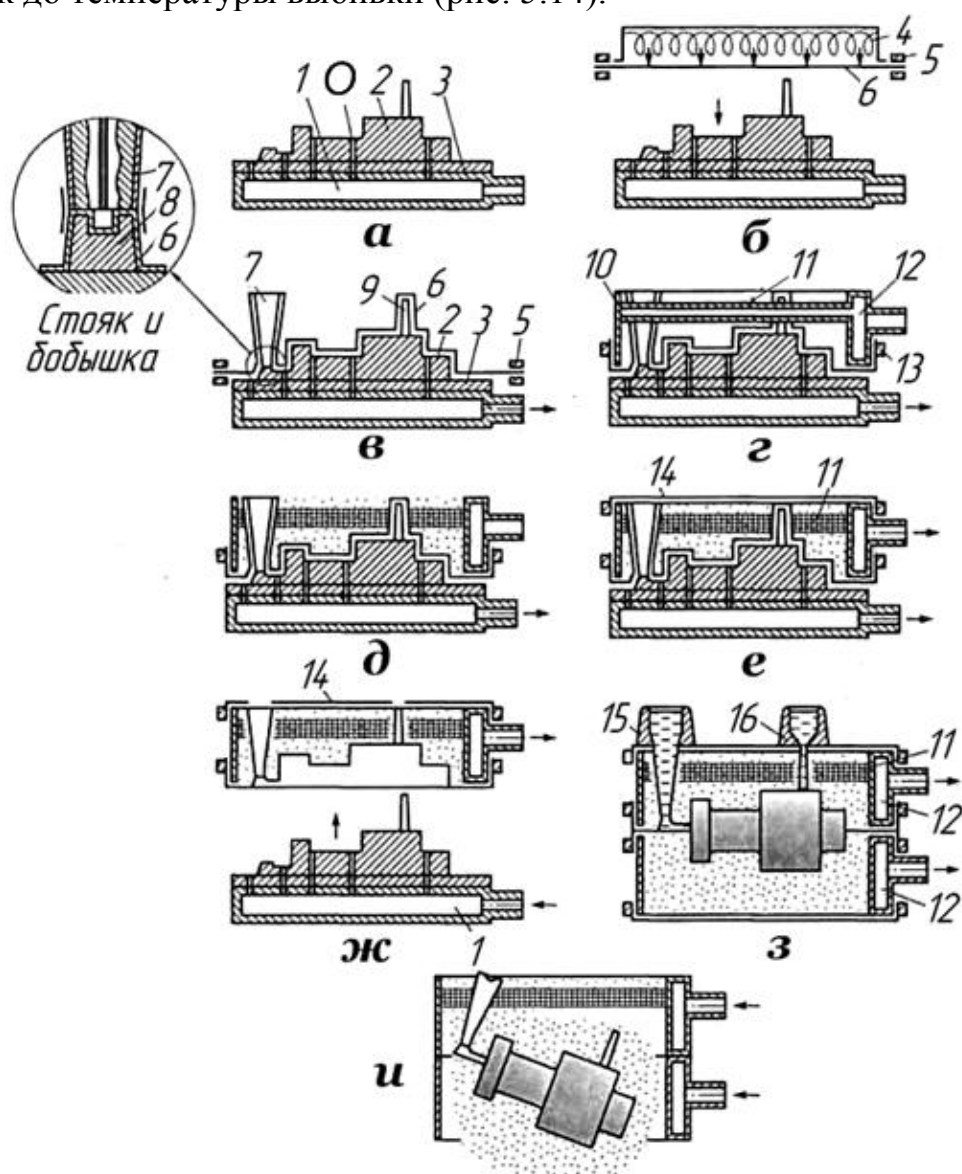


Рис. 5.14. Основные технологические операции по изготовлению полуформы вакуумно-пленочным методом: а — подготовка модельного комплекта; б — нагрев пленки; в — накладывание пленки на поверхность и создание разрежения под модельным комплектом; г — установка опоки; д — заполнение опоки сухим песком и накладывание пленки со стороны контрлада; е — вакуумирование формы; ж — снятие вакуума из-под модельного комплекта и выем последнего из полуформы; з — сборка формы заливка; и — снятие вакуума в форме и удаление отливок; 1 — вакуумируемая полость; 2 — модель; 3 — модельная плита; 4 — электронагреватель; 5 — рамка; 6, 14 — пленки; 7 — стойка; 8 — бобышка; 9 — выпор; 10 — опока; 11 — перфорированная трубка; 12 — коллектор; 13 — магнит; 15, 16 — чаши; О — отверстие; стрелками показано направление потока воздуха

На рис. 5.14 показаны основные технологические операции по изготовлению полуформы. В модельной плите 3 и модели 2 (деревянной, пластмассовой, металлической) просверливаются отверстия O диаметром 0,5... 1,0 мм, которые сообщаются с вакуумируемой полостью 1 (рис. 5.14, а).

Модельная плита с моделью накрывается этиленвинилацетатной пленкой 6 (рис. 5.14, б), предварительно нагретой на рамке 5 электронагревателем. Важно, чтобы пленка не имела складок. Затем под моделью в полости 1 с помощью вакуумного насоса создается вакуум порядка 40... 50 кПа. При этом пленка плотно облегает модельную плиту и модель (рис. 5.14, в). Съемную модель стояка 7 обертывают пленкой, закрепляя ее края клейкой лентой, и ставят на бобышку 8, уплотняя ее стык со стояком клейкой лентой. Аналогично оформляют выпор 9. Затем устанавливают опоку 10, имеющую отсасывающую Перфорированную трубку 11 с коллектором 12 (рис. 5.14, г). Отверстия в трубе закрыты сеткой, чтобы песок не проникал внутрь трубы. Края пленки отгибают и закрепляют на опоке магнитом 13.

Опоку заполняют сухим песком и уплотняют вибрацией (рис. 5.14, д). После этого на контрлад опоки накладывают пленку 14 через трубку 11 вакуумируют форму (рис. 5.14, е).

Предварительно уплотненный вибрацией песок уплотняется под действием атмосферного давления, и форма приобретает высокую прочность. Твердость такой формы достигает 90 ед. Затем в пленке 14 делают надрез и извлекают модель стояка, а под выпором вырезают в пленке отверстие, несколько меньшее его верхнего диаметра. После этого отключают полость 1 модельной плиты от вакуумного насоса и снимают полуформу с модельной плиты (рис. 5.14, ж). Таким же образом изготавливается нижняя полуформа, далее проводится сборка, если необходимо форму нагружают и затем проводят заливку.

Описанный выше способ изготовления формы, называемый вакуумно-пленочной формовкой, или V-процессом, изобретен в Японии в 1972 г. В этом способе прочность формы обеспечивает атмосферное давление, которое всесторонне сжимает песок за счет разности давлений атмосферы и разрежения в форме.

Объем песка при всестороннем сжатии способен сохранять приданную ему форму и после удаления модели. На этой особенности песка основана технология вакуумно-пленочной формовки (V-процесса), по которой после создания разрежения в порах песка его подвергают всестороннему прессованию силой, определяемой разностью атмосферного давления и давления в порах песка.

При заливке происходит термодеструкция пленки, но целостность формы сохраняется. Остаточное давление, при котором форма не раз-

рушается, составляет 100 мм рт. ст. (13,3 кПа), при более глубоком разрежении жидкий металл начинает проникать в поры формы.

К преимуществам способа следует отнести то, что, применяя деревянную оснастку можно получать отливки массой 0,2... 2,0 т с более высокими точностью размеров и качеством поверхности, чем при литье в песчано-глинистые формы. При этом нет операции сушки, отсутствуют испарения и газы от сгорания связующего. В Японии этот процесс успешно применяют для производства душевых ванн и поддонов. Немаловажное значение имеет и тот факт, что отливки при выбивке из опок не испытывают сильного механического воздействия, характерного для других способов литья.

Установлено, что качеством поверхности можно управлять, варьируя размером и однородностью песка и степенью разрежения.

5.4.2. Литье по газифицируемым моделям

Суть способа заключается в использовании пенополистироловых моделей, изготовленных при высоких давлении и температуре в пресс-формах. Эти модели, обладающие высокими точностью и качеством поверхности, собираются с элементами литниковой системы. В известной за рубежом технологии Polecat-процесс модели изготавливают на специальных автоматах производительностью 40–50 съёмов в час. Сборка моделей при помощи термоклея происходит на вакуумном прессе. Модельные блоки собирают методом сварки при температуре 150 °С на карусельной установке производительностью 120 циклов в час.

При использовании пенополистироловых моделей применяют несколько способов изготовления самой формы. Поэтому общее название всех способов остается одинаковым – литье по газифицируемым моделям (ЛГМ), а способ изготовления формы указывается дополнительными буквами. Выделим несколько способов изготовления формы, в которых используется ЛГМ, и назовем область применения технологии:

– ЛГМ-П — в опоку-контейнер устанавливают модели и засыпают сухой песок без связующего материала, уплотняя песок вибрацией. Область применения – единичное, серийное и крупносерийное производство отливок из серого, высокопрочного и ковкого чугуна и сталей, медных и алюминиевых сплавов массой до 50 кг;

– ЛГМ-М – в опоку-контейнер устанавливают модели и засыпают ферромагнитные, сыпучие материалы, затем форма помещается в магнитное поле и упрочняется (магнитная формовка). Однако магнитная формовка не получила широкого применения из-за использования дорогостоящего металлического песка (дроби) экономия в отдельных случа-

ях приближалась к нулю по сравнению с известными способами, хотя эта технология и обеспечивала высокое качество отливок. Область применения ЛГМ-М – серийное и крупносерийное производство отливок из черных и цветных сплавов массой до 50 кг;

- ЛГМ-ПВ – формы изготавливают из песка с использованием вакуума, как описано в подразд. 5.4.1, при этом используется газифицированная модель из пенополистирола. На предприятии «Сатурн» (г. Москва) установлена автоматическая линия, изготавливающая по технологии ЛГВ-ПВ отливки коленчатого вала и впускного коллектора из высокопрочного чугуна, головки блока и блока цилиндров из алюминиевого сплава. Продукты термодеструкции модели направляются в установку каталитического дожигания газов до углекислого газа и паров воды, т. е. в данном методе решается экологическая задача. Следует отметить высокую размерную точность отливок, полученных по технологии ЛГМ-ПВ;

- ЛГМ-ПК – разновидность технологии ЛВМ-ПВ, имеет фирменное название Policast-процесс. Газифицируемые модели собираются в кусты на стояке, заформовываются в песок с применением вакуума. Область применения – серийное и крупносерийное производство отливок из черных и цветных сплавов.

К преимуществам технологии ЛГМ можно отнести:

- исключение из производственного процесса стержневого, формовочного и смесеприготовительного оборудования по сравнению с литьем в песчано-глинистые формы;

- уменьшение затрат на оборудование, оснастку и материалы;

- возможность комплексной автоматизации всего технологического процесса.

ГЛАВА 6

ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ФОРМОВКИ

Технологический процесс изготовления литейных форм называется формовкой. В зависимости от степени механизации бывает ручная, машинная и автоматизированная формовка.

При ручной формовке большинство операций немеханизированное. Несмотря на то, что ручной труд является тяжелым и малопродуктивным и требует приобретения навыков в течение длительного времени, ручная формовка до сегодняшнего дня применяется в литейных цехах, особенно при необходимости изготовления одной или нескольких отливок (единичное и мелкосерийное производство).

Использование в этом случае существующего дорогостоящего оборудования и оснастки для механизации процесса не имеет смысла. Кроме того, существуют технологические процессы, механизация которых затруднена, например изготовление форм для крупных отливок (формовка в глине).

Ручная формовка используется в основном в единичном производстве при изготовлении штучных отливок; машинное и автоматизированное производство для изготовления, главным образом, мелких отливок используется в массовом и крупносерийном производстве.

При ручной формовке часто используют сырые песчано-глинистые формы. Однако ручную формовку применяют предпочтительнее при изготовлении крупных отливок, при этом литейные формы высушивают, главным образом, для увеличения прочности. Исключительно ручной формовкой изготавливают отливки массой более 10 т. При этом используют формовку в почве (кессонах).

Технология ручной формовки

Масса отливок, т

Литье в сырые песчано-глинистые формы:

формовка по разъемным моделям.....	До 1
формовка в парных опоках.....	До 1
формовка по шаблону.....	До 1
формовка по скелетным моделям.....	До 1
Литье в подсушенные и сухие формы.....	1...5
Формовка в стержнях.....	5... 10
Формовка в почве (кессонах).....	Свыше 10

Для сохранения качества (например, точности размеров) отливок в сырых песчано-глинистых формах рекомендуется изготавливать отливки массой до 500... 1000 кг.

6.1. ФОРМОВОЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Инструмент, применяемый при ручных формовочных работах можно разделить на две группы: инструмент, применяемый при набивке формовочной смеси и при удалении модели из формы, и инструмент, применяемый при отделке формы.

Для набивки формовочной смеси используют ручные и пневматические трамбовки. Для мелких форм применяют ручную трамбовку (рис. 6.1). Один конец ее делают клиновидным, и он служит для набивки смеси по краям опоки, в узких местах, у крестовин, между моделями и у стенок высоких моделей. Другой конец, плоский, служит для набивки плоских и верхних слоев земли.

Для средних и крупных форм применяют пневматические трамбовки, которые способствуют значительному повышению производительности труда.

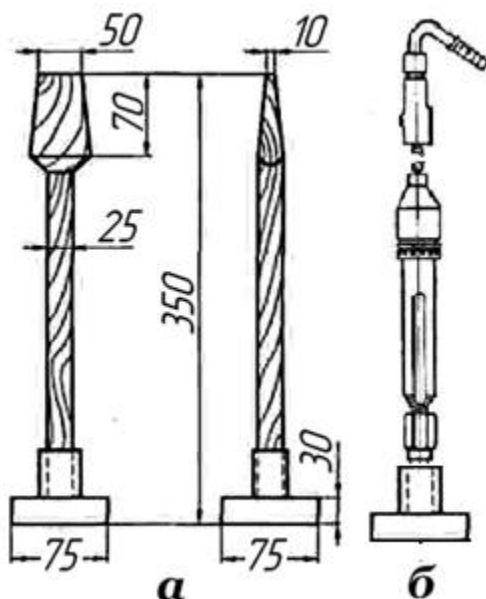


Рис. 6.1. Трамбовки: а – ручная трамбовка; б – пневматическая трамбовка

Кроме трамбовок каждый формовщик должен иметь еще следующий инструмент:

- лопату для засыпания смеси в опоки и выкапывания ямы при почвенной формовке (рис 6.2, а);
- для выверки опок, установки реек при почвенной формовке и т. п. ватерпас (рис 6.2, б);
- круглые сита для просеивания формовочной смеси, в частности при нанесении облицовки на модель, ячейки сит имеют разные размеры, диаметр сит 400–500 мм (рис 6.2, в).

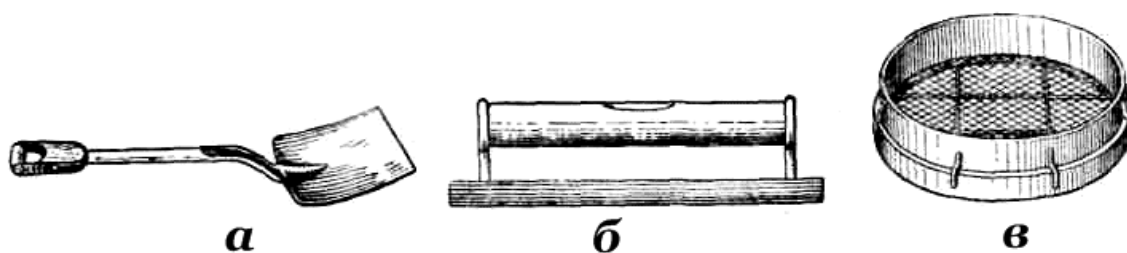


Рис. 6.2. Формовочный инструмент: а – лопата; б – ватерпас; в – сито

Для поверхностного увлажнения формы перед ее отделкой, а также для нанесения противопригарных покрытий (красок и чернил), растворов для упрочнения поверхности форм пульверизатор (рис 6.3, а). При нажатии пальцем на рычаг 2 опускается клапан 3 и сжатый воздух по воздушной магистрали 1 устремляется в полость 4, создавая разрежение воздуха в резиновом шланге 5, который опущен в бачок с краской. Краска, засасываясь из бачка, попадает по резиновому шлангу в полость 4, где подхватывается струей сжатого воздуха и выбрасывается из пульверизатора в виде мельчайших капель.

Для отсоса пыли и кусочков смеси из формы формовщик должен иметь пульверизатор-пылесос (рис 6.3, б).

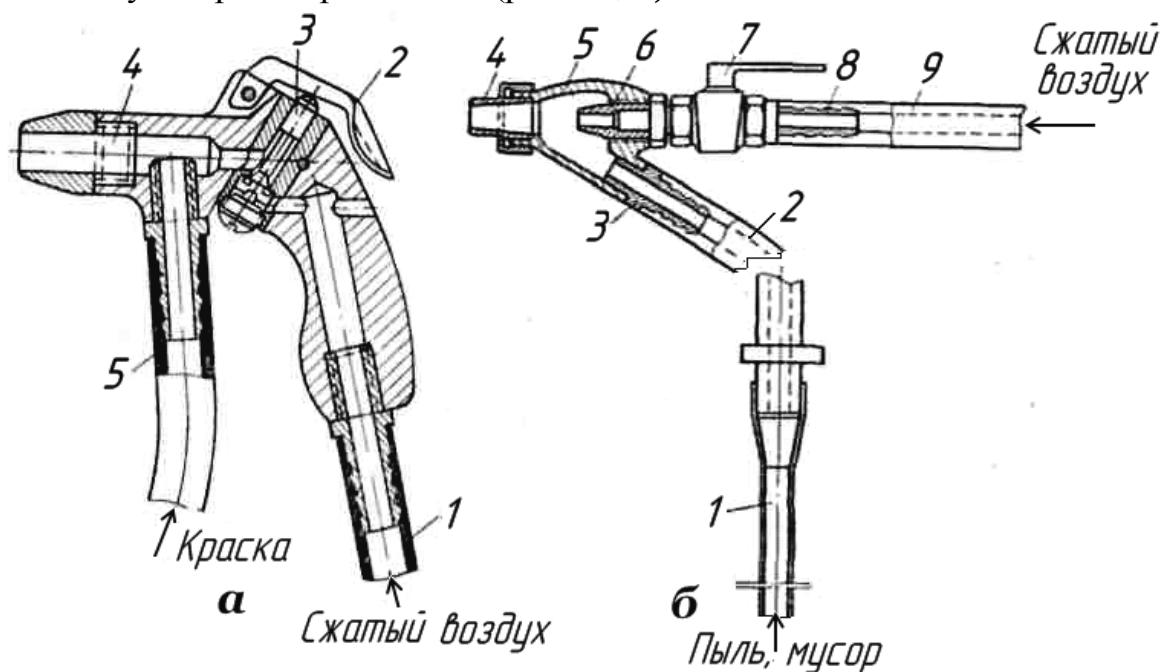


Рис. 6.3. Пульверизаторы: а – для нанесения краски; б – пылесос

Стальную трубку 1 круглого или прямоугольного сечения, присоединенную к корпусу 5 резиновым шлангом 2, через ниппель 3 подводят в собранной форме непосредственно к месту засора. При повороте или

нажатии рукоятки вентиля 7 сжатый воздух под давлением по шлангу 9 и ниппелю 8, присоединенному к магистрали, попадает через вентиль и трубку 6 в корпус 5. Из корпуса струя воздуха через конус 4 выходит наружу, высасывая при этом из формы пыль, кусочки смеси, оказавшиеся вблизи торца стальной трубки. Перемещая стальную трубку по всей форме, полностью удаляют из нее пыль и мусор. На стальную трубку надевают резиновый шланг, чтобы не повредить форму и стержни.

Прямые и изогнутые проволочные иглы (рис. 6.4, а) диаметром 1,5; 2; 3; 5; 8 и 10 мм для накалывания вентиляционных каналов; кисть; помазок для смачивания смеси по кромке модели до ее выемки из формы, а также при исправлении повреждений формы; крючок для вытаскивания моделей (рис. 97, б); щетки для протирки моделей; мешок для припыла; молоток для расталкивания небольших моделей при выемке из формы; ведро вместимостью 5 л для воды.

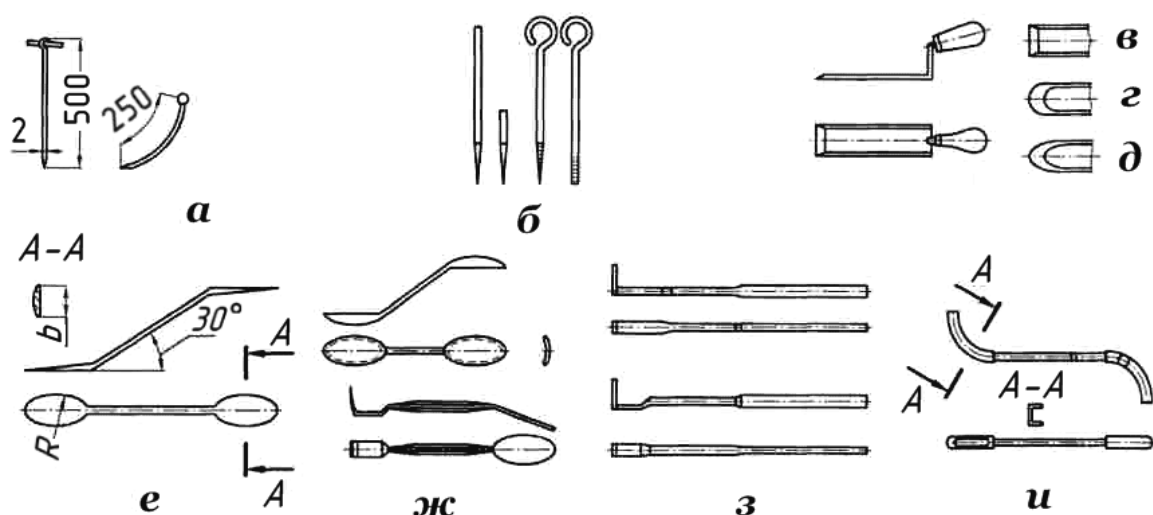


Рис. 6.4. Формовочный и отделочный инструмент: а – прямые и изогнутые иглы для накалывания вентиляционных каналов; б – крючки («подъемы») для вытаскивания моделей; в, г, д – гладилки плоские с прямоугольным, закругленным и заостренным лезвием соответственно; е – ланцеты («карасики»); ж – ложечки; з – формовочные крючки; и – полозки; R – радиус скругления; b – ширина ланцеты

Для отделки поверхностей и исправления повреждений форм и стержней применяют отделочный инструмент, основные виды которого приведены на рис. 6.4, в–и. Гладилки плоские с прямоугольным (рис. 6.4, в), закругленным (рис. 6.4, г), заостренным (рис. 6.4, д) лезвием применяют для выравнивания плоскостей и прорезания углублений. Ланцеты (рис. 6.4, е) применяют для подрезаний выравнивания небольших поверхностей в местах, недоступных для работы гладилками. Ложечки (рис. 6.4, ж) овальные и яйцевидные служат для отделки криволинейных поверхностей, углубле-

ний и переходов. Формовочные крюки (прямые, с пяткой, с ланцетом) (рис. 6.4, з) используют для подрезания формы и удаления оставшейся земли из узких и глубоких мест. Полозки прямые (плоские и выпуклые) (рис. 6.4, и) применяют для отделки прямого дна и впадин.

Последовательность двадцати четырех операций при ручной формовке в парных опоках по неразъемной модели отражена на рис. 6.5:

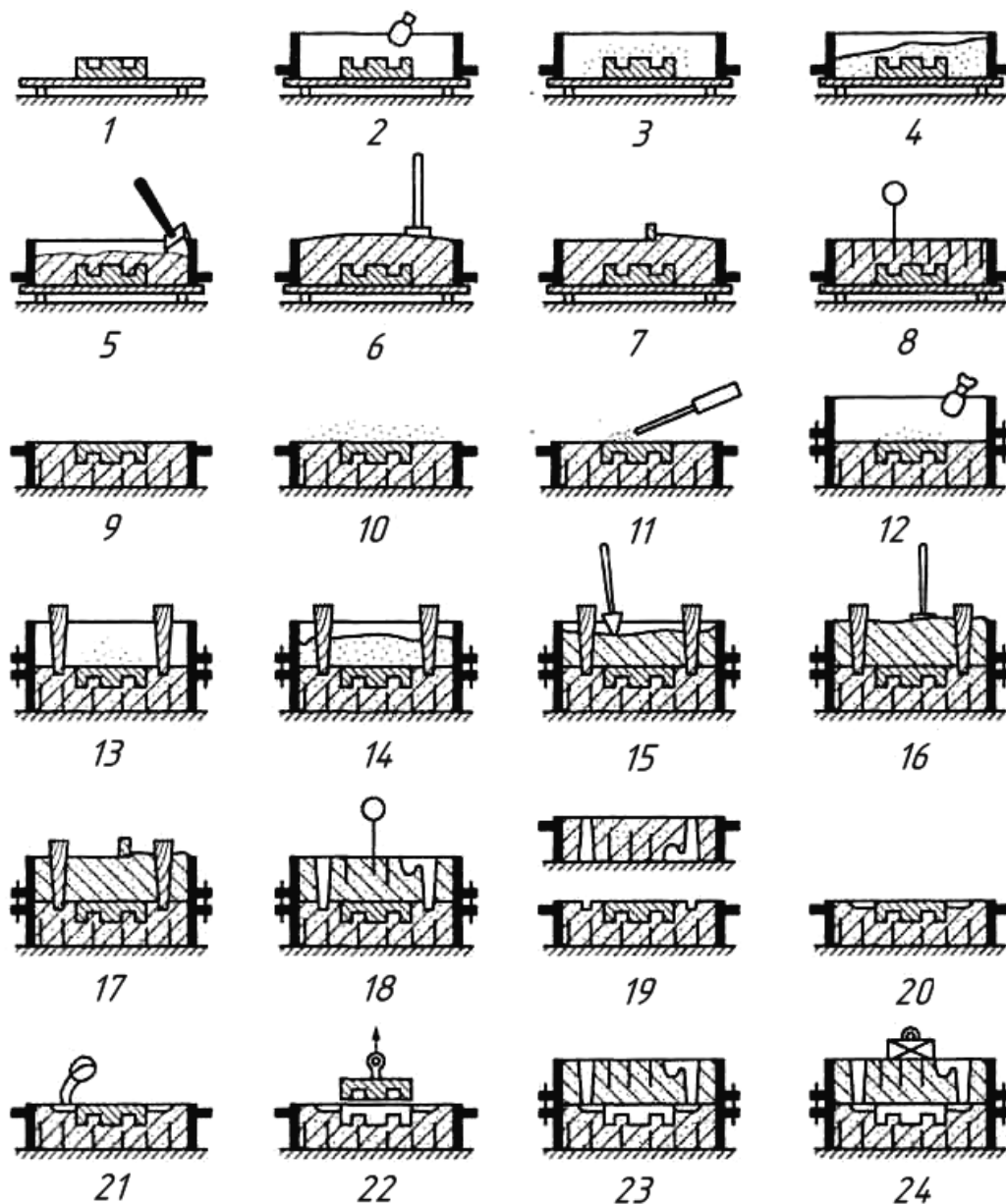


Рис. 6.5. Последовательность операций при ручной формовке в парных опоках по неразъемной модели

1 – на щиток устанавливают модель так, чтобы она прилегала к щитку плоской поверхностью;

2 – устанавливают нижнюю опоку и припыливают модель лycopодием (тальком, графитом);

3 – на модель и щиток через сито наносят слой облицовочной смеси толщиной 10... 15 мм;

4 – насыпают в опоку наполнительную смесь;

5 – уплотняют смесь клиновидной трамбовкой;

6 – уплотняют смесь плоской трамбовкой;

7 – срезают излишки смеси линейкой вровень с краями опоки;

8 – выполняют вентиляционные каналы;

9 – переворачивают нижнюю опоку и заглаживают поверхность гладилкой;

10 – посыпают плоскость разъема сухим песком;

11 – сдувают излишки смеси;

12 – устанавливают по штырям верхнюю опоку и припыливают поверхность модели;

13 – устанавливают модели стояка и выпора, наносят на поверхность облицовочный слой смеси;

14 – насыпают в опоку наполнительную смесь;

15, 16 – уплотняют смесь клиновидной и плоской трамбовкой соответственно;

17 – срезают излишки смеси;

18 – делают вентиляционные каналы, оформляют вручную литниковую чашу (воронку) и извлекают модели стояка и выпора;

19 – снимают и переворачивают верхнюю опоку;

20 – прорезают шлакоуловитель и питатели;

21 – смачивают смесь вокруг модели водой;

22 – вставляют в модель крючок для ее выема, расталкивают модель и извлекают ее из нижней полуформы;

23 – устанавливают на место верхнюю опоку;

24 – устанавливают на форму груз.

Ниже рассмотрены наиболее распространенные методы ручной формовки, применяемые в настоящее время в литейных цехах, а именно: формовка по моделям в почве (кессоне), в мягкой постели, в твердой постели, в опоках, с подрезкой, с отъемными частями, с перекидным болваном, с подъемным болваном, с фальшивой опокой, формовка по шаблону, формовка в стержнях, формовка по скелетным моделям.

6.2. ФОРМОВКА В ОПОКАХ ПО РАЗЪЕМНОЙ МОДЕЛИ

Этот способ формовки распространен широко. Модель должна иметь плоскость разъема. Для центрирования ее половинок в верхней из них выполняют центрирующие штифты, в нижней отверстия. По конфигурации модель отличается от отливки наличием знаковых частей, выполняющих в форме полости, которые служат для установки стержней.

Линейные размеры отливки (рис. 6.6, *а*) и модели разные. Размеры разъемной модели (рис. 6.6, *б*) больше размеров отливки на величину усадки (например, 1 %). При изготовлении деревянных моделей пользуются специальными усадочными метрами, в которых учтено увеличение размеров модели. В массовом производстве размеры модели определяются путем пересчета размеров отливки.

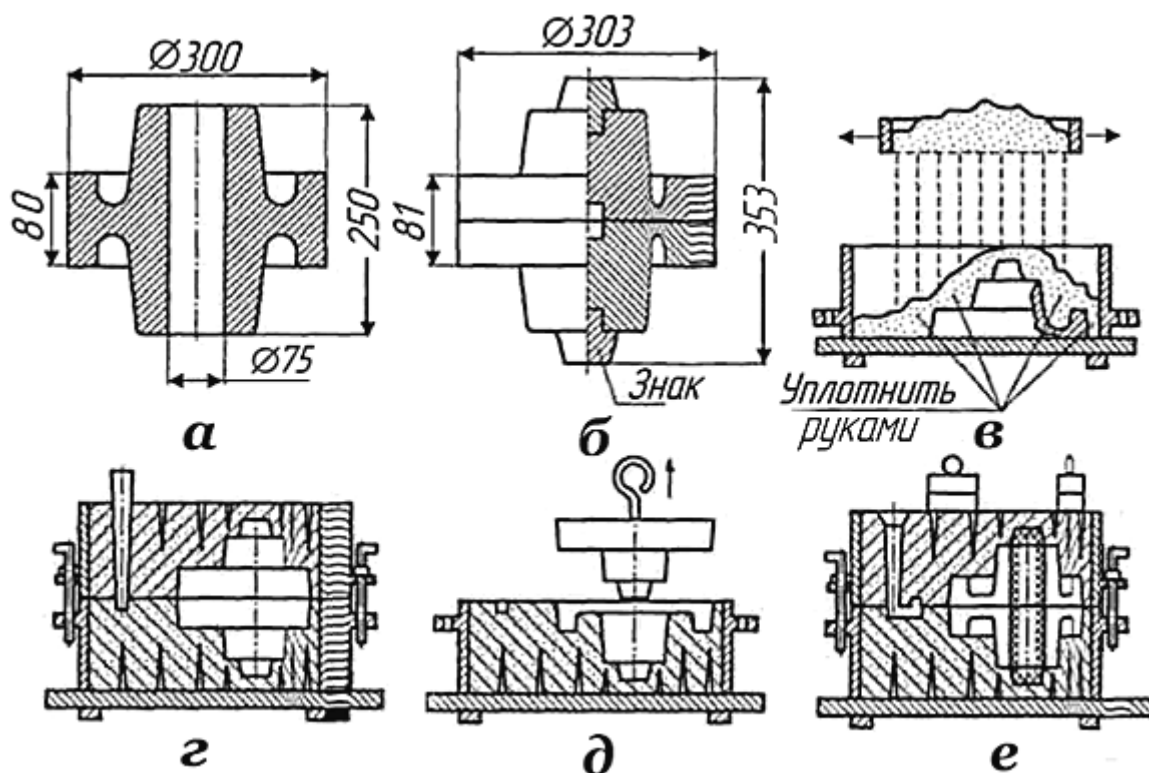


Рис. 6.6. Формовка по разъемной модели:

а – эскиз отливки; *б* – разъемная модель; *в–е* – операции формовки

Формовка выполняется следующим образом. Формовщик устанавливает опоку низа и нижнюю половину модели на модельную плиту (рис. 6.6, *в*). Важно правильно расположить модель в опоке, оставляя место для литниковой системы. Модель покрывают (припудривают или обрызгивают) разделительным составом для предотвращения прилипа-

ния формовочной смеси и наполняют опоку облицовочной смесью, которую просеивают через сито рис. 6.6, в). В глубоких местах и углах, образованных моделью модельной плитой, облицовочную смесь обжимают (уплотняют) руками, затем полностью засыпают наполнительной смесью, которую утрамбовывают.

Излишки смеси срезают линейкой, вентиляционной иглой накалывают вентиляционные каналы, сверху устанавливают подпочную плиту, вместе с которой переворачивают уплотненную полуформу. После этого последовательно устанавливают верхнюю половину модели, совмещая ее с нижней половиной, опоку верха и модели элементов литниковой системы (рис. 6.6, г).

Плоскость разъема посыпают мелким разделительным песком. Как и при формовке нижней полуформы, производят операции засыпки облицовочной и наполнительной смесей, их уплотнение и срезание излишков. Затем вырезают литниковую воронку или чашу, извлекают модель стояка, снимают верхнюю полуформу, вынимают половинки модели и модели элементов литниковой системы (рис. 6.6, д). Далее выполняют отделку формы. В нижнюю полуформу устанавливают стержни. Затем накрывают нижнюю полуформу верхней (рис. 6.6, е). Для центрирования полуформ применяют штыри и втулки.

6.3. ФОРМОВКА В ДВУХ ОПОКАХ С ПОДРЕЗКОЙ

На рис. 6.7, а представлена отливка, при формовке, по неразъемной модели которой извлечению модели будет препятствовать поверхность, помеченная на чертеже крестиками. В таких случаях для формовки применяют специальный прием – подрезку. Нижнюю полуформу уплотняют обычным способом и переворачивают. Извлечению модели 1 из полуформы препятствует объем смеси, помеченный буквой К (рис. 6.7, б), поэтому его срезают и образовавшуюся поверхность разъема тщательно заглаживают (рис. 6.7, в). На месте данного объема при формовке верхней полуформы образуется болван. Разъем формы будет уже не плоский, а фасонный. Далее устанавливают модель верхнего знака 2, поверхность подрезки тщательно посыпают разделительной смесью, в случаях глубокой подрезки обкладывают бумагой. Далее формовка не отличается от рассмотренных ранее формовки в опоках. На рис. 6.7, г показана форма в сборе, формовка с подрезкой достаточно трудоемка, поэтому при изготовлении больших серий отливок применяют фасонные

модельные плиты 4, оформляющие полость подрезки (рис. 6.7, д). Полость подрезки оформляет модель 5, выполненная в виде кольца. Взаимное центрирование моделей подрезки 5 и модели 1 осуществляется штырем, который является гнездом 6 для знака.

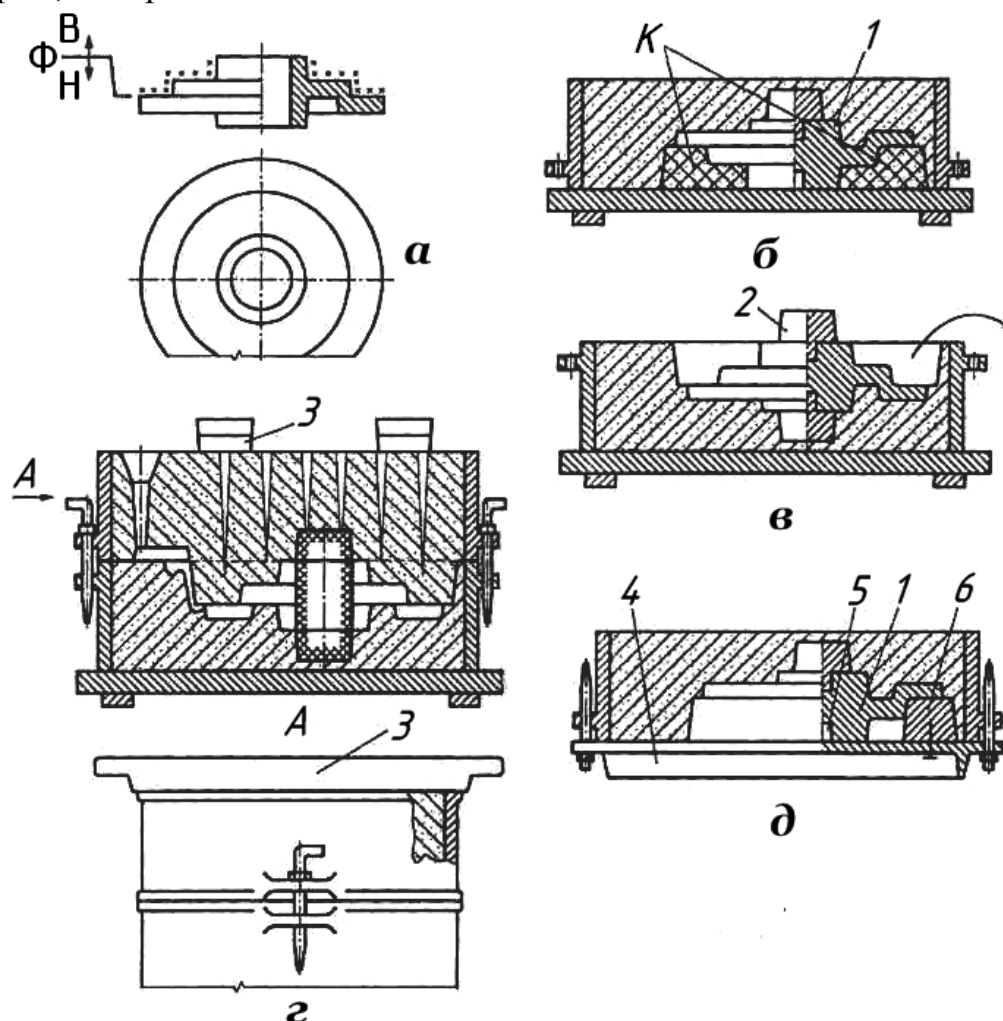


Рис. 6.7. Формовка с подрезкой: а – отливка; б – уплотненная нижняя полуформа; в – нижняя полуформа после удаления излишков смеси; г – форма в сборе; д – формовка по фасонной модельной плите; 1 – модель; 2 – модель верхнего знака; 3 – груз; 4 – модельная плита; 5 – гнездо для знака; 6 – модель подрезки; Ф – разъем формы; В, Н – соответственно верх и низ формы; К – объем смеси, препятствующий извлечению модели; изогнутыми стрелками показано направление удаления излишков смеси

Для придания болванам достаточной прочности и для предотвращения их разрушения устанавливают при уплотнении формы проволоочные крючки или так называемые «деревянные солдатики» – деревянные колышки, которые прислоняют наклонно к крестовинам и затрамбовывают формовочной смесью. Применяются солдатики при формовке по-сырому.

Для повышения прочности формы применяют также прошпиливание. Шаг прошпиливания 40... 100 мм, шпильки располагают в шахматном порядке.

6.4. ФОРМОВКА ПО МОДЕЛИ С ОТЪЕМНЫМИ ЧАСТЯМИ

При изготовлении форм для отливок, имеющих на своей поверхности выступающие части трех видов (I–III на рис. 6.8, а), Можно использовать рассмотренный ранее метод подрезки или формовку в стержнях, описанную ниже. Однако формовка в стержнях является дорогостоящей, а применение подрезки не всегда возможно. Так, для получения элемента вида II подрезка невозможна, а для элементов видов I и III она получается глубокой и вызывает затруднения при формовке. Для изготовления таких отливок применяют формовку по модели с отъемными частями (рис. 6.8, б–г). Отъемные части вида I применяют при наличии в модели достаточной полости, через которую можно удалить штифт. Формовка ведется обычным образом. После того как модель заформована, удаляют штифт (рис. 6.8, б), затем извлекают модель и вслед за этим вынимают отъемную часть из формы.

При формовке модели с отъемными частями вида II уплотняют смесь до верхней плоскости отъемной части. Затем извлекают шпильку (рис. 6.8, в) и заканчивают уплотнение.

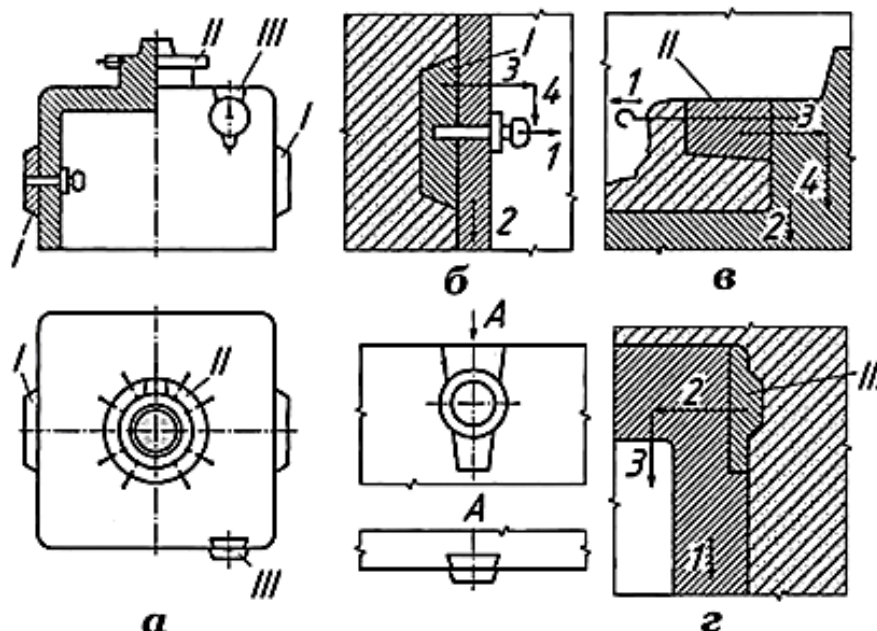


Рис. 6.8. Формовка по модели с отъемными частями: а – модель; б, в, г – последовательность выполнения операций 1 – 4 формовки: I–III – виды отъемных частей; стрелками показано направление перемещения отъемных частей модели

Причем плотность смеси под отъемной частью должна быть достаточно высокой, так как в противном случае может произойти сдвиг отъемной части от первоначального положения. Последовательность и направление извлечения отъемной части соответствует цифрам 1–4 и стрелкам.

Вид крепления *III* отъемных частей носит название «ласточки хвост» (рис. 6.8, з). Этот способ широко используют в литейных цехах, так как он удобен и практичен, обеспечивает большую точность и производительность по сравнению с предыдущими. Однако в случае заклинивания «ласточкина хвоста» при удалении отъемных частей 1–3 модели может произойти смятие форм, поэтому необходимо внимательно следить за состоянием соединения.

6.5. ФОРМОВКА С ПЕРЕКИДНЫМ БОЛВАНом

Перекидным называется болван, который в процессе формовки опирается сначала на верхнюю, а потом на нижнюю полуформы.

На рис. 6.9 изображена последовательность операций при формовке этим методом отливки шкива.

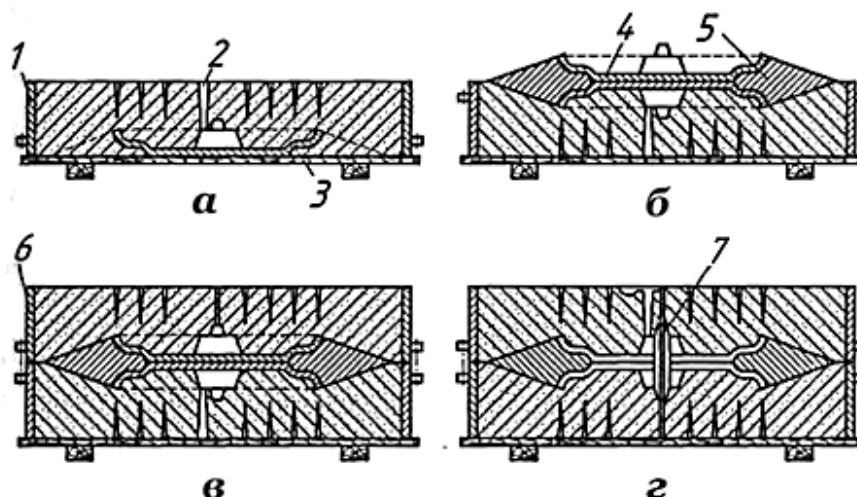


Рис. 6.9. Формовка с перекидным болваном: а–г – последовательность операций при формовке отливки шкива; 1 – опока; 2 – модель стояка; 3 – верхняя половина модели; 4 – нижняя половина модели; 5 – перекидной болван; 6 – опока низа; 7 – стержень

Модель состоит из двух частей с плоской линией разъема. Верхнюю часть модели 3 располагают в верхней опоке 1, устанавливает модель стояка 2 и уплотняют смесь, как это описывалось ранее. Полуформу переворачивают удалив модель стояка, и производят подрезку. Устанавливают нижнюю половину модели 4, посыпают разделительной смесью и, утрамбовывая смесь, изготовляют перекидной болван 5. Поверхность его тщательно загла-

живают и посыпают разделительной смесью. Устанавливают опоку низа 6 и уплотняют в ней смесь. Затем приступают к извлечению модели, для этого снимают полуформу низа и удаляют из нее нижнюю половину модели 4, затем полуформу низа снова устанавливают на полуформу верха, собранную форму переворачивают, снимают верхнюю полуформу и удаляют из нее модель верха 3. Форму продувают, устанавливают стержень 7 и собирают.

Применение данного метода позволяет отказаться от стержня, оформляющего ручей шкива, и снизить стоимость отливки. Однако метод применяется только в единичном производстве.

При применении металлической модельной оснастки формовку осуществляют с использованием стержня, изготовляемого в стержневом ящике, имеющем разъем по центру перекидного болвана.

6.6. ФОРМОВКА С ПОДЪЕМНЫМ БОЛВАНом

Метод формовки с перекидным болваном используется для небольших опок, переворачивание которых можно производить вручную одному рабочему. При изготовлении крупных форм для отливок подобного типа, переворачивание и транспортировку которых производят при помощи крана, применяют метод подъемного болвана.

При формовке с подъемным болваном (рис. 6.10) необходимо наличие стальной обечайки 7, внутренний диаметр которой на 5... 10 мм больше диаметра модели 2.

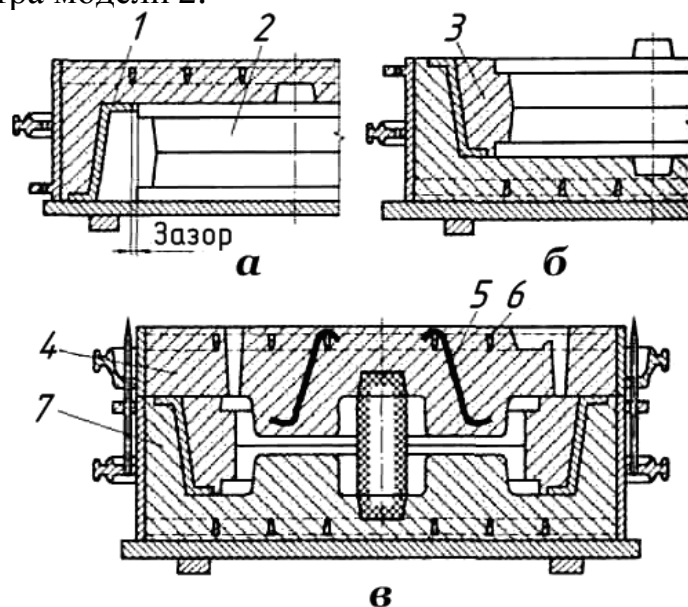


Рис. 6.10. Формовка с подъемным болваном: а – формовка нижней опоки; б – уплотнение смеси между моделью и обечайкой; в – форма в сборе; 1 – стальная обечайка; 2 – модель; 3 – подъемный болван; 4 – верхняя полуформа; 5 – крючок; 6 – крестовина; 7 – нижняя полуформа

Сначала изготавливают нижнюю полуформу, уплотняя смесь над моделью и вокруг обечайки (рис. 6.10, *а*), затем полуформу переворачивают и устанавливают модель второго (верхнего) знака стержня. После этого уплотняют смесь в промежутке между моделью и обечайкой, т. е. изготавливают болван 3. Вслед за этим набивают верхнюю полуформу 4. Сняв верхнюю полуформу, извлекают подъемный болван 3, из которого обычным способом вынимают две половины модели 2. Полость формы отделявают и выполняют ее сборку.

В рассмотренном случае для повышения жесткости формы и болванов применены опоки с крестовинами 6 и крючки 5.

6.7. ФОРМОВКА С ФАЛЬШИВОЙ ОПОКОЙ

В практике формовки встречаются случаи, когда поверхность разъема формы криволинейна, и расположить модель на плоской плите невозможно. Для изготовления формы по такой модели можно использовать подрезку по фигурному разъему. С целью повышения производительности при формовке серии отливок прибегают к методу формовки с фальшивой опокой, которая получила своё название из-за того, что металл в нее не заливают; она служит только для формовки в качестве фигурной модельной плиты. Формовку начинают с изготовления фальшивой опоки 1 (рис. 6.11, *а*).

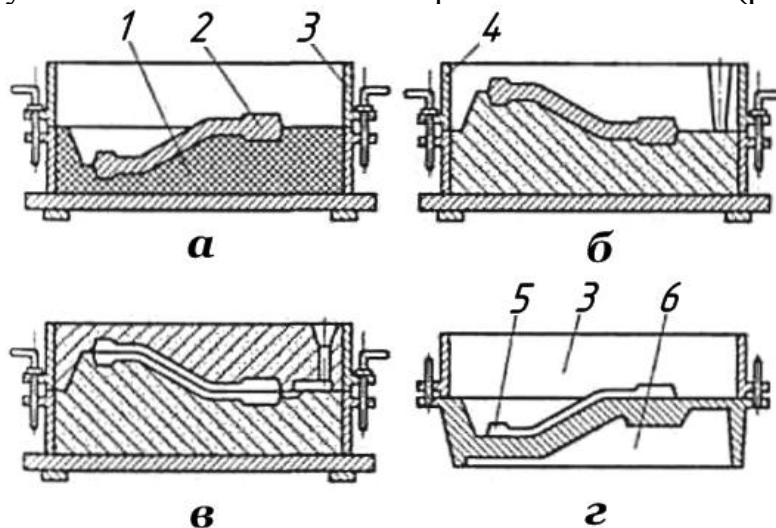


Рис. 6.11. Формовка с фальшивой опокой: *а* – изготовление фальшивой опоки; *б* – установка верхней опоки; *в* – изготовление верхней полуформы; *г* – фигурная модельная плита с установленной на ней нижней опокой; 1 – фальшивая опока; 2 – модель; 3 – нижняя опока; 4 – верхняя опока; 5 – половина модели; 6 – фигурная модельная плита

Смесь в ней утрамбовывают с особой тщательностью. Затем по ладу фальшивой опоки гладилкой вырезают ложе под модель, в которое при помощи деревянного молотка осаживают модель 2, оформляют и выравнивают поверхность разъема. Модель раскачивают, извлекают из

фальшивой опоки и закладывают обратно. Это обеспечивает при следующих операциях формовки легкое отделение модели от фальшивой опоки. Далее формовку ведут обычным образом, устанавливая каждый раз, модель в фальшивую опоку (рис. 6.11, б, в), подобно тому, как модель с плоским разъемом устанавливают на модельную плиту.

Если фальшивая опока должна служить долго, то ее изготавливают из гипса, цемента или жидкостекольной смеси, поверхность разъема окрашивают, что облегчает условия формовки и удлиняет ее срок службы.

В случае изготовления большой партии отливок, чаще всего при машинной формовке, фальшивую опоку меняют фигурными модельными плитами б (рис. 6.11, з). Такие плиты изготавливают из дерева или металла, срок их службы значительный, а применение улучшает условия труда формовщика.

6.8. ФОРМОВКА В ТРЕХ ОПОКАХ

Формовка в трех опоках применяется для высоких отливок имеющих две плоскости разъема.

На рис. 6.12 показана формовка отливки катка с двумя ребрами в трех опоках по разъемной модели и с отъемным верхним знаком.

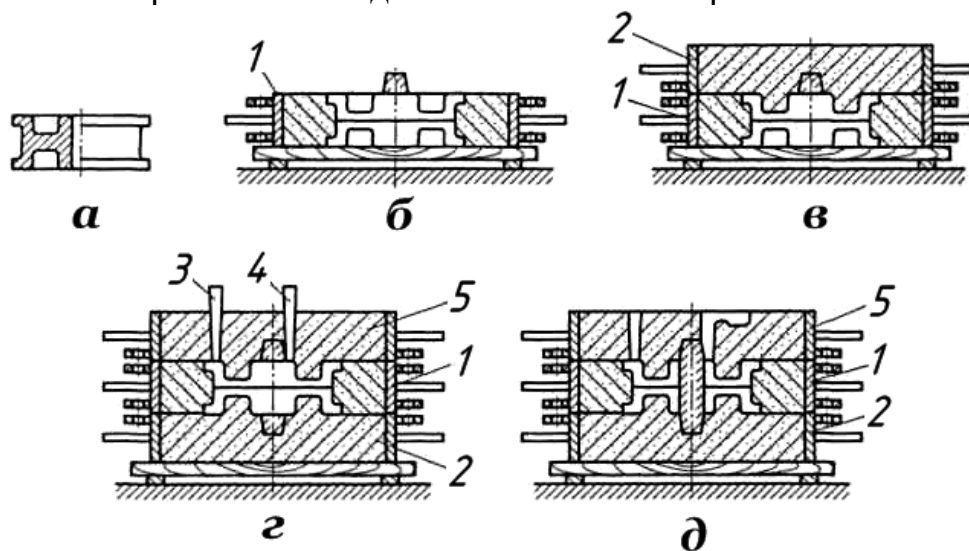


Рис. 6.12. Формовка в трех опоках по разъемной модели: а – отливка; б– д – последовательность выполнения операций формовки; 1 – средняя полуформа (опока); 2 – нижняя полуформа (опока); 3 – модель выпора; 4 – модель стояка; 5 – верхняя полуформа (опока).

Для формовки используют среднюю опоку 1, высота которой соответствует высоте катка. Часто, с этой целью высоту катка и средней опоки выравнивают подрезкой, выполняемой в средней полуформе. Формовку начинают с изготовления средней части формы (рис. 6.12, б). После заглаживания

и присыпки песком плоскости разъема сверху устанавливают нижнюю опоку 2, уплотняют смесь (рис. 6.12, в), переворачивают две опоки, устанавливают верхнюю опоку 5, модель верхнего знака стержня и модели стояка 4 и выпора 3 и производят набивку верхней опоки 5 (рис. 6.12, з). Следующей операцией является удаление модели. Для этого сначала удаляют модели стояка 4 и выпора 3, снимают верхнюю полуформу и извлекают из средней полуформы верхнюю половину модели. После этого снимают среднюю полуформу, переворачивают ее и удаляют вторую половину модели.

После окончательной отделки всех трех частей формы устанавливают стержень в нижнюю полуформу, припыливают все полуформы графитом и собирают под заливку (рис. 6.12, д).

6.9. ФОРМОВКА ПО ШАБЛОНУ

Формовку по шаблону применяют в случае изготовления отливок больших размеров и постоянного сечения, которые могут быть получены либо вращением (например, тела вращения), либо движением шаблона по направляющим. При применении этого метода отпадает необходимость изготовления дорогих моделей, что приводит к снижению стоимости отливок. Формовка по шаблону наиболее выгодна при индивидуальном производстве, когда надо изготовлять одну или несколько отливок. Для изготовления большого количества отливок выгоднее формовка по модели, изготовление которой в таком случае вполне рентабельно.

6.9.1 Формовка протяжными шаблонами

При изготовлении крупных единичных отливок таких, как патрубки, колена трубопроводов и других, имеющих постоянные сечения, применяется способ формовки протяжными шаблонами. На рис. 6.13 представлено колено, форма для которого может быть изготовлена протяжными шаблонами (если надо готовить одну-две отливки, то изготовление целой модели сильно удорожало бы их стоимость).

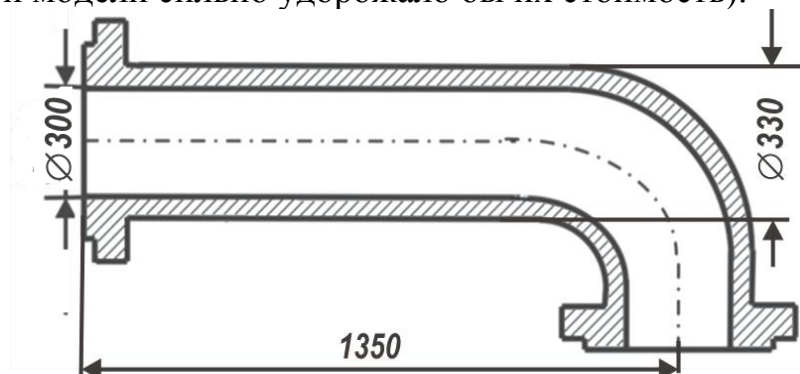


Рис. 6.13. Колесо трубы.

На подготовленную заранее постель укладывают рамку 1 (рис. 6.14, а) и одновременно заформовывают модели нижних половинок фланцев 2.

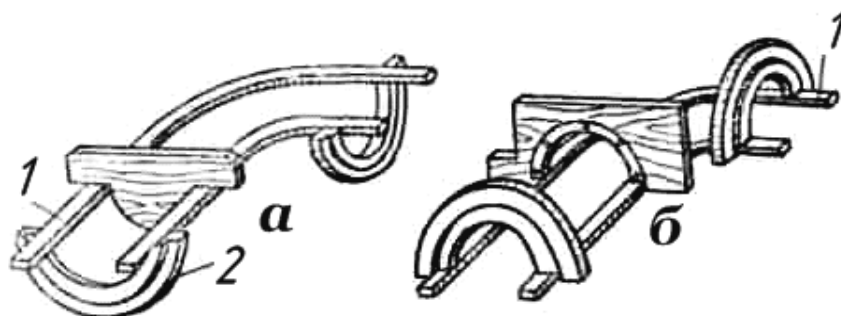


Рис. 6.14. Рамка модели: а – нижняя половина; б – верхняя половина

Первой формовочной операцией является выгребание смеси шаблоном, представленным на рис. 6.15, а. Этим шаблоном образуется стержневой земляной ящик для формовки нижней половины стержня.

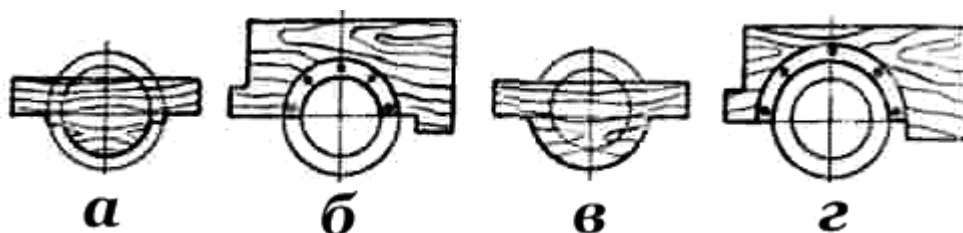


Рис. 6.15. Шаблоны: (а–г) – для получения стержня и формы

Операция выгребания заключается в том, что шаблон-скребок передвигается по направляющим 1 рамки (рис. 6.14), и таким образом удаляется излишек смеси. Полученную в результате обработки шаблоном поверхность обкладывают бумагой и набивают нижнюю половину стержня. Во время набивки нижней половины стержня устанавливается литой каркас и модели полуфланцев и верхняя рамка (рис. 6.14, б). Верхняя часть стержня между фланцами обрабатывается шаблоном (рис. 6.15, г), а знаковые части – шаблоном, приведенным на рис. 6.15, б, что позволяет их превратить в модель для верхней полуформы.

Затем обкладывают песчаную модель бумагой, устанавливают опоку и набивают верхнюю полуформу. При набивке верхней полуформы специальными моделями оформляют литниковые каналы и выпоры. Верхняя полуформа снимается и отделяется, а верхняя половина стержня окончательно обрабатывается шаблоном (рис. 6.15, б), который имеет радиус меньше радиуса шаблона, представленного на рис. 6.15, г,

на толщину стенки отливки. Доведенный до требуемых размеров стержень вынимают, отделявают и сушат.

Последней операцией, при которой для обработки формы применяются шаблоны, является операция срезания с нижней половины формы между фланцами шаблоном (рис. 6.15, в) слоя смеси толщиной, равной толщине стенки отливки. После отделки нижней полуформы формы собирают. На рис. 6.16, а представлена собранная форма, а на рис. 6.16, б – отливка.

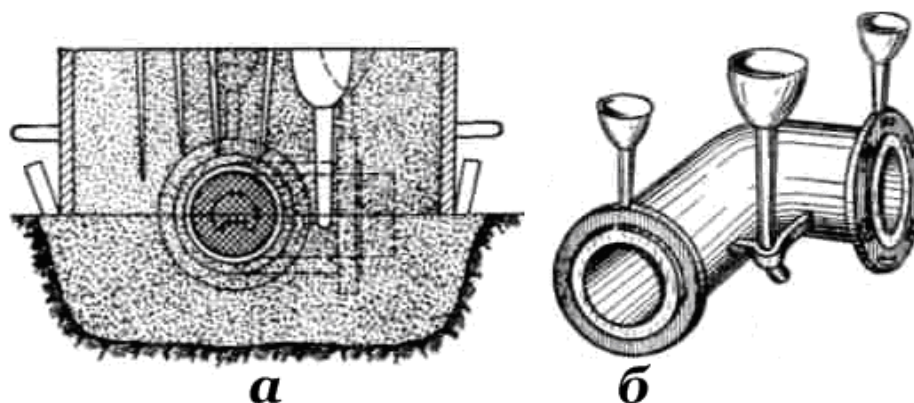


Рис. 6.16. Колено: а – форма колена в собранном виде;
б – отливка колена с литником и выпорами.

6.9.2. Формовка вращающимся шаблоном

Формовку вращающимся шаблоном ведут с применением приспособления, изображенного на рис. 6.17.

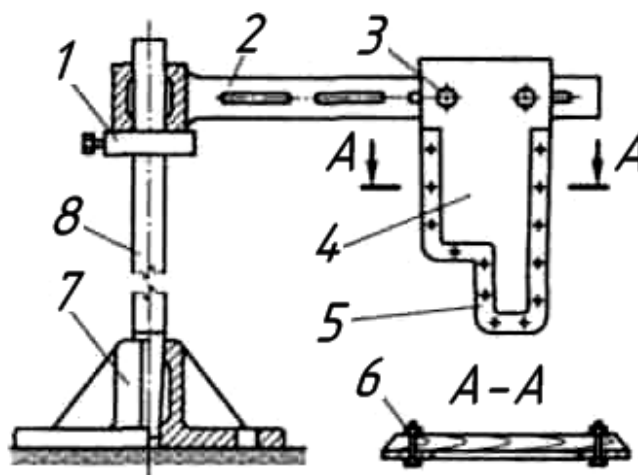


Рис. 6.17. Приспособление для формовки вращающимся шаблоном:
1 – кольцо; 2 – поперечина; 3 – крепежный элемент; 4 – шаблон; 5 – металлическая пластина; 6 – болт; 7 – подпятник; 8 – ось

В подпятник 1 устанавливается ось 8, которая имеет конический хвостовик. Такое соединение обеспечивает точное центрирование оси относительно подпятника и возможность извлечения оси из подпятника после завершения формовки. Подпятник имеет большое основание с отверстиями, служащими для его крепления в полу литейного цеха при помощи клиньев. На оси 8 насажена поперечина 2, которую можно перемещать в вертикальном направлении, фиксируя при помощи кольца 1 со стопорным винтом на заданной высоте. Шаблон 4 крепится к поперечине при помощи крепежных элементов 3, а наличие пазов в поперечине допускает перемещение шаблона вдоль поперечины. Для увеличения срока службы шаблона 4 и получения более высокого качества формы ее рабочая поверхность выполняется из металлической пластины 5, прикрепленной к шаблону 4 болтами 6.

Используя описанную оснастку, можно отформовать, например, коническую отливку в твердой постели (рис. 6.18).

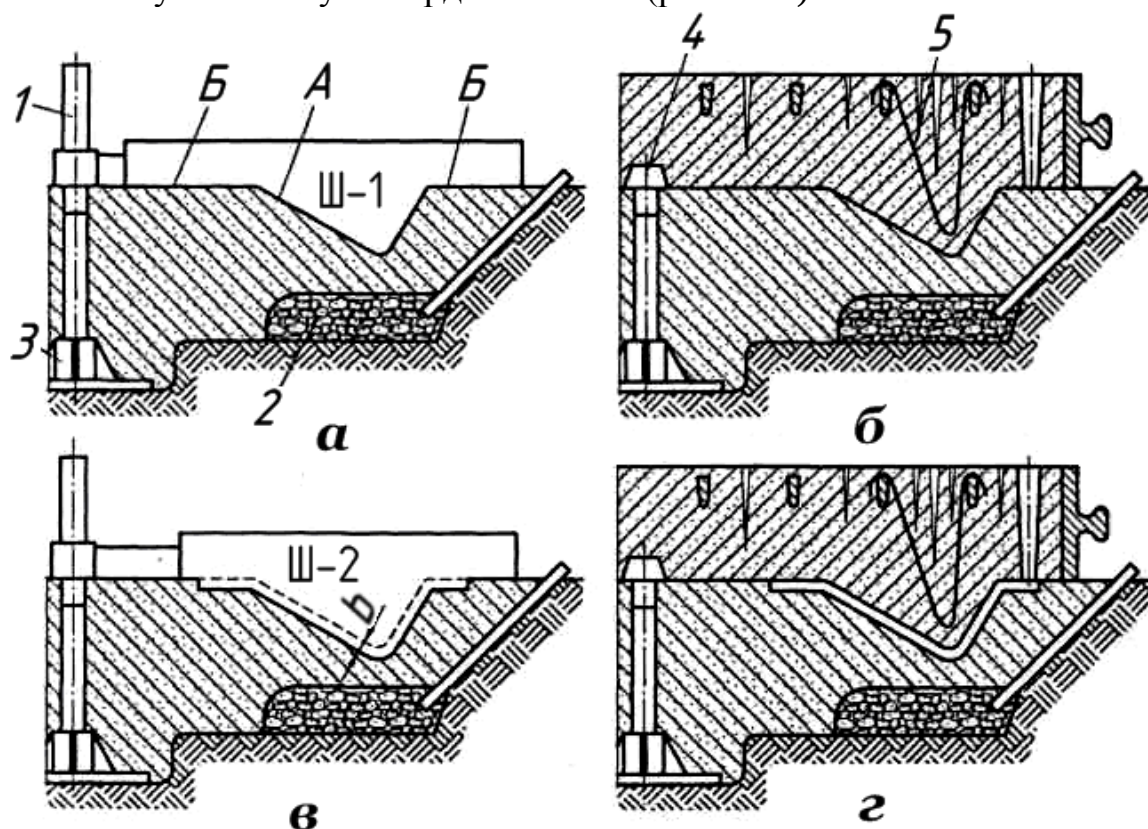


Рис. 6.18. Формовка вращающимися шаблонами: а – формовка шаблоном Ш-1; б – формовка верхней опоки; в – формовка шаблоном Ш-2; г – форма в сборе; 1 – ось; 2 – слой кокса; 3 – подпятник; 4 – пробка; 5 – крючок; А, Б – части шаблона Ш-1 соответственно для поверхности полости формы и поверхности разъема; б – толщина стенки отливки

В этом случае выкапывают яму сложного профиля. На дно ямы

устанавливают подпятник 3, в который помещают ось 1. Правильность установки оси проверяют при помощи уровня, который укладывают на поперечину, и, вращая ее, корректируют установку оси. Отливка представляет собой кольцо, поэтому слой кокса 2 выкладывают по форме отливки.

После уплотнения смеси формируют полость шаблоном Ш-1. При этом части *A* шаблона создают поверхность полости формы, а части *B* – поверхность разъема. Перед формовкой опоки верха ось вынимают из подпятника, образовавшееся отверстие закрывают пробкой 4. Углубление формы обкладывают бумагой или посыпают разделительным песком и заформовывают опоку верха. Крючки 5 придают большую жесткость. Заформованную опоку снимают, извлекают пробку 4 и устанавливают ось. Затем шаблоном Ш-2 выполняют дальнейшее вырезание полости в твердой постели на толщину стенки отливки *b*. Полость формы отделяют обычным образом и форму собирают под заливку. Вращающимися шаблонами можно формовать также в опоках и кессоне.

6.10. ФОРМОВКА В СТЕРЖНЯХ

При использовании метода формовки в стержнях полость формы целиком оформляется стержнями (рис. 6.19).

Получение формы из стержней дает возможность деления ее на простые элементы, изготовление которых в отдельности не представляет особых сложностей. Методом предусмотрены параллельное изготовление стержней и сборка форм. Трудоемкость выбивки по этому методу уменьшается. Лучшая газопроницаемость и большая прочность смеси по сравнению с формовочной позволяет получить и более качественные отливки.

Однако сравнительно высокая стоимость стержней приводит увеличению стоимости отливки. Поэтому этот способ в основном применяется для производства ответственных отливок сложной конфигурации, изготовление которых по моделям требует большого числа отъемных частей. На рис. 6.19 представлена форма для получения отливки ротора по технологии, разработанной на ОАО «Волжский автомобильный завод». Стержни предварительно собирают в кондукторе и скрепляют специальной шпилькой 2. Порядок сборки стержней соответствует их номерам Ст-1–Ст-6, т.е. первым в кондукторе устанавливают стержень Ст-1, последним – стержень Ст-6. Собранный пакет стержней устанавливают в нижнюю полуформу 3 и накрывают верхней полуформой 1. Форма в данном случае служит только для размещения в ней литниковой системы: литникового хода 5, дросселя 6 и прибылей 4. Если литни-

ковая система располагается в самих стержнях, то собранный пакет стержней подается на заливку в металлическом жакете, скрепленный либо струбцинами, либо планками со стяжками.

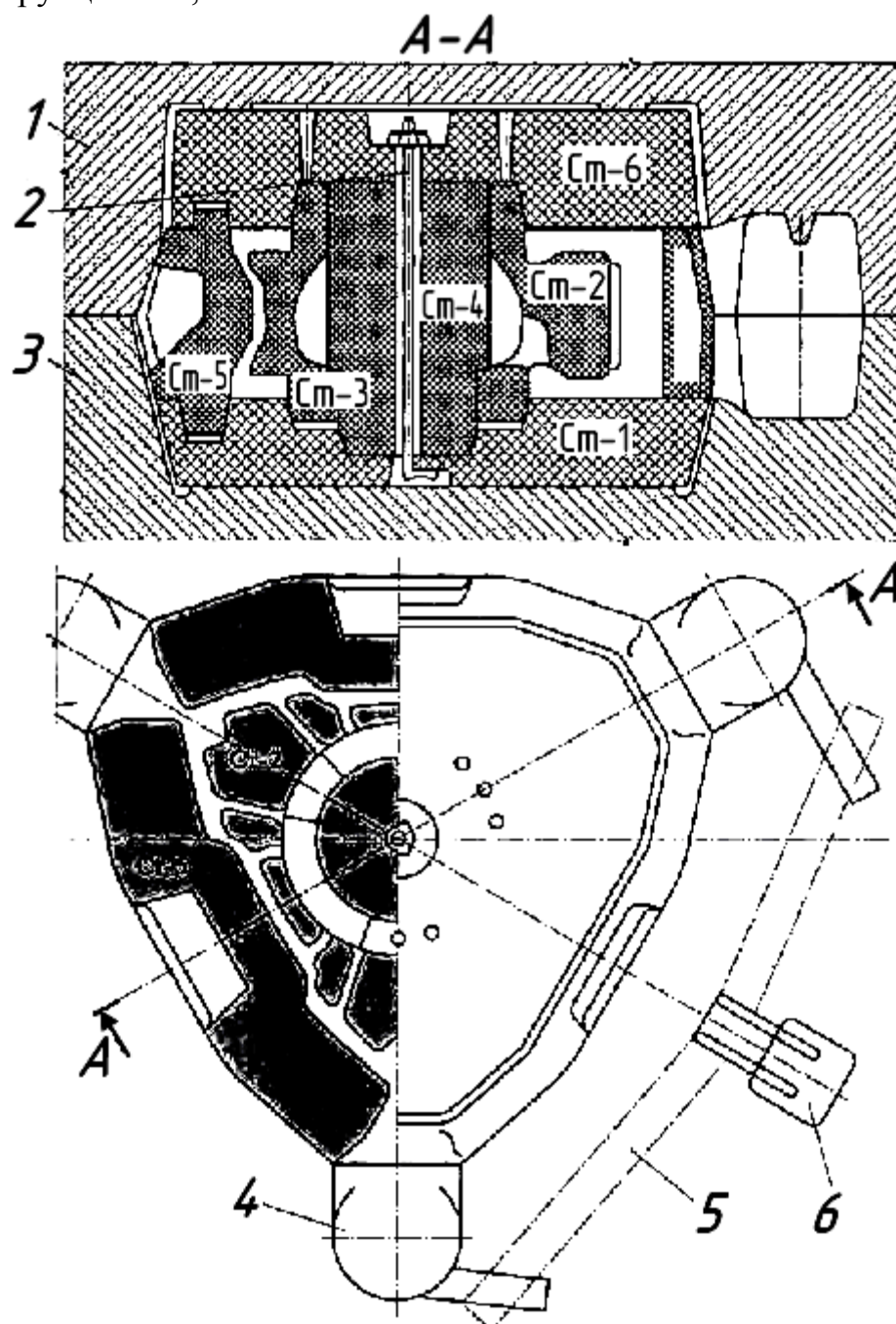


Рис. 6.19. Формовка в стержнях: 1 – верхняя полуформа; 2 – шпилька; 3 – нижняя полуформа; 4 – прибыль; 5 – литниковый ход; 6 – дроссель; Ст-1 – Ст-6 – стержни

В стержнях изготавливают отливки блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания, когда стержни предварительно собирают в кон-

дукторе и устанавливают в нижнюю полуформу.

6.11. ФОРМОВКА ПО СКЕЛЕТНЫМ МОДЕЛЯМ

Формовка по скелетным моделям схожа с формовкой протяжными шаблонами. Отличие заключается в том, что для снижения трудоемкости изготовления формы и повышения ее качества изготавливается скелетная модель, толщина бруса которой равна толщине стенки будущей отливки (рис. 6.20).

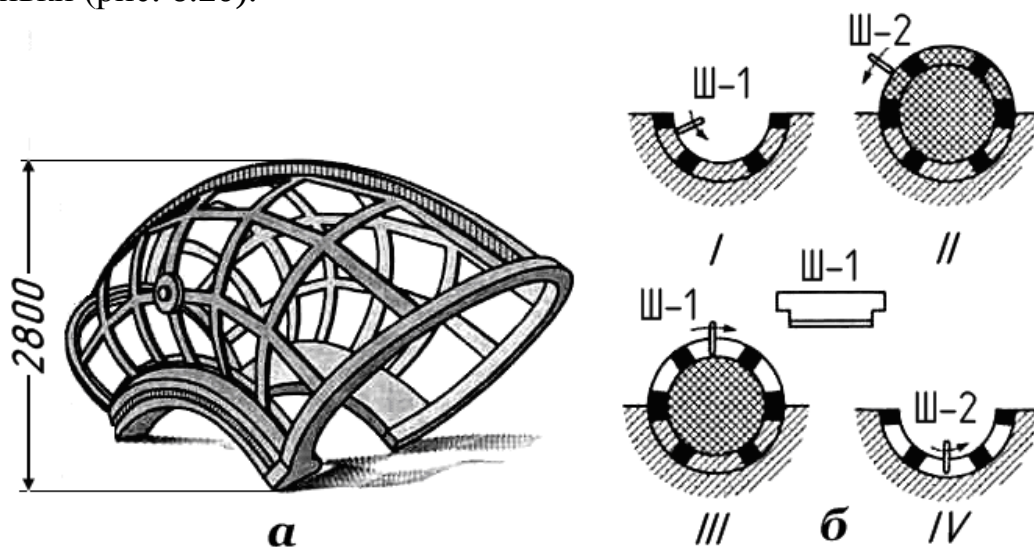


Рис. 6.20. Формовка по скелетным моделям: а – скелетная модель; б – последовательность операций формовки: I – формовка шаблоном Ш-1 полости для изготовления стержня; II – формовка шаблоном Ш-2 полости для изготовления внешних контуров отливки; III – формовка шаблоном Ш-1 верхней части стержня; IV – формовка шаблоном Ш-2 внешних очертаний отливки в нижней полуформе

В предварительно подготовленную постель устанавливают нижнюю часть каркасной модели, засыпают смесь и выполняют уплотнение до уровня чуть выше уровня толщины бруса, затем шаблоном Ш-1 снимают излишек смеси, тем самым, подготавливая полость для изготовления стержня. Затем прокладывают пергаментную бумагу, засыпают смесь в центре стержня и уплотняют ее. Устанавливают верхнюю часть скелетной модели, засыпают смесью и уплотняют до уровня выше толщины бруса, затем шаблоном Ш-2 удаляют излишек смеси, подготавливают модель для изготовления внешних контуров отливки, модель посыпают сухой отработанной смесью или графитом. Устанавливают опоку, которую фиксируют двойными деревянными колышками, элементы литниковой системы, после чего засыпают смесь и изготавливают верхнюю полуформу. Затем верхняя полуформа протягивается и отводится в сторону. Шаблоном Ш-1 выбирают смесь в окнах верхней скелетной

модели и заканчивают изготовление литейного стержня.

Снимают верхнюю скелетную модель, а стержень за вески каркаса вынимают из нижней полуформы и отправляют на сушку. Шаблон Ш-2 выбирают смесь в окнах нижней скелетной модели, тем самым формируют внешние очертания нижней полуформы.

Выполняя сборку формы, устанавливают сначала высушенный стержень, а затем верхнюю опоку по забитым ранее двойным деревянным колышкам.

6.12. ФОРМОВКА В ПОЧВЕ (КЕССОНАХ)

Почвой в литейных цехах называют слой специально подготовленной формовочной смеси определенной толщины, представляющий собой пол цеха. Изготовление литейных форм в почве называется почвенной формовкой. Почвенные формы делают открытыми или закрытыми. Простейшим способом почвенной формовки является формовка в сырой тощей формовочной смеси. Однако в почвенных формах изготавливают очень сложные и крупные отливки, при этом тщательно сушатся и применяются специальные смеси для сухой формовки. Для крупных форм в полу литейной часто готовят специальные облицованные плитами ямы или постоянные кессоны. Таким образом, развитием и совершенствованием элементарно простой почвенной формовки является ямная и кессонная формовка сложнейших и наиболее крупных фасонных отливок.

Кессон – большая яма, выложенная кирпичом или бетонированная, имеющая хорошую гидроизоляцию от грунтовых вод.

6.12.1. Формовка в мягкой постели

Для получения постели в полу литейного цеха выкапывают яму заведомо большего размера в плане, чем размеры модели (на 150... 200 мм). Дно и стенки ямы хорошо утрамбовывают и заполняют наполнительной формовочной смесью (рис. 6.21, *а*).

По краям ямы при помощи уровня устанавливают два металлических бруска 3, на которые укладывают деревянные 7 или металлические рейки. Высота реек выбирается в зависимости от необходимой плотности постели: чем выше должна быть плотность постели, тем больше высота реек. Образовавшийся объем засыпают через сито облицовочной смесью 2 и удаляют рейки.

Следующей операцией является осадка облицовочного слоя, что производится двумя рабочими с помощью линейки так: один рабочий прижи-

мает конец линейки к направляющему брусу, а второй рабочий поднимает другой конец и с силой опускает его на землю, после каждого уплотнения второй конец передвигается на новое место, и таким образом идет веерообразное уплотнение. Когда часть площади утрамбована, второй конец линейки ставится в неподвижное состояние, а уплотнение ведется за счет такого же движения первого конца, и так уплотняется вся постель, как показано на рис. 6.21, б (вид на «мягкую постель» сверху).

После выполнения этой операции производят срезание излишков смеси, для чего перемещают специальную линейку по брускам. В подготовленную таким образом постель осаживают модель 7, ударяя по ней деревянным молотком 8. При этом формовщик должен внимательно следить за тем, чтобы погружение модели осуществлялось равномерно, без перекосов.

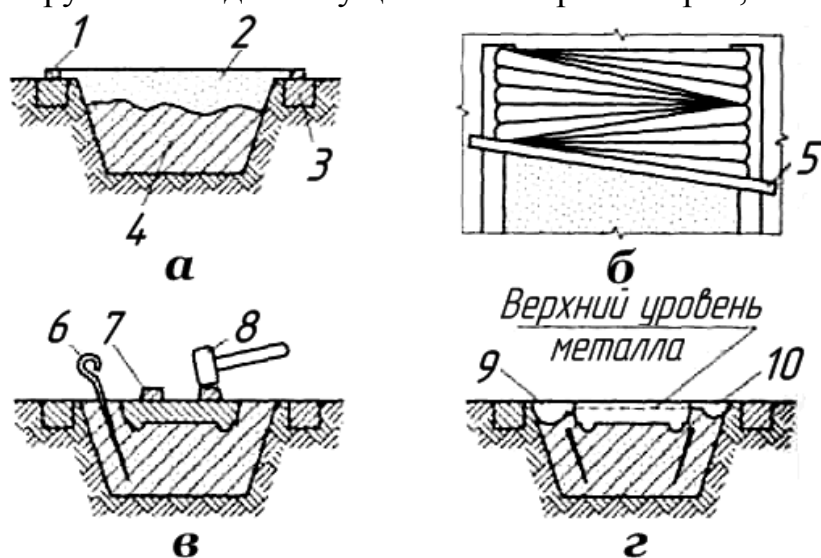


Рис. 6.21. Формовка в мягкой постели: а, б – изготовление постели; в – осадка модели; г – готовая форма; 1 – деревянная рейка; 2 – облицовочная смесь; 3 – металлический брусок; 4 – формовочная смесь; 5 – деревянная планка; 6 – вентиляционная игла; 7 – модель; 8 – молоток; 9 – приемная литниковая чаша; 10 – сливной резервуар

Модели, применяемые для формовки по мягкой постели, как правило, имеют небольшую высоту и плоскую поверхность. Это позволяет без особого труда осуществить их полное погружение. При этом под выступающими частями модели выкапывают углубления, что обеспечивает равномерное уплотнение смеси под всей моделью. После осаживания модели на всю ее высоту необходимо дополнительно уплотнить смесь с боков модели и срезать излишки смеси. В уплотненной постели вентиляционной иглой 6 накалывают вентиляционные отверстия по периметру модели для повышения газопроницаемости формы и предотвращения образования газовых раковин в отливке.

Для заливки жидким металлом вырезают приемную литниковую чашу 9 и сливной резервуар 10. Появление металла в резервуаре 10 является сигналом того, что форма заполнена металлом. Если сливной резервуар не сделать, то возможно получение такого брака, как залив на отливке.

Далее модель извлекают, предварительно смочив формовочную смесь по ее (модели) периметру для предотвращения подрыва краев формы при извлечении модели. Для получения чистой отливки полость формы припыливают графитовым порошком или окрашивают графитовой краской с последующей подсушкой.

Описанный метод применяется для получения таких деталей, как каркасы для стержней, печные и строительные плиты и т. п.

Примеры открытой почвенной формовки. На рис. 6.22 представлена мягкая постель с разными формами литых каркасов. Справа рисунки готовых каркасов. Форма для каркасов изготавливается сырая.

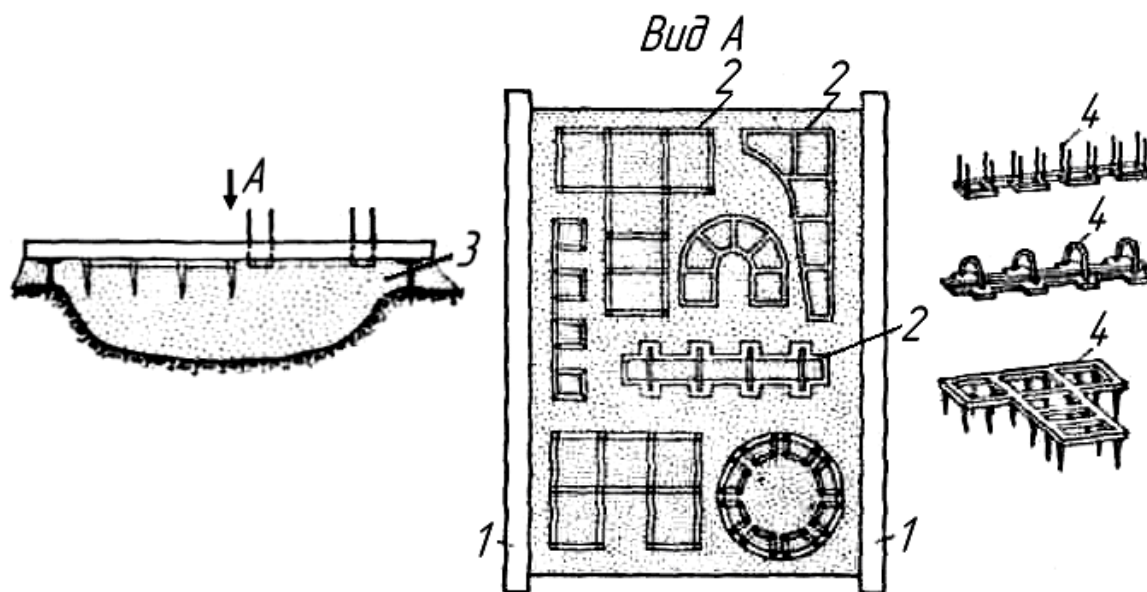


Рис. 6.22. Формовка каркасов в мягкой постели: 1 – направляющая рейка; 2 – открытые формы для стержневых рамок; 3 – мягкая постель; 4 – отлитые чугунные рамки-каркасы.

Нередко в открытых формах изготавливают весьма ответственные детали. Изложницы отливают в открытых формах, если их применяют без специальных прибыльных надставок. Втулки, цилиндры и им подобные детали отливаются в открытых почвенных формах, но в этих случаях отливки имеют открытую кольцевую прибыль, которую впоследствии удаляют.

На рис. 6.23 форма поддона изложницы для разливки стали сверху. Форма сухая и тщательно вентилируется душниками.

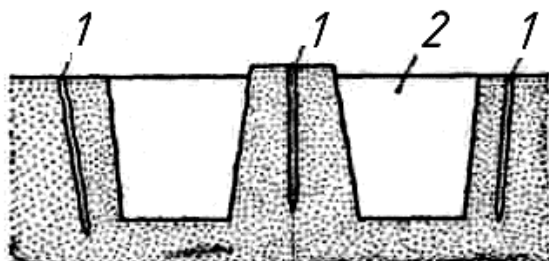


Рис. 6.23. Форма поддона изложницы: 1 — газоотводные каналы; 2 — полость формы

Закрытая почвенная формовка с мягкой постелью применяется при изготовлении мелких отливок, а при изготовлении крупных — с твердой постелью. Недостатком открытой формовки является получение верхней поверхности неровной с засорами и нередко с раковинами; кроме того, в открытых формах нельзя изготовить отливки с фасонной (не плоской) верхней поверхностью. Закрытая формовка исключает эти недостатки.

Формовка чугунных изложниц Схемы форм изложниц (рис. 6.24, а) для слитков весом от 1 до 4 т, (рис. 6.24, б) для слитков весом от 5 до 20 т.

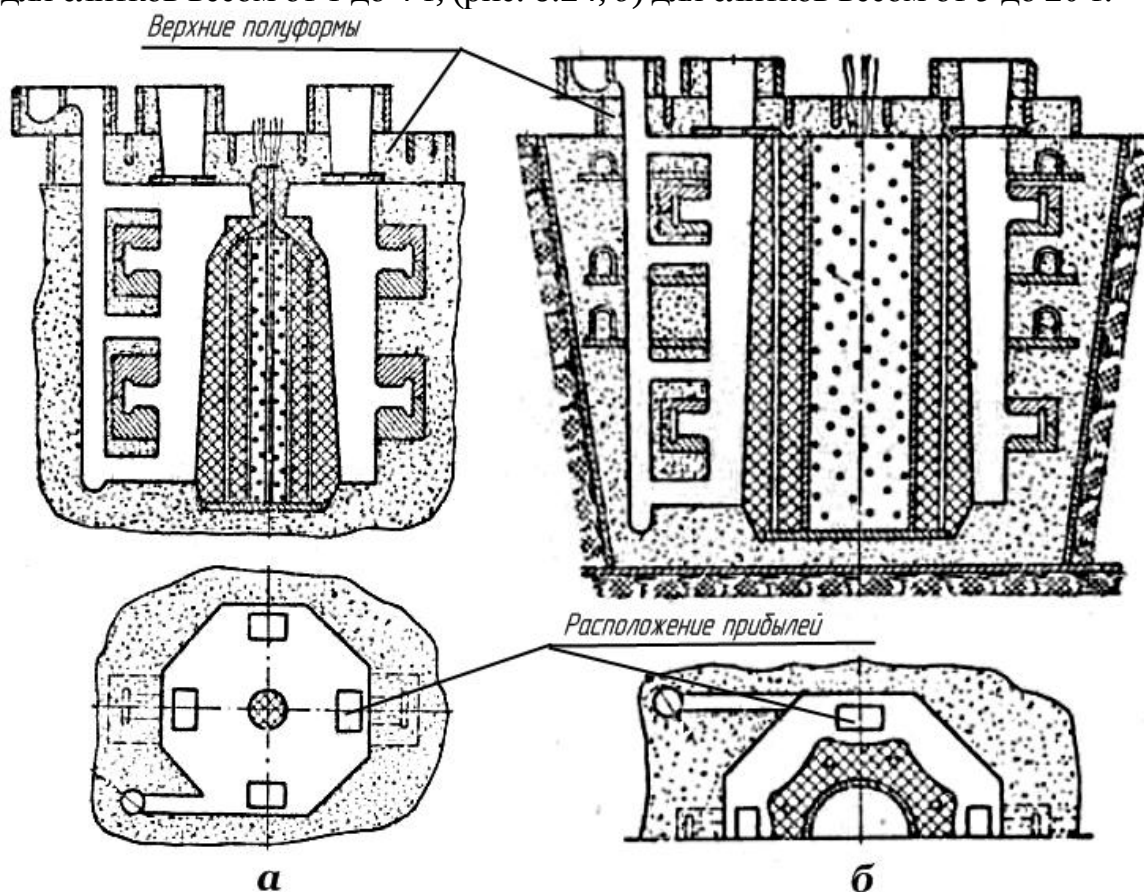


Рис. 6.24. Формы чугунных изложниц:
а — для слитков весом от 1 до 4 т; б — для слитков весом от 5 до 20 т

На схемах рис.6.24, *а*, и *б* верхние полуформы сняты, расположение прибылей на видах сверху показано условно.

Яма для этих форм готовится таких размеров, чтобы при набивке пневматической трамбовкой вокруг модели мог свободно ходить формовщик. Для крупных изложниц во избежание ухода металла яма бронируется прямоугольными чугунными плитами, а лучше формовать крупные изложницы в кессонах.

Начинают формовку с того, что на дно кессона насыпают облицовочную смесь и готовят тщательно уплотненный слой толщиной 100–150 мм. После выравнивания этого слоя устанавливается модель и начинается набивка стенок формы.

Таким образом, специальной твердой постели под формой не делается, а отвод газов вверх производится через стержень. Уплотнение стенок формы, как и при изготовлении почвенных форм, производится очень тщательно, смесь для уплотнения засыпается слоем не более 100 мм. Для облегчения и ускорения откапывания отливки при набивке вокруг модели на расстоянии 100–200 мм забиваются чугунные секторы или кольца с проушинами; эти кольца одновременно служат для формы упрочняющей арматурой.

После набивки формы и удаления модели форма отделяется, красится и сушится при температуре 380–400 °С в течение 5 час. Затем форма вторично красится и сушится при температуре 280–320 °С.

Верхняя опока набивается обычным путем, оригинальным является применение легкоотделяемых прибылей. При сборке стержневой каркас крупных изложниц забивается гарью. В стержнях мелких изложниц подъем проходит внутри каркаса и готовится из круглого железа диаметром 30 мм, подъем выступает над собранной формой и служит для фальшивого нагружения стержня. В остальных стержнях подъемами служат сами каркасы, для чего в верхней их части предусмотрены отверстия 80–100 мм. Для облегчения удаления газов каркасы имеют круглые отверстия по 20–30 мм, расположенные в шахматном порядке с шагом 120 мм. Особо ответственной задачей является изготовление центрального стержня. Каркас перед установкой обматывается соломенным жгутом толщиной 30–40 мм; по углам граней устанавливаются для образования газоотводных каналов стержни диаметром 30 мм; в процессе набивки от прутьев к патрону по мере надобности прокладывается солома и через каждые 200–300 мм по высоте вставляется арматура в виде колец из проволоки толщиной 8–10 мм.

После набивки вынимаются прутья, а образовавшиеся каналы соединяются соломой с общим газоотводом. Затем освобождают стержень от

ящика и с целью дальнейшего улучшения вентиляций производят накалывание его душником (диаметр душника 6–8 мм, шаг накалывания 50–60 мм, глубина – до каркаса). Не заделывая наколов, стержень отправляют в сушку. После сушки его проверяют шаблоном, затирают трещины и наколы глиной, замывают, красят и повторно сушат. Все остальные стержни для изложниц готовятся обычным способом.

Перед установкой центрального стержня в форму в стержневом знаке прокладывается валик из густой огнеупорной глины. Зазор по периметру знака засыпается сухим песком.

6.12.2. Формовка в твердой постели

Технология формовки в мягкой постели исключает получение крупных и высоких отливок из-за возможного возникновения газовых раковин, подутия и других дефектов. Для изготовления таких отливок применяют формовку в твердой постели.

На рис. 6.25. показана твердая постель, подготовленная к формовке.

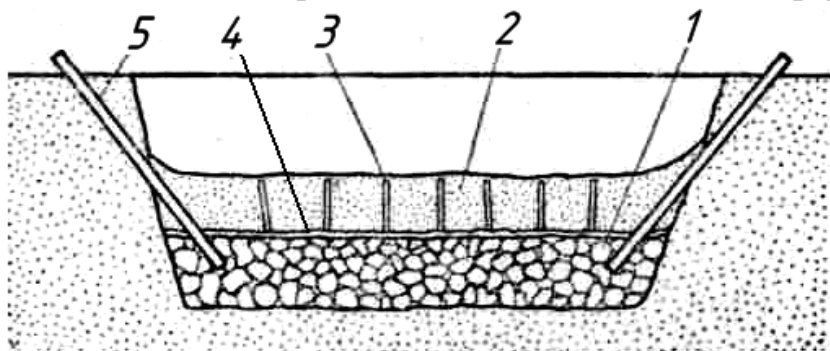


Рис. 6.25. Твердая постель, подготовленная к формовке: 1 – слой кокса; 2 – формовочная смесь; 3 – вентиляционный канал; 4 – мешковина; 5 – труба

В полу литейного цеха выкапывают яму, глубина которой превышает высоту модели на 300... 500 мм. Дно и стены ямы тщательно утрамбовывают, на дно засыпают слой кокса 1 и утрамбовывают его. Этот слой является твердой постелью. По стенкам ямы укладывают трубы 4 так, чтобы нижний их конец соприкасался со слоем кокса, а верхний – находился выше уровня пола. На слой кокса настилают мешковину 5, далее засыпают формовочную смесь 2. Слой формовочной смеси тщательно утрамбовывают сначала набойками, а затем формовочными трамбовками и при помощи вентиляционных игл накалывают вентиляционные каналы 3. Вентиляционные каналы, слой кокса и трубы служат для отвода газов, которые

образуются при нагреве формы расплавленным металлом. Газы, выходящие из трубы после заливки металла в форму, поджигают. Лучшая газопроницаемость и высокая прочность коксового слоя достигаются, если размеры кусков кокса находятся в пределе 50...70 мм;

В подготовленной твердой постели осуществляют формовку: устанавливают модель, слегка осаживают ее и заполняют свободные места формовочной смесью, которую уплотняют. Как правило, формовка в твердой постели выполняется с верхней опокой. На рис. 6.26 показана формовка конической детали.

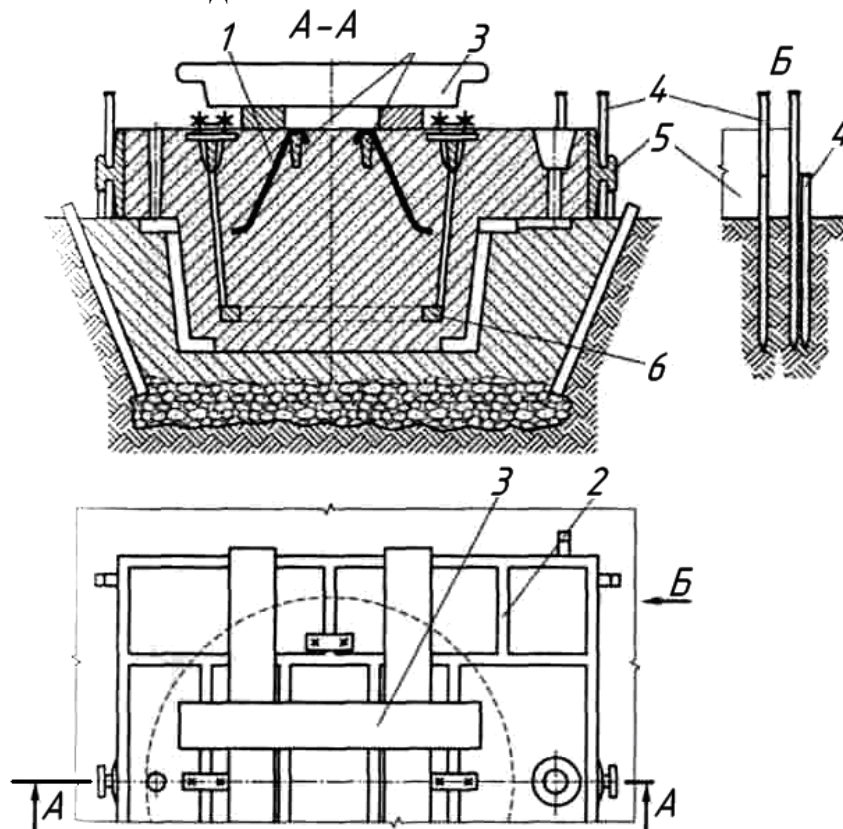


Рис. 6.26 Формовка конической детали: 1 – проволочный крючок; 2 – крестовины опоки; 3 – груз; 4 – клинья; 5 – опока; 6 – каркас

Поверхность лада твердой постели посыпают отдельным песком, устанавливают опоку 5 и центруют ее при помощи клиньев 4, забивая их в соответствии с видом Б, показанным на рис. 6.26. Точность такого центрирования оказывается достаточной и не приводит к большим перекосам и сдвигу формы при сборке. Затем устанавливают модели литниковой системы и заформовывают верхнюю опоку. При малой высоте опоки и больших размерах в свету, значительно превышающих ее высоту, возможно вываливание смеси из опоки при проведении сборочных операций под действием собственного веса или ее выдавливание при выполнении операции заливки

смеси под действием давления заливаемого металла. Поэтому в таких случаях применяют опоки с крестовинами 2, которые удерживают смесь. Кроме того, на крестовины навешивают проволоочные крючки 1, которые также служат для удержания смеси. Для лучшего сцепления со смесью крючки смачивают жидким раствором глины или сульфитной бардой.

Для удержания больших выступающих частей («болванов») придания им прочности применяют каркасы 6, которые соединяют с крестовинами болтами. Заформованную верхнюю опоку снимают и извлекают модели, отделяют и окрашивают полость формы. После установки верхней полуформы на нее накладывают грузы 3, которые предотвращают ее подъем при заливке металла в форму. Грузы следует накладывать так, чтобы они опирались на опоку, в противном случае может произойти выдавливание формы.

К достоинствам формовки в твердой постели следует отнести возможность получения отливок больших размеров и удовлетворительного качества, простоту оборудования, доступность материалов.

6.13. ПРОИЗВОДСТВО КРУПНЫХ СТАЛЬНЫХ И ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК

Понятие «крупная отливка» является относительным. В зависимости от производственных возможностей предприятий по изготовлению крупногабаритных литых деталей последние относят к группам крупных, средних и малых отливок.

В условиях заводов, производящих оборудование для тяжелой промышленности, к группе крупных отливок относят литые детали, наибольшие размеры которых превышают 2500 мм, массой более 5–10 т. При изготовлении отливок большей массы, особенно более 40–50 т, резко возрастает потребная мощность грузоподъемных средств для обслуживания участков формовки, заливки, очистки и термической обработки отливок. Это, в свою очередь, вызывает необходимость в оснащении такого производства соответствующим уникальным оборудованием.

Крупные отливки обычно изготавливают в единичном исполнении или же малыми партиями. Процесс обработки таких отливок является длительным. В этих условиях технологи литейного производства лишены возможности совершенствовать новый технологический процесс на основе результатов проверки первой отливки. Кроме того, при изготовлении толстостенных отливок, например станин рабочих клеток прокатных станов с толщиной стенок до 800 мм, не всегда возможно вы-

явить внутренние дефекты сплошности методами просвечивания рентгеновскими или гамма-лучами. При использовании же ультразвука для этих целей неоднородность кристаллического строения, естественная для массивных сечений, может восприниматься как дефект сплошности стали. Тем не менее, следует учитывать, что современные методы дефектоскопии металлических изделий находят все большее применение и при производстве крупных стальных отливок, таких, например, как детали паровых турбин, корпусные детали морских судов, в связи с непрерывным ростом технических требований к качеству отливок. Стоимость изготовления крупной отливки весьма высока. Изготовление последующей такой же отливки в случае забракования первой вызывает длительную задержку выполнения заказа на поставку оборудования и таким образом отрицательно влияет на работу всего предприятия.

По своей значимости каждый новый технологический процесс изготовления уникальной стальной отливки соответствует требованиям, предъявляемым к конструкторским разработкам технических проектов сложных машин и узлов, тем более что в разработке такого технологического процесса участвуют специалисты разного профиля, в том числе в области литейного производства, выплавки стали, термической обработки, сварки металлов.

Качество отливки во многом зависит от способа изготовления литейных форм. Более предпочтительным является машинный способ формовки. В данном разделе рассмотрены особенности технологии производства крупных отливок, которые в определенных условиях невозможно изготавливать методами машинной формовки.

6.13.1. Совершенствование технологических процессов изготовления крупных литейных форм

Процесс изготовления литейных форм основан на применении универсальных методов производства. В связи с большим количеством формовочной смеси, расходуемой на изготовление крупной литейной формы, а также огромной массой составных частей формы метод ручной формовки сочетается с широким использованием таких средств механизации производственных процессов, как непрерывный транспорт формовочных смесей непосредственно к рабочему месту, грейферы для уборки отработанной смеси и рытья котлованов, различные грузоподъемные механизмы и т. д. Повысился уровень механизации стержневых работ, особенно после применения пескометов, и легко уплотняемых холодно самотвердеющих смесей (ХТС) при изготовлении крупных стержней.

Реализованные средства механизации процессов формовки крупных литейных форм не освободили обслуживающий персонал от выполнения большого числа ручных операций и, следовательно, еще недостаточно облегчили труд рабочих.

Основой решения задачи полной механизации процессов производства литейных форм является расчленение технологического процесса на такое число однотипных технологических операций, которое позволило бы каждую из них выполнять на специальном высокопроизводительном оборудовании, используемом одновременно для самой разнообразной номенклатуры литых деталей.

В применении к крупным литейным формам, которые нельзя изготавливать на формовочных машинах в парных опоках, перспективно расчленение литейной формы на однотипные составные части унифицированных размеров, собрав которые, можно было бы получить необходимые внешние и внутренние контуры формы, не прибегая к ручной набивке ее частей. В данном случае работа формовщика должна свестись к сборке формы из крупных составных частей. Такой способ изготовления крупной литейной формы будет отличаться от обычно принятого способа формовки в стержнях созданием условий для получения минимально возможной протяженности стыков стержней и повышения точности соединения самих стержней.

Литейщики уже получили возможность применять легко уплотняемые самотвердеющие смеси (ХТС) при изготовлении крупных литейных форм, используя их (смеси) в качестве облицовочного материала или наполнителя, соединяющего в одно целое систему составных частей крупной формы. При этом условии зазор между внешней частью формы, собранной из оболочковых составных частей, и окружающим ее кожухом может быть сделан самым минимальным из расчета проникновения в него легко уплотняемого самотвердеющего наполнителя. Этот процесс обладает наибольшими преимуществами в условиях производства крупных форм, особенно изготавливаемых в почве.

ХТС можно применять при изготовлении крупных форм как по модели, так и собираемых из стержней. Использование этих смесей открывает широкие возможности для изготовления из них и самих стержней, упраздняя такую тяжелую и трудоемкую операцию, как уплотнение формовочной смеси. Одним из важнейших преимуществ ХТС является невозможность исказить контур и размеры стержня после выемки его из стержневого ящика. Это имеет большое значение для обеспечения размерной точности изготавливаемой отливки, а также «собираемости» формы, состо-

ящей из многих стержней, и получения минимальных зазоров между знаками смежных стержней, от величины которых зависит устойчивость стержней, возможность смещения и образования заливов металла.

Последнее обстоятельство позволяет использовать ХТС для изготовления блочных форм, т. е. форм, собираемых из крупных составных частей-блоков, которые в принципе могут состоять и из группы стержней, соединенных между собой любыми известными методами. Производство таких блоков может быть организовано на специализированном участке, откуда готовые блоки будут передаваться на участок сборки форм.

Повышение уровня механизации формовочных работ зависит от размера партии изготавливаемых отливок. Для деталей, изготавливаемых даже небольшими партиями, но ежегодно повторяемых в производстве, может оказаться рентабельным применение специальной оснастки, например жакетов определенного типоразмера при изыскании возможности использования этих жакетов и для других, близких по размерам, стержней.

При изготовлении уникальных отливок, масса которых достигает 100 т и более, особое значение придается такой совокупности свойств литейной формы, которая гарантировала бы безопасные условия заливки последней металлом, т. е. без выбросов и без ухода металла из формы. Разумеется, что прочие требования, обуславливающие получение высококачественной отливки, предъявляются в равной мере к любому технологическому процессу независимо от размеров и массы детали.

Улучшение технологичности конструкции литой детали. Конструкция стальных литых деталей должна отвечать определенным технологическим требованиям, которые сводятся к следующему:

- придание стенкам литых деталей таких геометрических форм, которые обеспечивали бы создание условий направленного затвердевания стали в литейной форме;
- сохранение свободного доступа к внутренним полостям отливки для выполнения операций выбивки стержней, очистки поверхности, контроля качества, удаления и исправления дефектов;
- упрощение геометрической формы детали, позволяющее применять минимальное число стержней, создавая при этом надежные условия для удержания стержней в знаках формы;
- создание плавных переходов в толщинах стенок, учитывая, что с увеличением размеров отливки резко возрастает значение местных концентраторов напряжений как очагов образования трещин;
- расширение по возможности поперечного сечения внутренних

полостей для предупреждения образования трудноудаляемого пригара, так как тонкие стержни замедляют процесс затвердевания и охлаждения отливки.

При проектировании крупногабаритных литых деталей большое значение имеет возможность уменьшения их размеров путем расчленения детали на составные части, соединяемые впоследствии сваркой. Определение преимуществ изготовления крупногабаритных деталей в цельнолитом или сварнолитом исполнениях является сложной задачей, при решении которой необходимо учитывать не только себестоимость отливки, но и другие факторы, например стоимость изделия в целом, длительность общего производственного цикла, эксплуатационную стойкость детали и т. д.

Наибольшие преимущества создания сварнолитой конструкции достигаются:

- если при минимальном числе составных частей возможно изготовление их методами машинной формовки;
- упрощаются условия получения заданной точности размеров отливки;
- предотвращается образование горячих трещин, коробления и резко улучшаются условия питания отливки.

Таким образом, решая вопрос о целесообразности создания сварнолитой детали, необходимо в каждом случае исходить из реальных возможностей изготовления отливки наибольшей массы и сопоставления объективных данных по циклу изготовления готового изделия, а также по технико-экономическим показателям производства отливки по разным вариантам конструкции.

В настоящее время, несмотря на возможность повышения уровня механизации формовочных работ, самым надежным и универсальным остается еще обычно принятый способ формовки крупнейших отливок в кессонах. Это не значит, что данный способ является единственно целесообразным. Нет сомнения, что и другие способы изготовления крупных форм окажутся не менее надежными, особенно формовка в жакетах, в механизированных кессонах.

6.13.2. Конструкция литейных кессонов

Внутренний контур литейного кессона представляет собой внешние стенки нижней части неподвижной литейной формы, изготавливаемой в почве. Верхнюю плоскость кессона располагают на уровне пола цеха. Стенки кессона делают водонепроницаемыми, чтобы избежать проникновения грунтовых вод в его полость.

Кессоны – это глубокие железобетонные водонепроницаемые со-

оружения, опирающиеся на плотный грунт. В необходимых случаях стенки кессона с внутренней стороны облицовывают огнеупорным кирпичом с тем, чтобы такой кессон можно было использовать также для сборки и заливки крупных форм, изготавливаемых в опоках. При проектировании кессонов учитывают глубину залегания грунтовых вод на участке формовки и в зависимости от этого предусматривают соответствующее устройство гидроизоляции. Даже в тех случаях, когда грунтовые воды залегают на глубине 5–6 м, необходимо устройство гидроизоляции. Это гарантирует безопасные условия работы в цехе даже при случайных утечках воды из водопроводной или канализационной сетей.

В стенках кессона монтируют металлические элементы крепления, посредством которых верхнюю полуформу прочно соединяют с кессоном, чтобы предупредить возможность подъема ее напором жидкой стали, заливаемой в форму. Толщину стенок кессона определяют исходя из условия, что они должны противостоять действию нагрузок, включающих массу набиваемой формовочной смеси, опок, залитой в форму стали и массу грузов, если их укладывать сверху, помимо крепления формы к стенкам кессона. Кроме того, необходимо учитывать боковые усилия, т.е. усилия распора, возникающие при уплотнении формы и последующем заполнении ее жидкой сталью. О значении этих усилий можно судить по тому, что при изготовлении крупных отливок высотой 3–4 м нижние части стенок формы воспринимают давление до 3 кгс/см^2 . Несмотря на то, что кессон обычно засыпают с внешней стороны отработанной формовочной смесью, противодействие последней не учитывают при расчете толщин его стенок. Это позволяет гарантировать безопасные условия труда на участке почвенной формовки даже в тех случаях, когда рядом с кессоном изготавливается непосредственно в почве другая глубокая форма.

Кессоны бывают одностенные и многостенные. В последнем случае кессон разделяют на отдельные секции съемными перегородками. Перегородки устанавливают в пазы, выполненные в стенках кессона на разных расстояниях по его длине. Это позволяет изменять размеры секций кессона в зависимости от длины или ширины модели. В многостенном кессоне можно одновременно изготавливать несколько отливок. В связи с длительностью цикла производства крупных отливок одноименные технологические операции выполняют в многостенном кессоне непараллельно. При этом возможны, например, такие сочетания в занятости смежных секций кессона, при которых в одной из секций форма уже подготовлена к заливке, а во второй только что приступают к набивке формовочной смеси. Поскольку в

подобных случаях съемная перегородка, отделяющая рассматриваемые смежные секции, может воспринимать односторонние усилия от распора формовочной смеси и последующего напора жидкого металла, залитого в форму, прочности и плотности соединения этих перегородок со стенками кессона всегда должно придаваться исключительное значение.

Таким образом, состояние литейного кессона должно отвечать следующим требованиям: гидроизоляции, отсутствию повреждений, ослабляющих прочность стенок, исправности элементов крепления, плотности соединения сменных перегородок, сохранению в горизонтальной плоскости верхней торцевой поверхности стенок, совмещаемой с плоскостью разъема формы.

6.13.3. Формовка в литейных кессонах

При формовке в почве наиболее трудоемкой, сложной и ответственной является операция уплотнения формовочной смеси. При использовании песчано-глинистых формовочных смесей эту операцию выполняют преимущественно вручную, т. е. с применением пневматических трамбовок. При этом учитываются повышенные требования, предъявляемые к качеству крупных литейных форм, стенки которых должны в течение длительного времени противостоять действию высокого напора жидкой стали, быть термостойкими и в то же время податливыми и газопроницаемыми.

Изготовление формы в почве начинают с твердой постели. Эта часть формы, помимо наибольших нагрузок, приходящихся на нее во время сборки и заливки сталью, должна беспрепятственно пропускать выделяющиеся газы, которые не могут быть выведены из формы другими путями. С учетом указанных требований твердую постель устраивают, как описано выше. Сверху набивают слой облицовочной смеси толщиной 60–150 мм.

В кессон помещают модель и приступают к набивке остальной части формы. Если нижняя поверхность модели плоская, то еще до ее установки в форму выравнивают по линейке уплотненный слой облицовочной формовочной смеси. На эту готовую поверхность формы устанавливают модель, нагружают ее и продолжают набивку остальных частей формы. Но значительно сложнее изготовление формы, если нижняя поверхность модели оказывается не плоской, а криволинейной.

Для облегчения набивки нижних частей формы, расположенных под моделью, внутреннюю полую часть модели делают открытой, а в нижней ее части оставляют окна, через которые можно набивать труднодоступные части.

При очень сложной геометрической форме нижней поверхности модели и в тех случаях, когда некоторые части формы оказываются недоступными для набивки сбоку или через окна в модели, целесообразно нижнюю часть формы выполнить с применением стержней. Тогда низ модели делают гладким и форму начинают набивать так же, как в первом случае. Исключение может составлять применение местных выступающих знаков, которые нужно делать отъемными с совмещением верхнего уровня их с гладким основанием модели. При этом во время набивки нижнего лада формы указанные знаки размещают по шаблону с тем, чтобы они совпали в дальнейшем с заданным местом их совмещения с моделью.

Если модель имеет форму тела вращения, то при изготовлении единичных отливок формовку можно выполнять одновременно по модели и по шаблону. При этом нижнюю поверхность формы затачивают по шаблону и по ней базируют модель, оформляющую остальные части поверхности отливки. Шаблонную формовку применяют и при наличии на затачиваемой поверхности местных выступающих частей или впадин. Эти части заформовывают с применением отъемных частей модели, размещаемых в форме по специально изготовляемым для данной цели шаблонам. Когда же возникает трудность правильного расположения отъемных частей модели и не достигается снижения стоимости изготовления модельного комплекта, всю нижнюю поверхность модели выполняют в виде общего знака. Число стержней, оформляющих контур нижних стенок будущей отливки, намечают в зависимости от геометрической формы и размеров литой детали, учитывая возможный способ их изготовления. При изготовлении крупных единичных отливок иногда применяют скелетные модели, используемые одновременно и для набивки стержней непосредственно в форме. При этом достигается значительное снижение стоимости модельной оснастки. Применение скелетных моделей увеличивает трудоемкость формовочных работ, но является особенно целесообразным при ограниченных сроках изготовления отливки, а также в тех случаях, когда из-за сложности конфигурации отливки возникают трудности построения и получения по стержневым ящикам внутреннего контура поверхности отливки.

В условиях почвенной формовки практически исключена возможность специальной проверки качества выполнения всех технологических операций изготовления литейной формы, полностью отвечающей требованиям получения годной отливки. Эти требования могут быть выполнены лишь рабочими – изготовителями формы, имеющими наивысшую квалификацию и большой производственный опыт в данной области. При изготовлении форм в почве следует учитывать, что даже мелкие упущения в работе могут вызвать непоправимые последствия.

Изготовления формы для отливки архитрава. Основные размеры детали представлены на рис. 6.27. Отливается архитрав из стали 35Л ГОСТ 977, черновой вес отливки 145,5 т, а потребный вес жидкого металла 209 т. Модель отливки разнимается на части I–IV (рис. 6.28); в модельный комплект входят девять стержневых ящиков (для 24 основных стержней и 14 стержней для образования транспортировочных цапф диаметром 250 мм), а также шаблоны сборочные и для проверки стержней. Модель изготовлена с учетом усадка 1,2 % по длине и ширине, а по высоте 0,8 %.

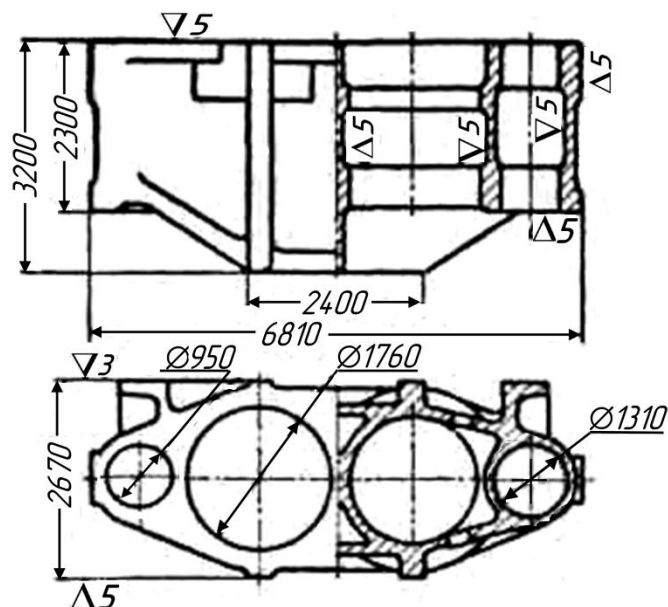


Рис. 6.27. Основные размеры детали архитрава

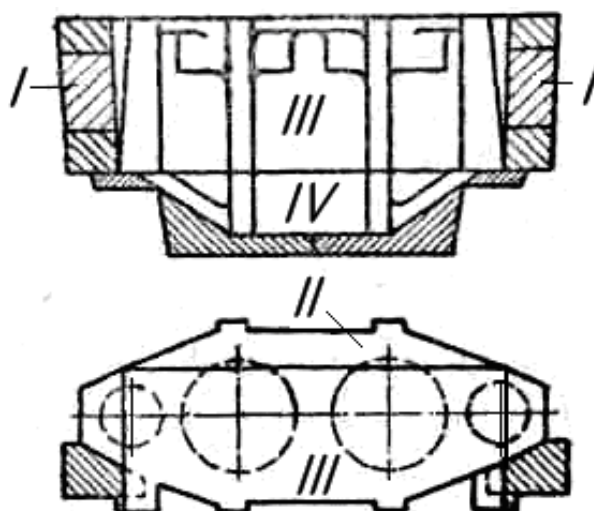


Рис. 6.28. Схема модели отливки.

Форма для архитрава (рис. 6.29) изготавливается в кессоне со стенками из литых стальных плит.

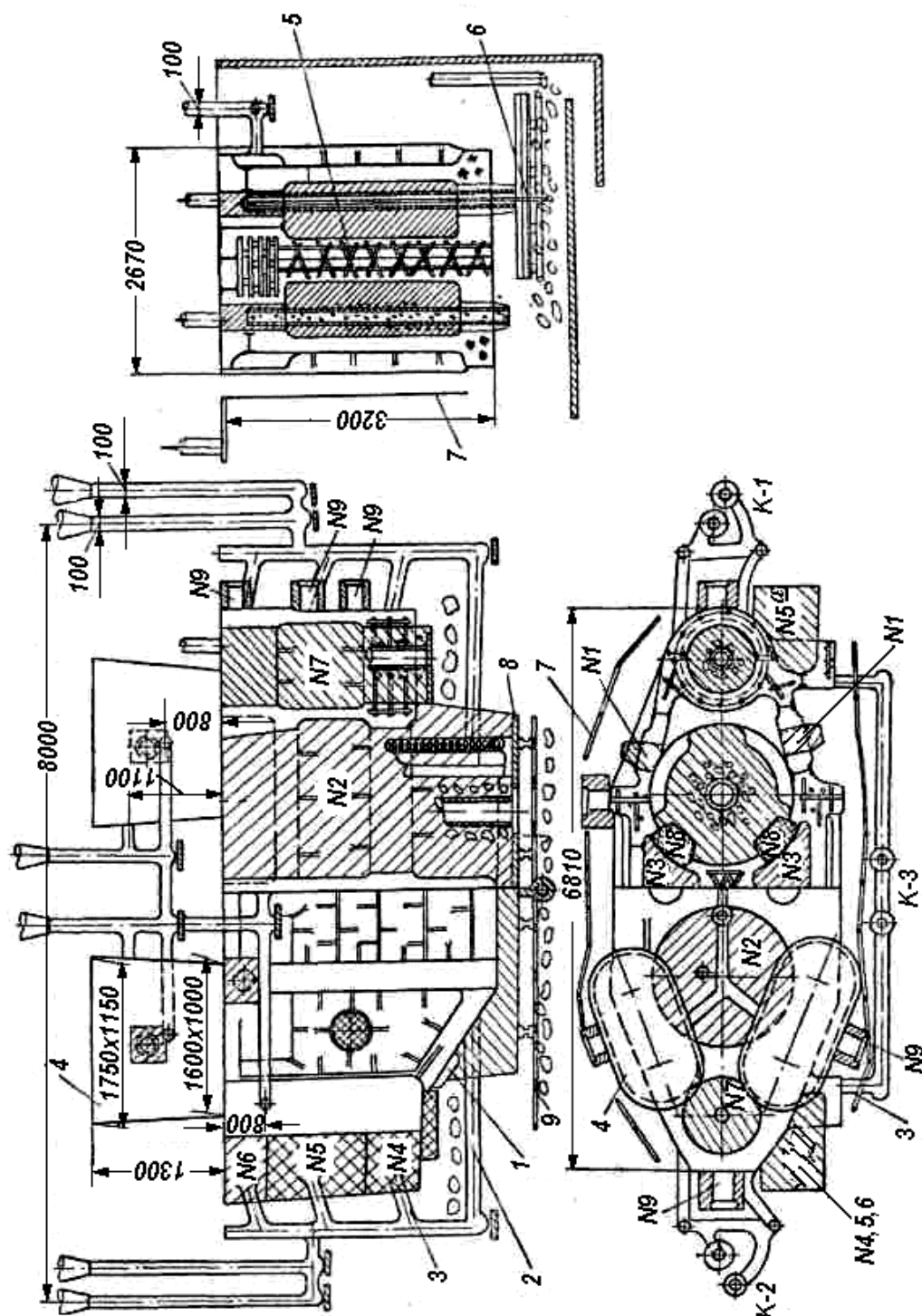


Рис. 6.29. Форма архитрава: 1 – пробы; 2 – питатели 46 x 120 мм, 2 шт.; 3 – питатели 14 шт.; 4 – прибыли; 5 – внутренние холодильники; 6 – болт $d = 35 \div 40$ мм для крепления стержня; 7 – вентиляционные каналы; 8 – плита арматуры стержня; 9 – решетка; № 1–9 – стержни; K-1, K-2, K-3 – ковши

Подготовка дна кессона состоит в следующем: на тщательно уплотненный и выровненный слой высотой 400–450 мм из наполнительной смеси укладываются две ребристые плиты размером 3 х 3 м и на них готовится постель с толщиной слоя 100–120 мм из крупных кузнечных огарков. Для вывода газов ставятся четыре трубы диаметром 100–150 мм. Под знаки стержней № 3 (рис. 6.29) укладываются решетки, выступающие своими краями за модели, они служат для крепления к ним болтами этих стержней. На рис. 6.30 представлен вид стержня № 3.

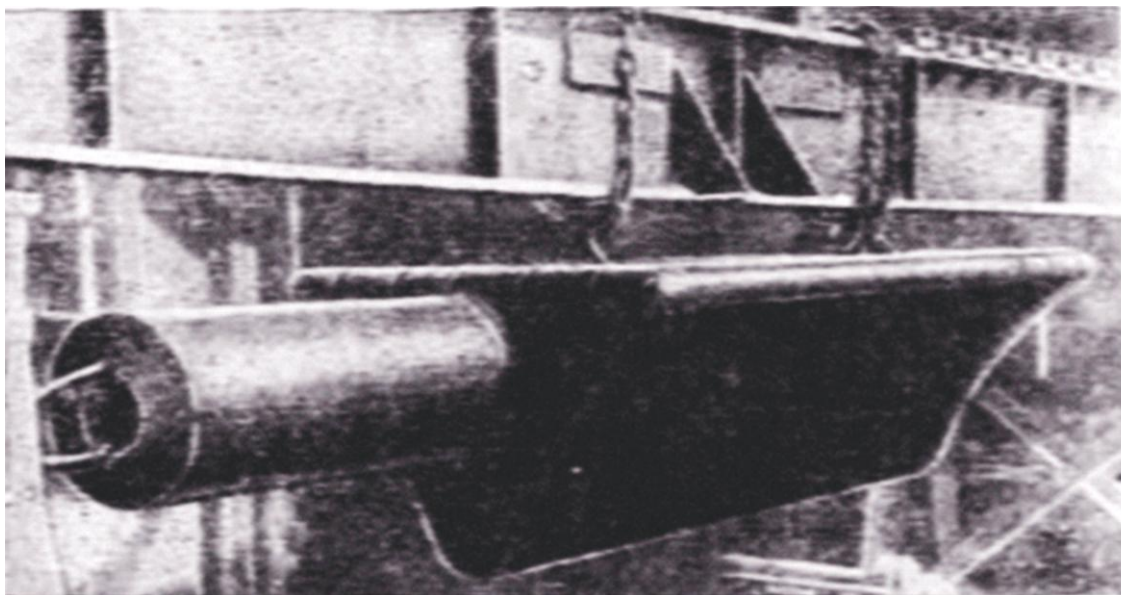


Рис. 6.30. Стержень № 3

Под знаки стержней № 2 укладываются рельсы. Рельсы и решетки расчековываются и привариваются к нижним плитам. В качестве облицовочной смеси применяется смесь из хромистого железняка или песчано-глинистая с добавкой 25–30 % маршалита. Набивка формы производится слоями не более 120 мм с прокладкой крючков и пруткового проката для армирования формы. На расстоянии 200–300 мм от наружного контура модели забиваются стальные прутки диаметром 18–20 мм, которые образуют вентиляционные каналы. Во время набивки формы прокладывается и литниковая система из предварительно подсушенных огнеупорных трубок. Литниковая система четырехъярусная с независимым подводом металла с двух торцов и сбоку отливки (нижние питатели сечением 40 х 120 мм, верхние диаметром 100 мм); в два яруса подведены литники в прибыли для их доливки.

Верхняя часть формы набивается в опоке размером 8000 х 4000 х 7000 мм. По верхнему разъему формы все воздушные каналы соединяются общим каналом, выводимым за пределы опоки. Удаление модели из формы производится по частям: первыми вынимают торцовые части I; затем боковую часть II, далее боковую часть III; нижняя часть модели IV вынимается последней. Такой разъем формы позволяет получать отливку минимальными литейными уклонами, уклоны значительно увеличивают вес отливки.

Чтобы сосредоточенно изучить изготовление этой крупной отливки, рассмотрим особенности изготовления стержней и сборки формы.

Самыми крупными стержнями весом по 25 т являются стержни № 2. Эти стержни изготавливают на стальной плите с приболченными стальными перьями, которые для податливости стержня обматываются жгутами соломы толщиной 30–35 мм. Для стержней № 2 и 7 могут ставиться трубы диаметром 150–250 мм на всю их высоту; наличие труб облегчает сушку стержней. Каркасом для стержней № 3 служит труба диаметром 150–200 мм; к этой трубе привариваются прутки проволоки 12–14 мм, затем труба обматывается соломенным жгутом. Облицовкой стержней является смесь на основе хромистого железняка. Стержни набиваются очень плотно, и во время набивки прокладываются крючки. Середина стержней заполняется огарками. Литейные ребра нарезаются на сырых стержнях. При отделке стержни прошпиливаются строительными гвоздями по 8–10 штук на 1 дм². Верх формы и стержни сушатся в стационарном сушиле в течение 55–60 час. при температуре 350–400°. Низ формы сушится переносными сушилками. При сборке формы особое внимание уделяется креплению стержней № 3 и выводу из них газов. После подтяжки болтами стержни дополнительно укрепляют специальными жеребейками. В узлах и массивных частях отливки укладывают внутренние холодильники из малоуглеродистого проката Ø 25–30 мм. Всего расходуется 4 т холодильников, причем по отношению веса охлаждаемых узлов это составляет 4–6 %.

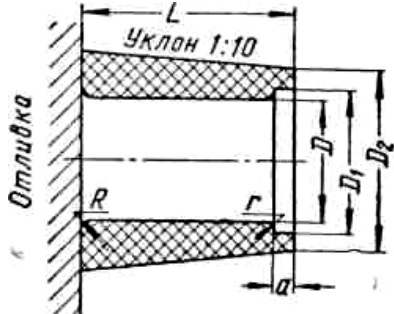
Холодильники укладываются в виде стержней, корзин и т. п. Собранная форма укрепляется (расчековывается) под грузом весом 320–350 т.

Одной из особенностей изготовления крупных отливок в почвенных формах является тщательное решение задачи удаления отливки из формы. Перед тем как вынуть отливку из формы, ее нужно откопать. Однако и освобожденные от формы и от прибылей отливки должны умело и продуманно транспортироваться.

Подъем и перемещения отливки и прибылей осуществляется за цапфы (на рис. 6.29 цапфы оформляются стержнями № 9). Основные данные по размерам цапф и ориентировочной грузоподъемности их представлены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Размеры цапф для транспортировки крупных отливок

							
Размеры, мм							Грузоподъемность, т
D	D_1	D_2	L	a	R	r	
70	120	220	140	20	25	20	До 5
90	140	220	140	20	25	20	6—10
110	160	220	140	20	25	20	11—20
130	180	220	140	20	30	20	21—30
170	230	380	240	30	30	25	31—50
230	290	380	240	30	30	25	51-100
280	240	380	240	30	35	25	101—150

Пути совершенствования технологии изготовления форм для крупных отливок. Желательное направление в совершенствовании технологии изготовления почвенных форм для крупных отливок вытекает из недостатков. К недостаткам же можно отнести следующее:

1. Малая оборачиваемость формовочных площадей; так, например, на изготовление формы и стержней архитрава была установлена норма времени 2648 час; норма выдержки отливки в форме была установлена 16 суток, а в действительности по ряду причин отливки вынужденно выдерживались от 32 до 65 суток.

2. Конструктивная сложность литейной формы, нестандартность методов изготовления форм и приспособлений для них. Как видно из приведенного примера, формы для крупных отливок относятся к весьма сложным, громоздким и ответственным инженерным сооружениям.

3. Отсутствие методов расчета на прочность и плотность крупных литейных форм. Последнее приводит к тому, что форма в период залив-

ки и формирования отливки деформируется, что увеличивает припуски на механическую обработку, значительно искажает форму отливки, а в тяжелых случаях может уйти металл, что может привести к браку отливки и даже к серьезной аварии.

Рассмотрим примеры изготовления форм для крупных отливок, в которых в той или иной степени исключаются или смягчаются указанные недостатки.

6.13.4. Применение формовки в жакетах и в механизированных кессонах.

Применение формовки в жакетах. При изготовлении крупных отливок все шире начинают применять разовые, полупостоянные и постоянные разборные жакеты. Жакеты, в отличие от кессонов, представляют собой легкие сооружения, которые можно использовать в кессонах. Жакет изготавливают в виде сборной конструкции, состоящей из ребристых строганых плит (обычно чугунных), образующих его боковые поверхности и поддон. Реже применяют жакеты, имеющие форму тел вращения. Боковые стенки жакета делают наклонными по конфигурации знаков стержней.

При проектировании жакета можно считать базовыми либо все его боковые стенки, либо только две смежные. В последнем случае форму собирают, базируясь только на эти две стенки, а расстояние, образующееся между противоположными стенками, заполняют жидкой или уплотняемой формовочной смесью, учитывая, что этот слой смеси является составной частью стенки жесткого каркаса.

Применение жакетов, отвечающее требованиям получения размерной точности крупных стальных отливок, как средство перехода от формовки в почве к формовке в стержнях стало возможным после освоения способов изготовления стержней из самотвердеющих смесей, так как при этом достигается соответствие размеров стержня и стержневого ящика.

Формовка в жакетах имеет следующие преимущества в условиях серийного производства отливок, в том числе и при малых сериях:

- повышается размерная точность, а следовательно, сокращаются припуски на механическую обработку отливки;
- повышается качество поверхности отливок;
- улучшаются условия труда формовщиков;
- представляется возможным выполнение формовочных работ рабочими менее высокой квалификации, поскольку наибольшие затраты труда приходятся на стержневые работы, кроме того, достигается большая

стабильность качества отливок.

Отмеченные преимущества превалируют над недостатками формовки в стержнях, поэтому в условиях серийного производства отливок данный способ является прогрессивным по сравнению с формовкой в почве.

Схема устройства литейной формы стальной отливки станины горизонтально-ковочной машины массой 25 т с габаритными размерами 3785 x 2375 x 1725 мм приведена на рис. 6.31.

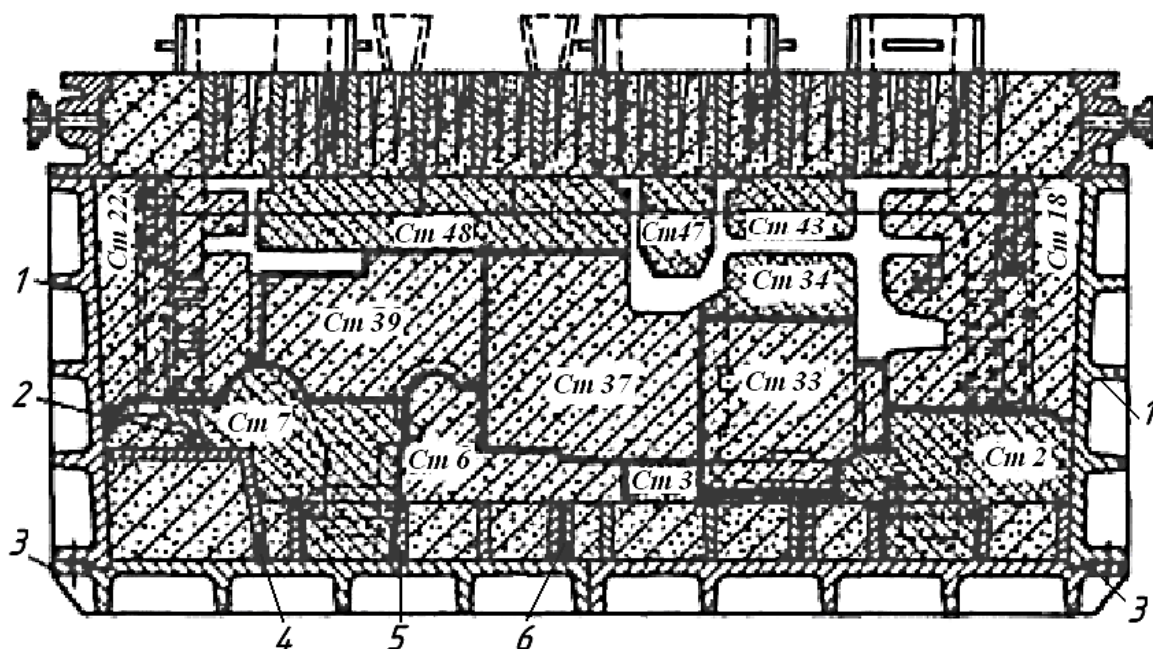


Рис. 6.31. Схема формовки в жакетах станины горизонтально-ковочной машины

Толщина стенок отливки составляет от 40 до 400 мм. Отливка имеет выступающие с ее боковых сторон ребра жесткости, а снизу развитые фланцы. Этим вызывается необходимость применения стержней для оформления внешних и внутренних поверхностей данной отливки независимо от способа формовки. Исключение составляют только нижние выступающие части, которые при формовке в почве можно выполнить по модели.

В условиях мелкосерийного производства данных отливок с применением жакета были снижены затраты труда на изготовление отливки по сравнению с формовкой в почве.

Собранный жакет 1, 3 установлен стационарно и углублен в пол цеха. Размеры жакета приняты согласно внешним габаритным размерам знаков стержней. При разработке технологического процесса установлена возможность изготовления намеченных 54 стержней по вытряхным стержневым ящикам 23 типоразмеров благодаря принятой унификации размеров знаков.

Стержни изготавливали из облицовочной смеси с жидким стеклом и

наполнительной смеси с древесными опилками. Для получения противопригарных свойств в состав облицовочной смеси ввели около 19 % маршалита. Каркасы стержней делали сварными. Максимальная масса стержня 2 т. Стержни продували углекислым газом непосредственно в стержневых ящиках. Литниковые каналы выполняли в стержнях с применением огнеупорных трубок с внутренним диаметром 65 мм.

Для сокращения объема стержневых работ в нижнюю часть жакета поместили металлические конструкции 2, 4, 5 и 6, образующие контур знаков. Внутренние их полости заполнили формовочной смесью. Далее в необходимой последовательности установили стержни по шаблонам. Зазоры между стержнями заделали формовочной смесью. В связи с тем, что газоотводные каналы стержней выходят в зазоры между знаками, применение постели в нижней части формы не потребовалось. Литниковые трубки стояков окончательно наращивали по месту. Верхняя полужакоу скреплена болтами с жакоутом.

Несмотря на значительную массу отливки, ее извлекают из формы через 48 ч после заливки и вместе со стержнями перевозят на участок охлаждения. При этом условии общий цикл задолженности жакоу, а, следовательно, и участка формовки, составил 108 ч, а при формовке в почве — 336 ч. Последним обстоятельством подтверждается еще одно важное преимущество применения формовки в жакоутах отливок мелкосерийного производства вместо формовки в почве.

Применение механизированных кессонов. Данный тип кессонов представляет собой усовершенствованную конструкцию жакоутов, используемых при изготовлении крупных форм, собираемых из стержней. В отличие от жакоутов механизированные кессоны имеют практически универсальное назначение, поскольку размеры их можно изменять в широких пределах в зависимости от габаритных размеров изготавливаемых отливок. Механизированный кессон является агрегатом с вмонтированными в него механизмами перемещения подвижных частей, за которыми требуется соответствующий уход.

На рис. 6.32 показан механизированный кессон конструкции «Проектно-технологического института тяжелого машиностроения».

Кессон смонтирован на бетонном постаменте 8 прямоугольной формы. Дно кессона состоит из чугунных стендовых плит 7, которые одновременно служат твердой постелью изготавливаемой формы. Вертикальные стенки кессона образуются двумя чугунными неподвижными стенками 1 и 9, прочно соединенными с бетонным основанием, и двумя

противоположными им полыми чугунными подвижными стенками 5 и 6, смонтированными на катках 4. Подвижные стенки можно передвигать с помощью червячного редуктора 2 и винта 3, приводимых в действие электродвигателем.

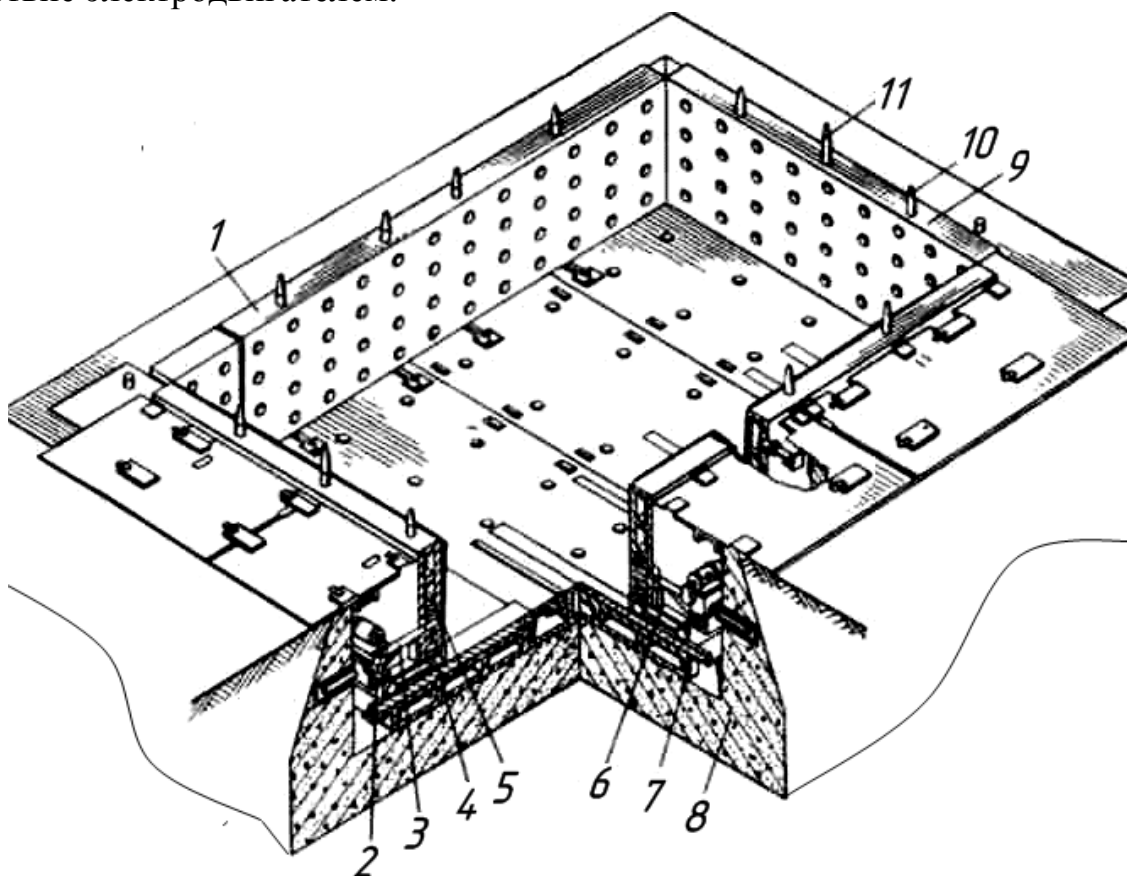


Рис. 6.32. Механизированный кессон

Верхнюю полуформу устанавливают по штырям 11 и присоединяют к кессону болтами 10, имеющими прорези для клинового крепления. Глубина кессона принята постоянной. Внутренние полости стендовых плит 7 при необходимости можно продувать сжатым воздухом для ускорения процесса охлаждения отливки в форме и особенно самого кессона, так как до его полного охлаждения к сборке следующей формы не приступают. Перестановкой стенок кессона можно изменять его внутренние размеры в пределах (6х3; 6х4; 7х3 и 7х4) м.

Литейную форму собирают в кессоне из крупных стержней-блоков. На рис. 6.33 для примера показана литейная форма станины, нижняя часть которой состоит из восьми стержней-блоков, каждый из которых имеет постоянные размеры сторон 3 х 2 х 0,75 м.

Стержни уложены в кессон в два ряда. В целях получения мини-

мальных зазоров между смежными стержнями-блоками знаки последних выполнены без уклона. Форму собирают, базирясь на неподвижные стенки кессона, а подвижные стенки в это время отводят в сторону. После укладки всех стержней подвижные стенки кессона перемещают и располагают вплотную к знакам стержней, сдвигая одновременно стержни для получения минимальных зазоров в соединениях смежных стержней и предупреждения возможности распора формы во время заливки ее сталью.

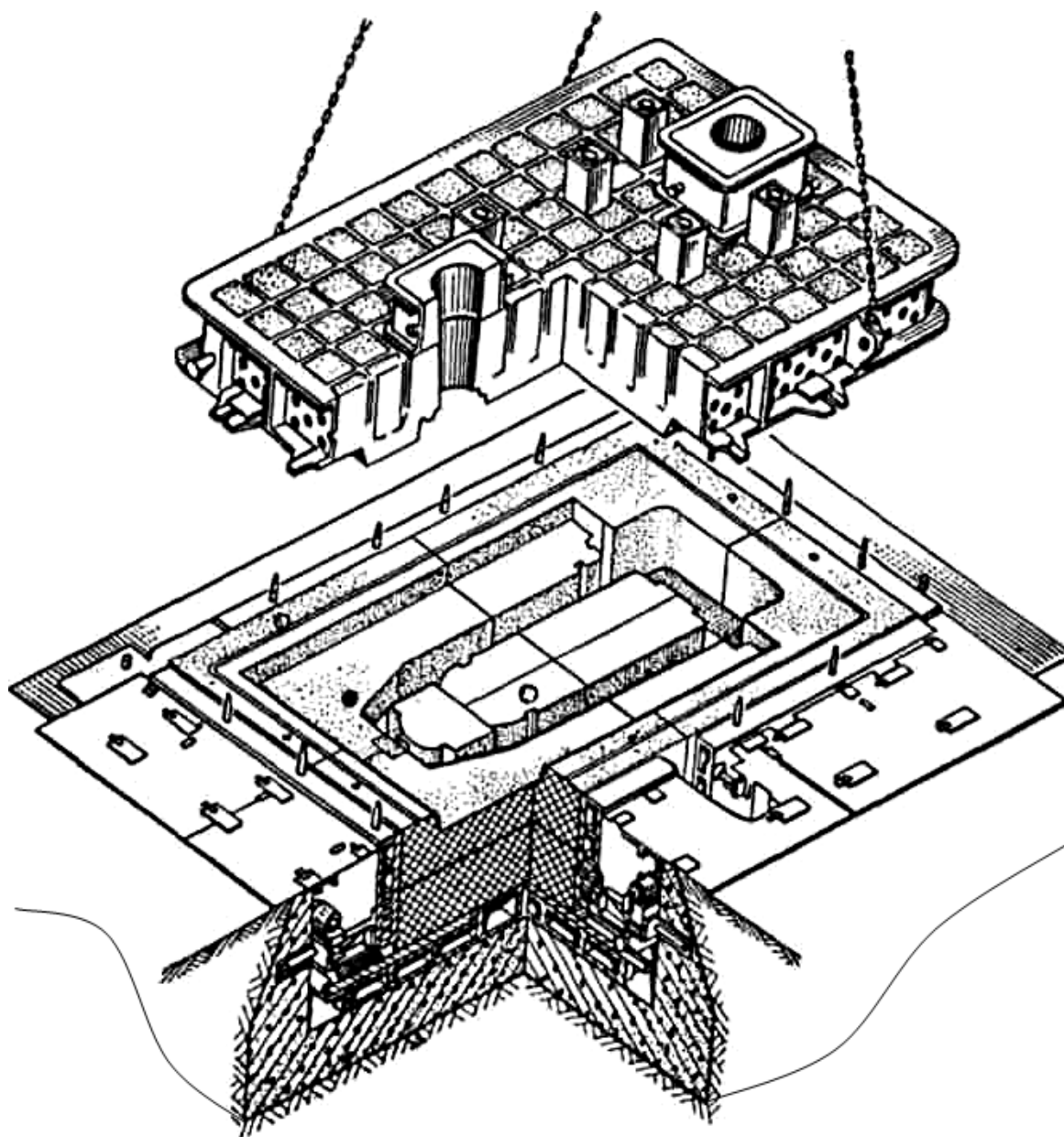


Рис. 6.33. Сборка формы станины в механизированном кессоне

Применение механизированных кессонов дает возможность организовать производство крупных стальных отливок, используя преимущества специализации выполнения отдельных технологических операций. Для изготовления стержней-блоков используют стержневые ящики с отъемными стенками-вкладышами нескольких типоразмеров. Каждый ящик имеет свои размеры знаков, кратные соответственно длине, ширине и высоте возможных внутренних размеров кессона. Можно иметь ограниченное число типоразмеров стержневых ящиков, чтобы собрать из стержней готовую форму разных размеров.

Корпус стержневого ящика, определяющий размеры знаков, делают постоянным для каждого типоразмера стержней, а заданную геометрическую форму стержня получают при помощи отъемных частей этого стержневого ящика. Правильность положения последних фиксируют по методу монтажа моделей на координатных модельных плитах или другим способом. Это позволяет путем изменения отъемных частей изготавливать по одному и тому же стержневому ящику разнообразные стержни данного типоразмера.

Однако не каждую отливку можно изготовить, применяя стержни типовых размеров, особенно когда плоскости разъема стержней должны проходить через те части формы, которые необходимо делать цельными. К таким частям могут относиться, например, тонкие выступающие болваны. В подобных случаях выступающие болваны изготавливают в виде отдельных составных частей стержня-блока.

Рассмотренный способ изготовления крупных литейных форм имел ограниченное применение из-за общих недостатков формовки в стержнях. В последнее время изготовление стержней-блоков стало возможным из жидких или новых легкоуплотняемых самотвердеющих формовочных смесей, в том числе и для формовки в жакетах, не требуя сушки стержней, позволяя получать минимальные отклонения от заданных размеров знаков. Литниковые каналы можно располагать в знаках стержней, применяя для этой цели огнеупорные трубки сифонного припаса. Таким образом, рассмотренный метод формовки является одним из направлений осуществления комплексной механизации процессов изготовления неподвижных форм крупных отливок.

6.14. КРЕПЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ФОРМЫ

Составные части крупной литейной формы – выступающие болваны, стержни, верхняя полуформа, холодильники – требуется сохранить в

заданном положении во время подготовки формы к заливке сталью и в период заливки. Элементы формы, масса которых может быть значительной, стремятся опуститься вниз. Во время заливки формы сталью возникают вертикальные составляющие силы всплывания, действующей снизу вверх. В результате этого развивающиеся в элементах крепления напряжения перераспределяются, принимая в определенных случаях, например при креплении свисающих болванов, даже обратный знак.

Выбор рационального метода крепления указанных частей формы имеет большое значение, так как при смещении этих частей возможно недопустимое искажение контура отливки, нарушение условий питания ее стенок, разрушение отдельных частей формы и др.

Учитывая ответственность деталей крепления частей литейной формы, а также то, что не все детали крепления, изготавливаемые службами литейного цеха, испытывают на прочность, при их проектировании принимают не менее чем двукратные запасы прочности.

Крепление собранных форм. Под действием напора жидкого металла верхняя полуформа воспринимает силу подъема P , которая может быть больше или меньше массы верхней полуформы. Если форма с закрытыми прибылями, то в заключительной стадии заливки верхняя полуформа воспринимает еще и динамическую нагрузку, аналогичную гидравлическому удару. Во избежание частичного подъема формы под действием напора жидкого металла литейные формы закрепляют одним из способов, приведенных на рис. 6.34.

Крепление форм литыми скобами (рис. 6.34, *а*) целесообразно при использовании опок со строганной поверхностью разъема, когда поверхность платиков, сопрягаемая со скобами, сохраняется в хорошем состоянии. Крепление прямоугольными скобами (рис. 6.34, *б*) менее надежно, поэтому применяют его в случаях, если сила подъема P незначительно превышает массу верхней полуформы. Наиболее предпочтительными являются способы крепления крупных форм с применением клинового соединения или болтами (рис. 6.34, *в*, *г*), поскольку при этом гарантируется надежность крепления опок.

При клиновом креплении по сравнению с болтовым облегчается и ускоряется процесс раскрепления собранной формы, особенно когда в технологии предусмотрено раскрепление собранной формы через определенное время для уменьшения поражения отливки горячими трещинами.

В случаях, когда используемые опоки не приспособлены для крепления болтами или клиновым соединением или же крепление этими способами оказывается затруднительным из-за большой силы P , приме-

няют крепление форм грузами. Вариант, изображенный на рис. 6.34, д, является самым несовершенным, так как при укладке грузов непосредственно на форму часто повреждаются ее стенки, тем более что открытая поверхность бывает неровной и имеет выступающие крючки. Более предпочтительным в этом отношении является способ крепления ложными грузами (рис. 127, е), при котором сила P передается на грузы через детали 6, 7, плотно соединяющие стенки опоки с грузами.

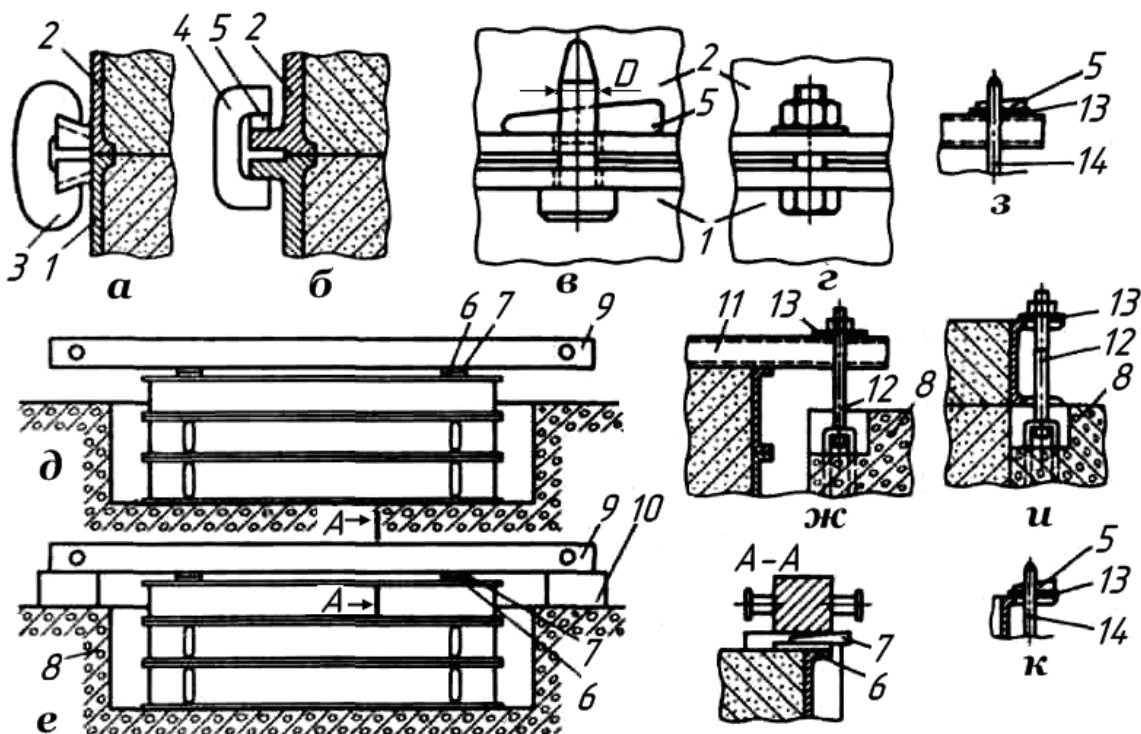


Рис. 6.34. Способы крепления собранных форм: 1 — нижняя опока; 2 — верхняя опока; 3 — фасонная скоба; 4 — скоба квадратного сечения; 5 — клин; 6 — подкладка; 7 — плита-клин; 8 — кессон; 9 — груз-балка; 10 — опока; 11 — балка; 12 — болт; 13 — шайба-подкладка; 14 — болт специальный

Во избежание повреждения стенок нижней полуформы действием давления, оказываемого грузами и опорами 10, последние укладывают непосредственно на стенки кессона. Этот вариант получил наибольшее применение в литейных цехах, но также не лишен недостатков, так как грузы, расположенные в несколько рядов, загромождают форму и мешают выполнению операций заливки формы и ухода за прибылями. Особенно это наблюдается, когда, кроме грузов типа балок 9, используют еще и грузы другой геометрической формы, например изложницы.

Более совершенные способы крепления крупных литейных форм, в том числе почвенных, изображены на рис. 6.34, ж–к. В этом случае кессоны оборудуют соответствующими элементами крепления, а используемые литые или сварные балки 11 типовых размеров устанавливают на подкладки, опирающиеся на стенки опоки. В данных случаях сохраняется свободный доступ ко всем стоякам и прибылям. В целях создания безопасных условий труда рабочих, выполняющих операции заливки форм и ухода за прибылями, непосредственно над формой располагают переносные металлические площадки с ограждениями.

Определение силы подъема формы. Эта сила складывается из вертикальной составляющей силы P_H (рис. 6.35), действующей на верхнюю полуформу, и усилия всплывания стержней $P_{СТ}$.

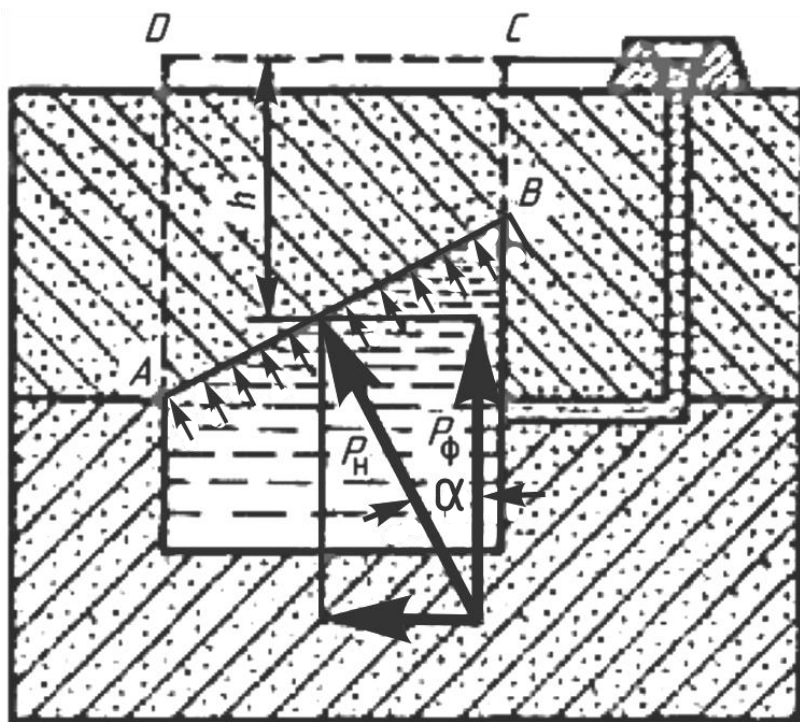


Рис. 6.35. Схема распределения давления жидкого металла на верхнюю полуформу

Усилие (кгс), которое испытывает площадь AB со стороны жидкого металла, будет равно

$$P_H = h \frac{\gamma}{9,8} gF = h\gamma F, \quad (6.1)$$

где h — гидростатический напор в центре давления площадки, т. е. в точке приложения равнодействующей напора;

γ — плотность жидкого металла; F — площадь поверхности площадки в плоскости AB .

Вертикальная составляющая силы P_H , соответствует силе, действующей на верхнюю полуформу, равной

$$P_{\Phi} = P_H \cos \alpha \text{ или } P_{\Phi} = h \gamma F_H, \quad (6.2)$$

где F_H – горизонтальная проекция площадки F в плоскости AB .

Правая часть последнего выражения представляет собой усилие, эквивалентное массе воображаемого столба жидкого металла $ABCD$, расположенного в верхней полуформе над поверхностью отливки; напор h измеряется до верхнего уровня металла в открытых прибылях или же в литниковой воронке, если прибыли закрытые.

При определении силы, действующей на верхнюю полуформу, необходимо учесть силу, действующую на стержень $P_{\text{выт}}$.

Усилие $P_{\text{выт}}$, выталкивающее стержни, определяется в соответствии с законом Архимеда

$$P_{\text{выт}} = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{ст}}, \quad (6.3)$$

где $V_{\text{ст}}$ – объем части стержня, погруженного в расплав (без знаковых частей).

Следует отметить два важных обстоятельства относительно силы $P_{\text{выт}}$: выталкивающая сила не зависит от глубины погружения, и она изменяется в процессе заливки (погружения) стержня.

Первое обстоятельство является очевидным (рис. 6.36), так как на какой глубине не находился бы куб (параллелепипед), выталкивающая сила будет одинакова и может быть определена из выражения

$$P_{\text{выт}} = \rho_{\text{ж}} g (h_1 - h_2) F = \rho_{\text{ж}} g V, \quad (6.4)$$

где разность высот $h_1 - h_2 = h$ – высота куба (параллелепипеда); F – площадь поверхности тела, перпендикулярной чертежу, V – объем куба (параллелепипеда).

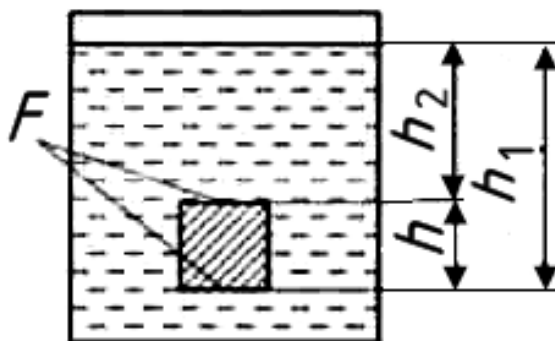


Рис. 6.36 Иллюстрация независимости выталкивающей силы от глубины погружения тела: F – площадь верхней и нижней поверхности тела; h_1, h_2 – расстояния от поверхности жидкости до нижней и верхней поверхностей тела; h – высота тела

Для иллюстрации второго обстоятельства рассмотрим пять возможных вариантов (рис. 6.37, I–V) и проследим, как изменяется выталкивающая сила по мере погружения (заливки) стержней в зависимости от координаты h (рис. 6.38).

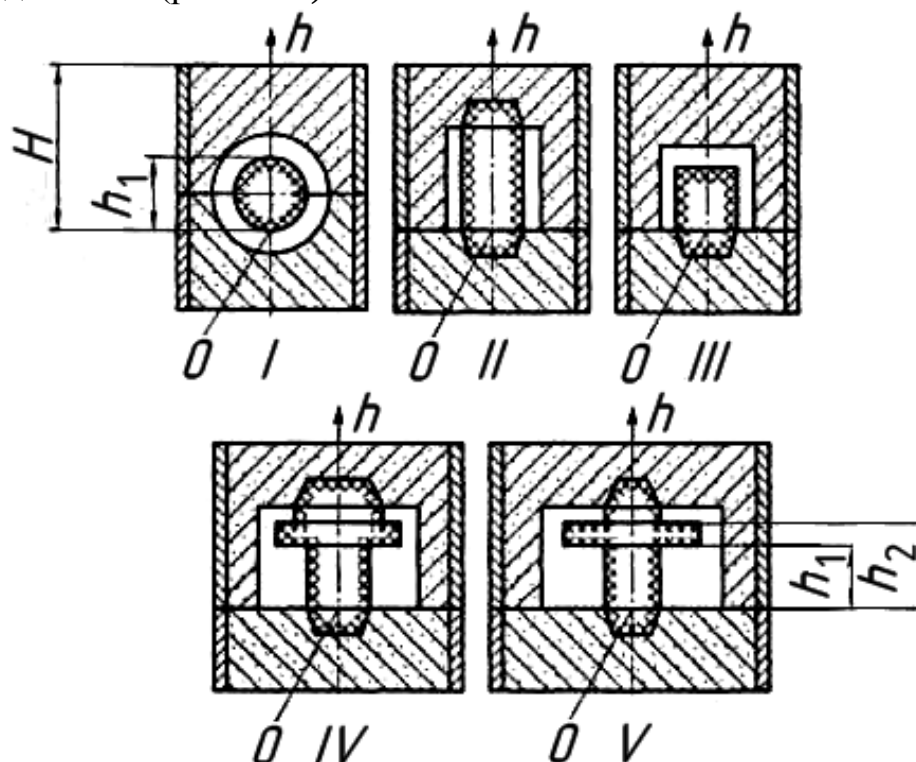


Рис. 6.37. Возможные варианты (I–V) размещения стержней в форме:
 O – начало координат; h – ось ординат; H , h_1 , h_2 – расстояния от начала координат

Изменение выталкивающей силы для горизонтального стержня (рис. 6.38, I) соответствует классическим представлениям: выталкивающая сила начинает расти от момента соприкосновения стержня с металлом до его полного погружения, затем она остается постоянной, независимой от глубины погружения до окончания заполнения формы (ломаная линия I на рис. 6.38).

На схеме II (рис. 6.37) выталкивающая сила равна нулю в течение всего времени заполнения. Металл оказывает давление только на боковую поверхность стержня (прямая II на рис. 6.38).

Для схемы III на рис. 6.37 выталкивающая сила сначала также равна нулю, затем под действием металла на верхнюю поверхность стержня он придавливается силой, возрастающей до окончания заполнения (ломаная линия III на рис. 6.38).

Для схемы IV на рис. 6.37 выталкивающая сила равна нулю до высоты h_1 затем она начинает расти до $h = h_2$ (ломаная линия IV на рис. 6.38).

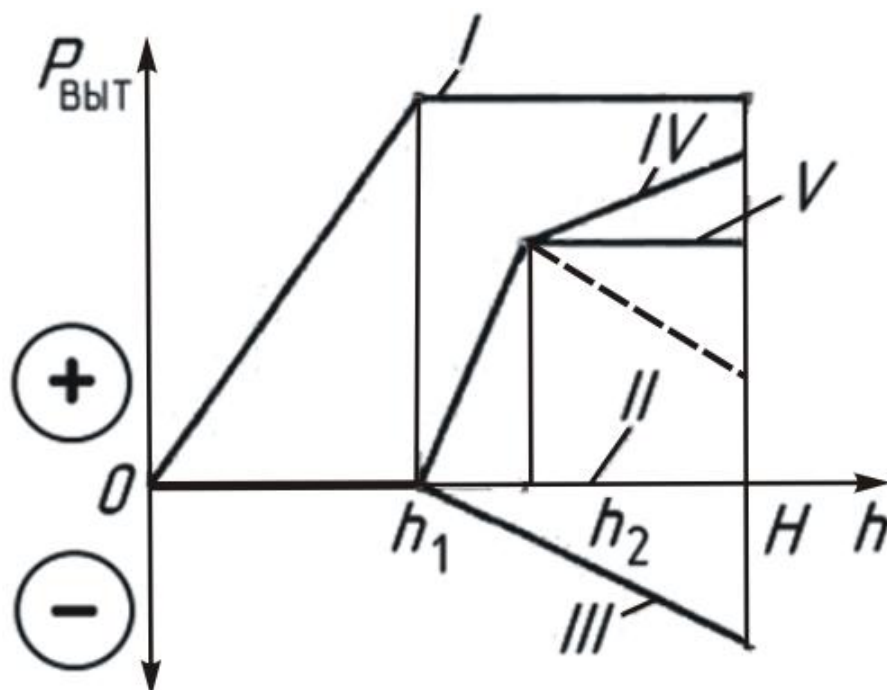


Рис. 6.38. Изменение выталкивающей силы $P_{\text{ВЫТ}}$ при заполнении форм, соответствующих вариантам I–V на рис. 6.37: h – ось ординат; H , h_1 , h_2 – расстояния от начала координат

Дальнейший ход изменения выталкивающей силы будет зависеть от соотношения площадей нижней (F_H) и верхней (F_B) частей стержня по отношению к выступу. При $F_B = F_H$ (рис. 6.37, V) выталкивающая сила не будет изменяться и останется постоянной (кривая V на рис. 6.38), при $F_B > F_H$ она будет увеличиваться и этот процесс продолжится до заполнения формы, но с меньшей скоростью, чем в интервале высот $h_1 \dots h_2$. Наконец, начиная с момента, когда $F_B < F_H$, выталкивающая сила начнет уменьшаться (штриховая кривая на рис. 6.38) и при $h = H$ может быть положительной величиной, а может достичь нуля или отрицательных величин (стержень будет придавлен).

В случаях I, II, IV, V на рис. 6.37 имеется горизонтальное сечение стержня, при прохождении которого выталкивающая сила достигает максимума, а затем может уменьшаться. Такое сечение называется «опасным». При решении вопроса о всплытии стержней необходимо помнить об опасном сечении.

Расчет силы (массы груза). Силу массы груза $G_{\text{ГР}}$, необходимую для удержания формы, определяют исходя из условий, что численные значения суммы сил масс верхней полуформы и груза должны быть больше суммы численных значений сил подъема формы $P_{\text{Ф}}$ и всплыва-

ния стержней $P_{\text{ВЫГ}}$ в 1,5 раза с учетом гидравлического удара металла при заполнении формы. В данном случае будем иметь

$$G_{\text{ГР}} = 1.5 (P_{\text{Ф}} + P_{\text{ВЫГ}} - G_{\text{ВФ}} - G_{\text{СТ}}), \quad (6.5)$$

где $G_{\text{ГР}}$ – сила массы груза; $P_{\text{Ф}}$ – сила давления металла на верхнюю полуформу; $P_{\text{ВЫГ}}$ – сила, возникающая от всплывания стержня; $G_{\text{ВФ}}$ – сила массы верхней полуформы; $G_{\text{СТ}}$ – сила массы стержня.

Определение размеров и числа деталей крепления. Диаметр и число болтов определяют по формуле

$$n = \frac{G_{\text{ГР}}}{\sigma_{\text{В}} F}, \quad (6.6)$$

где $G_{\text{ГР}}$ – сила подъема верхней полуформы; F – площадь поперечного сечения болта; $\sigma_{\text{В}}$ – допустимое напряжение на растяжение.

При расчете принимают $\sigma_{\text{В}} = 4 \text{ кгс/мм}^2$ (с учетом запаса прочности, дополнительной нагрузки от затяжки болтов и неравномерности распределения нагрузки на болты); диаметр болтов $D = 20 \text{ мм}$ для опок площадью до 25 м^2 и $D = 25 \text{ мм}$ для опок больших размеров. Поперечное сечение клина (рис. 6.34, в) определяют, считая, что он работает на срез, а поперечное сечение болта в месте расположения прорези клинового соединения – на растяжение. С учетом нагрузки от затяжки клином и неравномерности распределения нагрузки на каждую точку крепления допустимые напряжения принимают: на срез 8 кгс/мм^2 , на растяжение 4 кгс/мм^2 . Диаметр D (рис. 6.34, в) принимают равным 20–25 мм, а ширину клиновидного отверстия $\frac{1}{3} D$.

Крепление свисающих болванов. Во избежание повреждения свисающих болванов крупных литейных форм и стержней их изготавливают обычно в том же положении, в котором они будут находиться в литейной форме. Во время выемки болвана из стержневого ящика или освобождения его от модели сам болван или же его части могут отвалиться, если стенки его не будут прочно удерживаться каркасом и крючками. При этом важно, чтобы каркас, удерживающий формовочную смесь, был не только достаточно прочным и жестким, но и надежно соединенным конструкцией, удерживающей его. В то же время используемые крючки должны легко гнуться и не пружинить после уплотнения стенок формы.

На рис. 6.39 приведен типичный пример устройства крупной литейной формы, имеющей массивный свисающий болван.

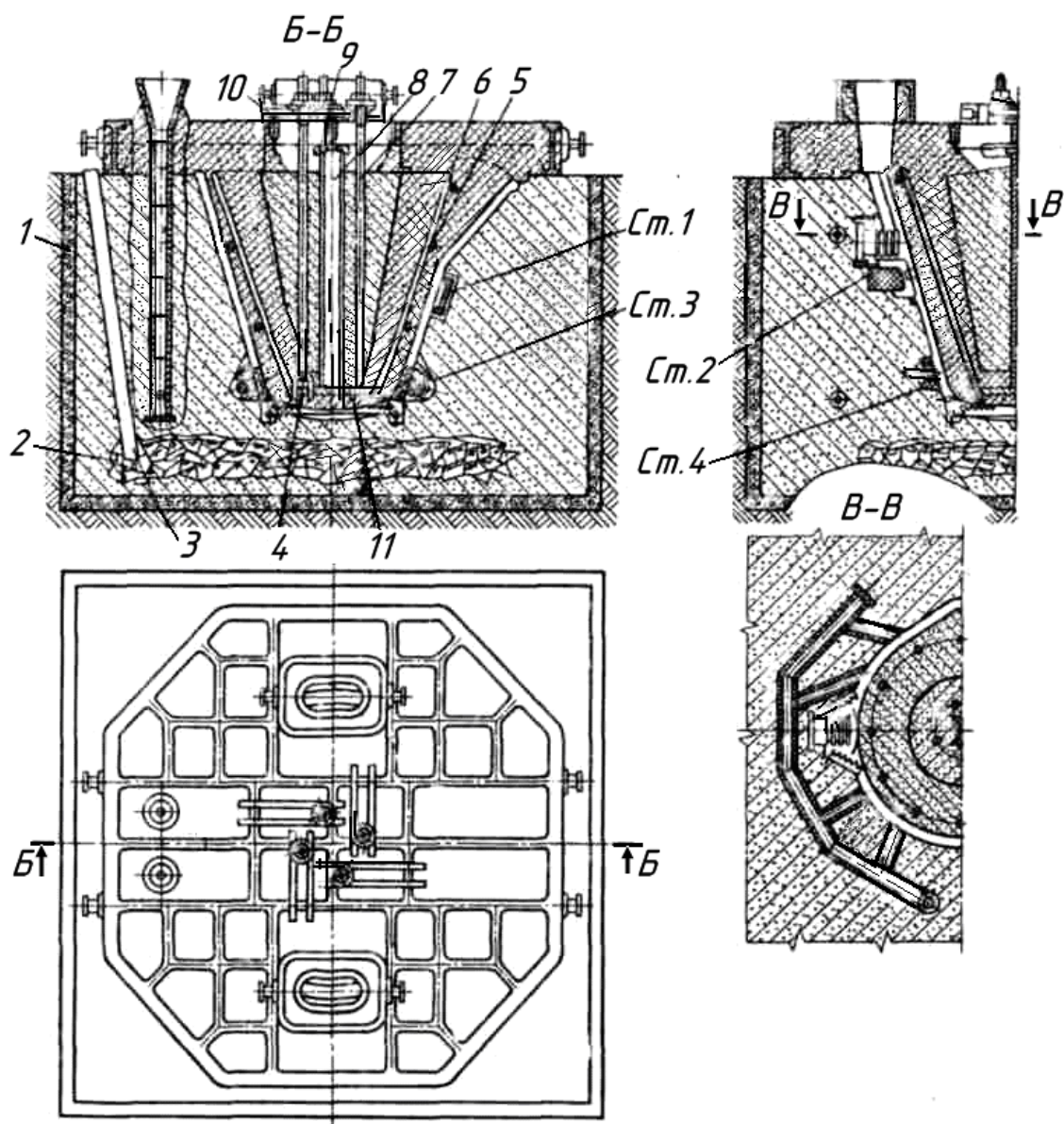


Рис. 6.39. Схема устройства литейной формы отливки ковша массой 9 т

Форма, изготавливаемая в кессоне 1, имеет твердую постель 2, с которой соединяются газоотводящие трубы 3, выступающие над поверхностью разъема. Свисающий болван набивают по модели. Во избежание поломки болвана, возможной при подъеме верхней полуформы и последующем использовании последней по прямому назначению, предусмотрены соответствующие детали крепления, прочно удерживающие болван в заданном положении. Детали крепления состоят из следующих частей:

- каркаса, изготовленного в виде литой рамки 4, соединенной с прутками 5, 6, удерживающими боковые стороны болвана;

- четырех тяг 7, нижние концы которых имеют крючки-захваты, а верхние – резьбовое соединение;
- промежуточной стойки-трубы 8;
- плиты 9, передающей на крестовину опоки усилия затяжки тяг 7;
- балок 10, имеющих прорези для болтового соединения тяг 7 с крестовинами опоки, в данном случае предусмотрено крепление опоки грузами.

Исходные данные для расчета: масса свисающего болвана 7,5 т; масса верхней полуформы, включая массу болвана, 18 т; диаметры болвана – в нижней части $d_1 = 1100$ мм, в верхней части $d_2 = 2250$ мм; высота болвана $h_1 = 1800$ мм; высота прибыли $h_2 = 500$ мм.

В рассматриваемом случае тяги 7 работают на растяжение, каркас-рамка 4 – на изгиб, а стойка-труба 8 – на сжатие и продольный изгиб. Расчеты показывают, что стенки стальной литой рамки толщиной не менее 50 мм, принимаемой при изготовлении каркасов в открытых формах, имеют достаточный запас прочности на изгиб, так как при малом расстоянии между тягами изгибающий момент невелик. В аналогичных условиях находится стойка 8, так как обычно стойки изготавливают из катаных труб диаметром не менее 100 мм. Поэтому прочность деталей крепления определяется в основном размерами тяг 7 и скоб 11 каркаса-рамки, с которыми соединяются тяги.

С учетом возможной неравномерности нагрузки на каждую из четырех тяг примем усилие растяжения тяг равным двукратной массе болвана, т. е. 15000 кг или 3750 кг, приходящееся на одну тягу. Тогда, принимая допустимое напряжение на растяжение равным 4 кгс/мм^2 с учетом затяжки болтов, получим следующую расчетную площадь поперечного сечения тяги-болта

$$F_T = 3750 : 4 \approx 940 \text{ мм}^2$$

Диаметр тяги в болтовом соединении примем равным 40 мм. Диаметр скоб определяют исходя из следующего. Концы скоб, выступающие с обратной стороны каркаса, загибают, чтобы улучшить прочность соединения их с литой сталью. Можно считать, что в месте соединения захвата тяги со скобой последняя работает на срез, а вертикальные стенки – на растяжение. Принимая допустимое напряжение на растяжение также равным 4 кгс/мм^2 и учитывая, что в работе участвуют оба конца скоб, получим расчетную площадь поперечного сечения каждой из четырех скоб

$$F_{СК} = 3750 : 8 \approx 470 \text{ мм}^2$$

Диаметр скоб примем равным 25 мм. Детали крепления верхней полуформы к кессону рассчитывают в зависимости от силы подъема, действующей на эту часть формы. Сила подъема формы действием напора жидкого металла, т. е. усилие всплывания формы P , будет идентичным массе столба жидкой стали, расположенного над поверхностью верхней полуформы, находящейся в контакте с жидким металлом. В данном случае будем иметь

$$P = \left[\frac{\pi d_1^2}{4} h_1 + \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) \cdot 0,4 h_1 + \frac{\pi D^2}{4} h_2 - F_{\text{пр}} h_2 \right] \gamma, \quad (6.7)$$

подставляя цифровые значения, получим:

$$P = \left[\frac{3,14 \cdot 1,1^2}{4} 1,8 + \frac{3,14}{4} (2,25^2 - 1,1^2) 0,4 \cdot 1,8 + \frac{3,14 \cdot 2,45^2}{4} 0,5 - 1,0 \cdot 0,5 \right] 7,2 = 48,3 \text{ тс},$$

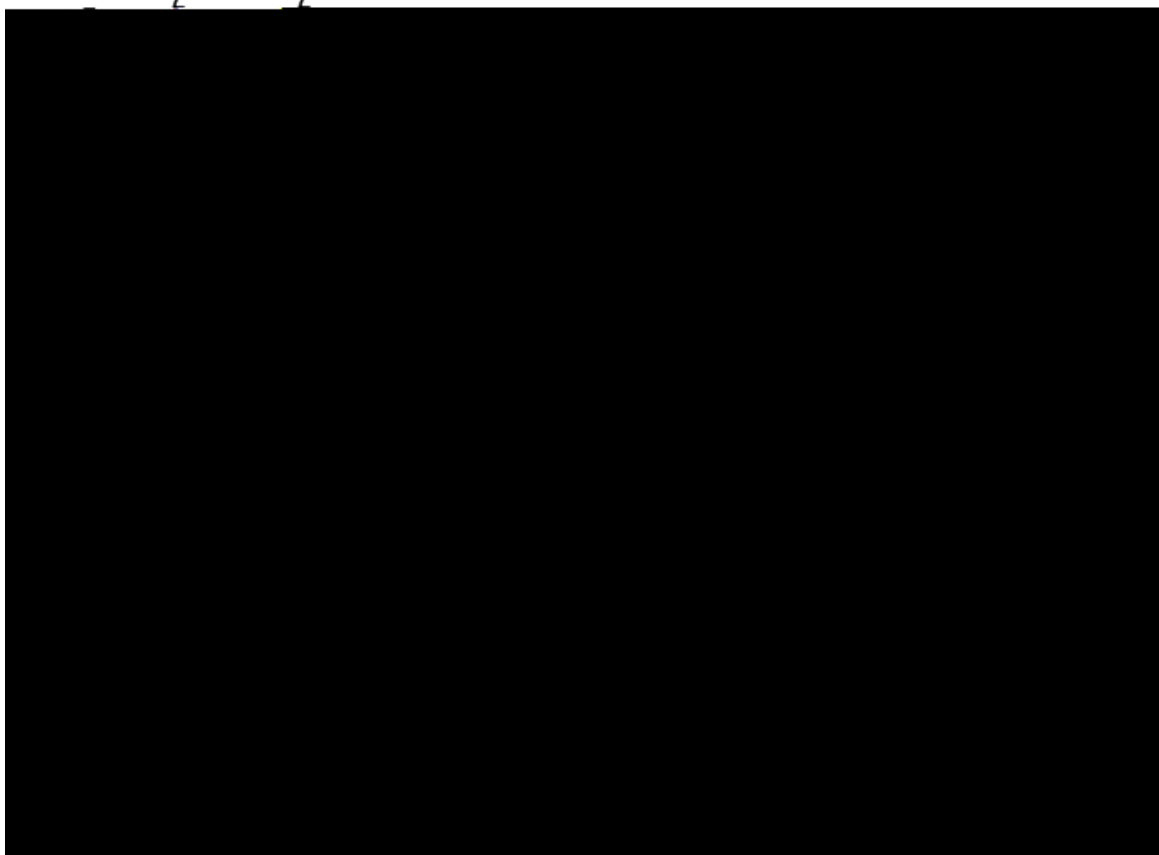
где $0,4 h_1$ – приближенное расстояние до центра давления конической поверхности болвана, т. е. точка приложения равнодействующей гидростатического напора h_1 ; D – внешний диаметр отливки; $F_{\text{пр}}$ – общая площадь основания прибылей.

За вычетом массы верхней полуформы и с учетом коэффициента запаса $k = 1,4\text{--}1,5$ – растягивающие усилия, приходящиеся на детали крепления, соединяющие верхнюю полуформу с кессоном, соответственно составят

$$P = (41,8 - 18,0) \cdot 1,5 \approx 35 \text{ тс}$$

Поперечные сечения элементов крепления формы к кессону определяются аналогично приведенному примеру расчета тяг 7, но с учетом влияния неравномерности нагрузки, возможной при асимметричной нагрузке на болты.

Размеры элементов крепления внутренних многосекционных холодильников Правильное положение холодильников нужно сохранить во время сборки формы и, особенно в процессе заливки, когда коренным образом меняются условия удержания холодильников. Это объясняется тем, что в момент соприкосновения с жидким металлом начинается кристаллизация стали вокруг холодильников, холодильники и элементы крепления их нагреваются теплотой залитой стали и становятся менее прочными. Под действием массы холодильников и стали, затвердевшей вокруг последних, элементы крепления могут прогнуться. В результате этого сборные холодильники типа, изображенного на рис. 6.40, часто опускаются вниз, теряя свою первоначальную ориентацию.



*Рис. 6.40. Схема конструкции сборного
многосекционного (I–V) внутреннего холодильника*

В целях создания нормальных условий питания отливки и свариваемости холодильников с телом отливки придается исключительное значение креплению внутренних холодильников в литейной форме.

При определении требуемых размеров элементов крепления подвешиваемых холодильников можно руководствоваться следующим. До заливки формы сталью элементы крепления воспринимают всю массу холодильников M_x . После заливки формы нагрузка на элементы крепления уменьшается и в соответствии с разницей в плотности твердой и жидкой стали составит

$$\frac{7,8 - 7,2}{7,8} M_x = 0,08 M_x.$$

В период развития I стадии процесса затвердевания стали вокруг холодильников последние нагреваются теплотой жидкой стали до температуры, близкой к температуре солидуса. В этот период элементы крепления сборного холодильника должны удерживать еще и массу металла, затвердевшего вокруг составных частей этого холодильника. Ес-

ли учесть уменьшение плотности холодильника при нагреве и принять массу стали, затвердевшей вокруг холодильника, равной массе самого холодильника, то нагрузка, воспринимаемая элементами крепления, нагретыми до той же температуры в момент завершения I стадии процесса затвердевания, практически сохранится на прежнем уровне, т. е. равной $\sim 0,08 M_x$. Тогда диаметр элементов крепления, на которых подвешен холодильник, можно определить по формуле

$$d_k \geq \sqrt{\frac{0,08M}{0,785n\sigma_B}}, \quad (6.8)$$

где n – число точек крепления холодильника; σ_B – предел прочности нагретой стали на растяжение материала холодильника.

При использовании проката из Ст3 принимают $\sigma_B = 0,10 \div 0,15$ кгс/мм². Поперечные цилиндрические балки на двух опорах, к которым подвешивают скобы, удерживающие холодильник, желательно совмещать с осями отверстий, высверливаемых в стенке отливки. Эти отверстия должны иметь больший диаметр, чем диаметр указанных балок. Диаметр этих балок принимают равным $(1,2 \div 1,5) d_k$ при условии, что точки подвешивания скоб, удерживающих холодильник, расположены на расстоянии, равном не более 80 мм от края поверхности опоры балки.

Надежность крепления холодильников во многом зависит от способа подвода металла к отливке. При этом не допускается направлять сосредоточенные потоки металла непосредственно в холодильники и элементы крепления их.

Установка и закрепление арматуры. При сборке литейных форм устанавливают дополнительную стальную арматуру в виде специальных труб. Арматура образует в стенках отливок различные каналы малых сечений и сложных конфигураций, выполнение которых путем механической обработки или установкой стержней невозможно или затруднено. Армирование требует от сборщиков определенных знаний, большой тщательности в работе, в противном случае оно приводит к образованию в отливках газовых раковин и вскипов, т. е. к получению брака. Для предотвращения брака и дефектов отливок арматурные трубы перед установкой в форму тщательно очищают от окалины и загрязнений или лудят. Чтобы жидкий металл не проникал внутрь трубы, арматура должна быть правильно установлена и закреплена в форме; должен быть выбран правильный режим заливки формы.

При установке арматуры в форму нельзя допускать, чтобы открытые концы труб находились в толще металла (рис. 6.41, а) или заподлицо

со стенками или ребрами литой детали (рис. 6.41, *б*), так как жидкий металл может проникнуть внутрь трубы с открытого торца *А* или со стороны зазора *С* между торцом трубы и формой. Заполнение труб формовочной, стержневой или иной огнеупорной смесью в отдельных случаях приводит к спеканию металла с песком и браку по засору от смеси, т. е. засорению смесью, вытекающей в форму при нагревании трубы. При правильной установке трубы в форме оба ее конца должны выходить за пределы стенок детали, чтобы они являлись опорными знаковыми частями формы (рис. 6.41, *в*). Толстостенные трубы формовочной смесью не засыпают. При механической обработке концы труб срезают.

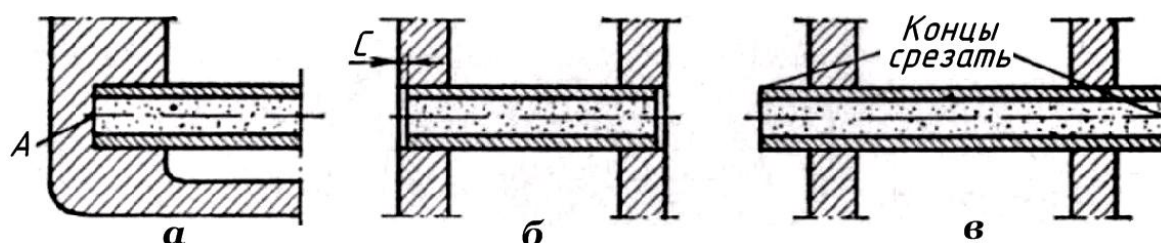


Рис. 6.41. Установка стальных труб в литейной форме:
а, б – неправильная, в – правильная

Трубы в армированных отливках устанавливают в порядке, обусловленном технологией, с таким расчетом, чтобы они не мешали дальнейшей установке стержней. Существуют три способа установки труб:

1. Трубы укладывают в нижней части формы под стержнями так, чтобы стержни сверху можно было свободно проставить на заранее установленную трубу.

2. Трубы укладывают в верхней части формы над стержнями с учетом свободной установки их на ранее проставленные стержни.

3. Трубы устанавливают между двумя ярусами стержней.

При сборке сложных и ответственных армированных отливок секций рекуператора типа «термоблок» (рис. 6.42, *а*), представляющих собой чугунную отливку с залитым внутри стальным каркасом, состоящим из двух торцовых фланцев и большого количества стальных труб (рис. 6.42, *б*), особое внимание должно быть обращено на правильное устройство литниковой системы. Последняя должна обеспечивать максимально быструю заливку формы жидким металлом, который должен иметь минимальную температуру, чтобы трубки не расплавились.

На одном из заводов металл в собранную форму заливали, пользуясь мерной литниковой чашей (рис. 6.42, *в*). Из нее металл по двум стоякам большого сечения попадал в шлакоуловитель и пять толстых щелевых питателей, присоединенных ко всем ребрам и фланцам по всей их

высоте. Температура заливаемого металла была не выше 1260 °С. Время заполнения формы колебалось в пределах 40–45 сек. Стальной каркас перед установкой в форму проверяли на герметичность водой под служебным давлением, а плотность сварочных швов — керосином. Перед заливкой каркас тщательно очищали в пескоструйной камере.

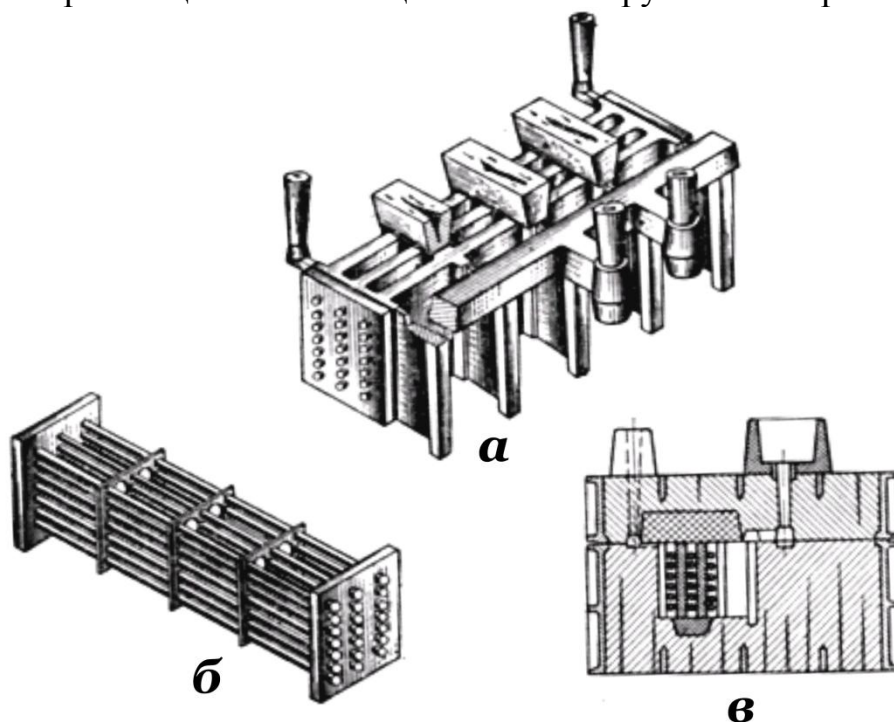


Рис. 6.42. Изготовление армированной отливки рекуператора типа «термоблок»: а — отливка рекуператора с литниковой системой; б — стальной каркас, заливаемый в отливке; в — разрез собранной формы

6.15. УХОД ЗА КРУПНОЙ ФОРМОЙ

Уход за крупной формой — это комплекс технологических операций, выполняемых на разных стадиях изготовления отливки. Во время подготовки формы и стержней к сушке могут произойти механические повреждения, деформация частей формы, пережог при сушке и т. д. Качество форм и стержней оценивают по их внешнему виду, по осыпаемости поверхности стенок, по глубине просушенного слоя, соответствию геометрической формы и размеров требованиям технологического процесса. Крупные формы в почве должны быть огорожены с внешних сторон до завершения сборки.

Во время сборки формы легко повредить ее стенки. Поверхности формы, на которые опираются рабочие при установке стержней, защищают щитами или мягкими материалами. Цилиндрические стержни, не

имеющие выступающих сверху металлических подъемов, устанавливают в форму, пользуясь ремнями как захватами. При установке стержней важно получить минимальные зазоры по контуру знаков, особенно в тех частях, через которые может проникнуть металл в газоотводящие каналы. Значительные зазоры заделывают в доступных местах формовочной смесью, асбестом или засыпают сухим песком. Места расположения подъемов, выходящих на поверхности стержней, заделывают самотвердеющей облицовочной формовочной смесью и прошпиливают гвоздями.

До проведения заключительной операции соединения нижней полуформы с верхней наращивают прибыли, если в этом есть необходимость, и выполняют проверочное перекрытие формы, которое позволяет определить толщины стенок будущей отливки и убедиться в отсутствии отпадов стенок полуформы и стержней. Окончательное соединение полуформ производят только после устранения выявленных недостатков.

Простой собранных крупных форм в ожидании заливки не должен превышать 12 ч. При большей продолжительности, но не более 24 ч, целесообразно прогреть форму переносными печами, продувая горячие газообразные продукты сжигания топлива через открытые прибыли. Несмотря на целесообразность предварительного подогрева формы, описанный способ подогрева может привести к местному пережогу поверхности формы или стержней, а также к вдуванию в полость формы твердых составляющих продуктов сжигания твердого топлива. С этой точки зрения более предпочтительна продувка формы воздухом, подогреваемым до температуры 140–150 °С специальным электрическим калорифером. Такие агрегаты используют с подачей горячего воздуха через гибкие трубы.

Наиболее ответственными являются операции ухода за прибылями, включающие засыпку открытой поверхности прибылей теплоизолирующими или экзотермическими материалами и периодические доливки стали в прибыль.

Первая доливка стали выполняется через каналы отдельной литниковой системы, подведенной одновременно ко всем прибылям. Если доливаемый металл подается неодновременно во все прибыли, то происходящее при этом перемещение более горячих потоков жидкой стали из одних прибылей в другие, причем через стенки отливки, может оказать неблагоприятное влияние на создание нужной направленности затвердевания всей отливки. При этом важно, чтобы металл, изолированный слоем засыпки, непрерывно сохранялся в жидком состоянии, а доливка не способствовала развитию явлений ликвации. Для этой цели поверх-

ность прибыли целесообразно сначала засыпать теплоизоляционным материалом, например типа вермикулита, а после последней доливки сверху покрыть слоем древесного угля, при постепенном сгорании которого металл в верхней части прибыли и перекрывающая его засыпка не образуют твердой корочки, изолирующей прибыль от внешней атмосферы. При второй и последующей доливках прибылей нужно использовать сталь с меньшим содержанием углерода, серы и фосфора.

Описанный способ доливки прибылей применяют при изготовлении отливок общего назначения. В случаях изготовления отливок особо ответственного назначения, например деталей энергетического оборудования, эксплуатируемых в условиях воздействия высоких температур и давления пара, доливка жидкого металла в прибыли производится только через каналы литниковой системы, т. е. в соответствии с приведенными выше положениями, относящимися к первой доливке прибыли.

Большое значение имеет удаление заливов металла с поверхности формы, когда они еще не успели полностью затвердеть.

Раскрепление верхней полуформы или равнозначное ему снятие грузов производят как можно раньше, чтобы уменьшить вероятность образования горячих трещин, но лишь после образования достаточно прочной корки металла, затвердевшего с поверхности отливки. Например, если наибольшая толщина стенок отливки δ_0 не превышает 100 мм, разгрузку формы можно начинать через 0,5 ч после заливки при $\delta_0 = 250$ мм – через 1 ч, а при $\delta_0 = 500$ мм – через 2 ч.

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИННОЙ ФОРМОВКИ

Основными операциями формовки являются: наполнение опоки формовочной смесью, уплотнение ее, удаление модели из формы и отделка формы. Это тяжелые и трудоемкие операции. Кроме того, ручное удаление модели и ручная отделка формы приводят к нарушению размеров полости формы, а значит к снижению точности размеров изготавливаемых отливок. Основной технической задачей современного литейного производства является всемерное расширение области применения машинной формовки, при которой перечисленные недостатки ручного способа в зависимости от условий устраняются полностью или почти полностью.

Машинная формовка по сравнению с ручной имеет большие преимущества. Механизированы операции уплотнения форм при их изготовлении и протяжки моделей. Используются металлические модельные комплекты. Формовочные смеси более стабильны по составу. Все это способствует получению отливок с более высокими значениями геометрической и размерной точности и показателями качества поверхности. Затраты на оборудование и технологическую оснастку в условиях машинной формовки возрастают и окупаются только при производстве отливок больших партий, т.е. при серийном и массовом производстве. Отметим следующие особенности машинной формовки по сравнению с ручным способом формовки.

1. При ручной формовке все основные технологические операции (засыпка смеси, уплотнение, установка стержней, выполнение элементов литниковой системы, сборка формы) по изготовлению формы выполняет один высококвалифицированный рабочий. При машинной формовке эти технологические операции изготовления формы разделены, поэтому появляется возможность для изготовления формы использовать менее квалифицированных рабочих.

2. Если при ручной формовке сложные отливки (рис. 7.1, *а*) изготавливают в трех опоках по разъемным моделям (рис. 7.1, *б*), то эти же отливки при машинной формовке получают в парных опоках (рис. 7.1, *в*) с использованием стержней, поскольку затраты окупаются серийностью производства.

3. В ручной формовке применяют деревянную оснастку, в то время как при машинной формовке применяют металлическую оснастку, кото-

рая обеспечивает существенное повышение геометрической и размерной точности отливок.

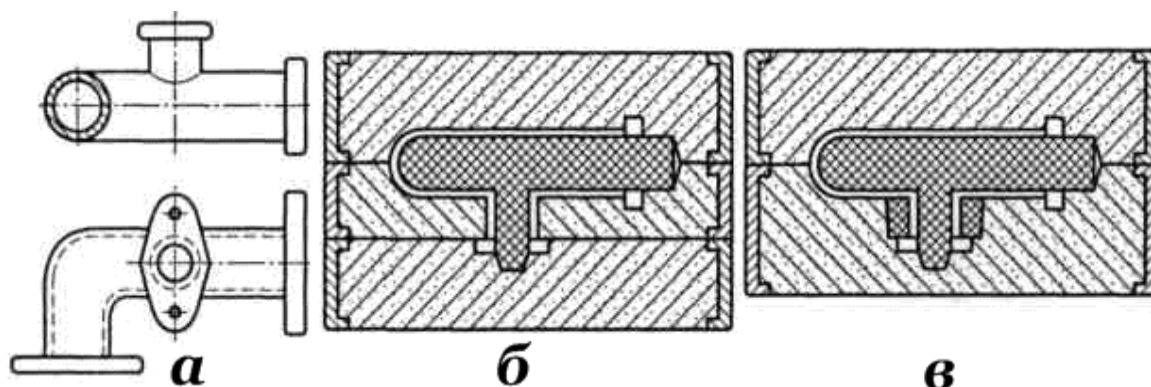


Рис. 7.1. Эскиз сложной отливки и опоки ручной и машинной формовки: а — отливка; б — ручная формовка в трех опоках; в — машинная формовка в парных опоках с использованием стержня

4. При машинной формовке модели элементов литниковой системы изготавливают в модельном цехе и монтируют на модельной плите, таким образом, достигается стабильность качества отливок.

Различают две технологии машинной формовки – по опочному и безопочному вариантам.

7.1. ОПОЧНАЯ ФОРМОВКА

Литейные формы при опочной формовке часто изготавливают на встряхивающих машинах с подпрессовкой. Последовательность операций при изготовлении полуформы верха на встряхивающих с подпрессовкой формовочных машинах представлена на рис. 7.2.

Модельную плиту 7, закрепленную на столе машины 2 опрыскивают разделительным составом (например, смесью керосина с мазутом) (рис. 7.2, а). Устанавливают по штырям модельной плиты опоку 3, стояк 4 (рис. 7.2, б). Засыпают облицовочную формовочную смесь 5 (рис. 7.2, в), надевают на крестовины крючки 6 (рис. 7.2, г) для удержания выступающих частей формы, устанавливают наполнительную рамку 7 и засыпают наполнительную смесь 8 (рис. 7.2, д). Затем включают встряхивающий механизм для уплотнения смеси при ее встряхивании. Сняв наполнительную рамку, выполняют допрессовку верхних слоев смеси в опоке, а в некоторых случаях их уплотняют пневматической трамбовкой (рис. 7.2, е). Далее вручную линейкой срезают излишки сме-

си с поверхности опоки (рис. 7.2, ж), накалывают душником вентиляционные каналы 9 (рис. 7.2, з) и извлекают модель стояка.

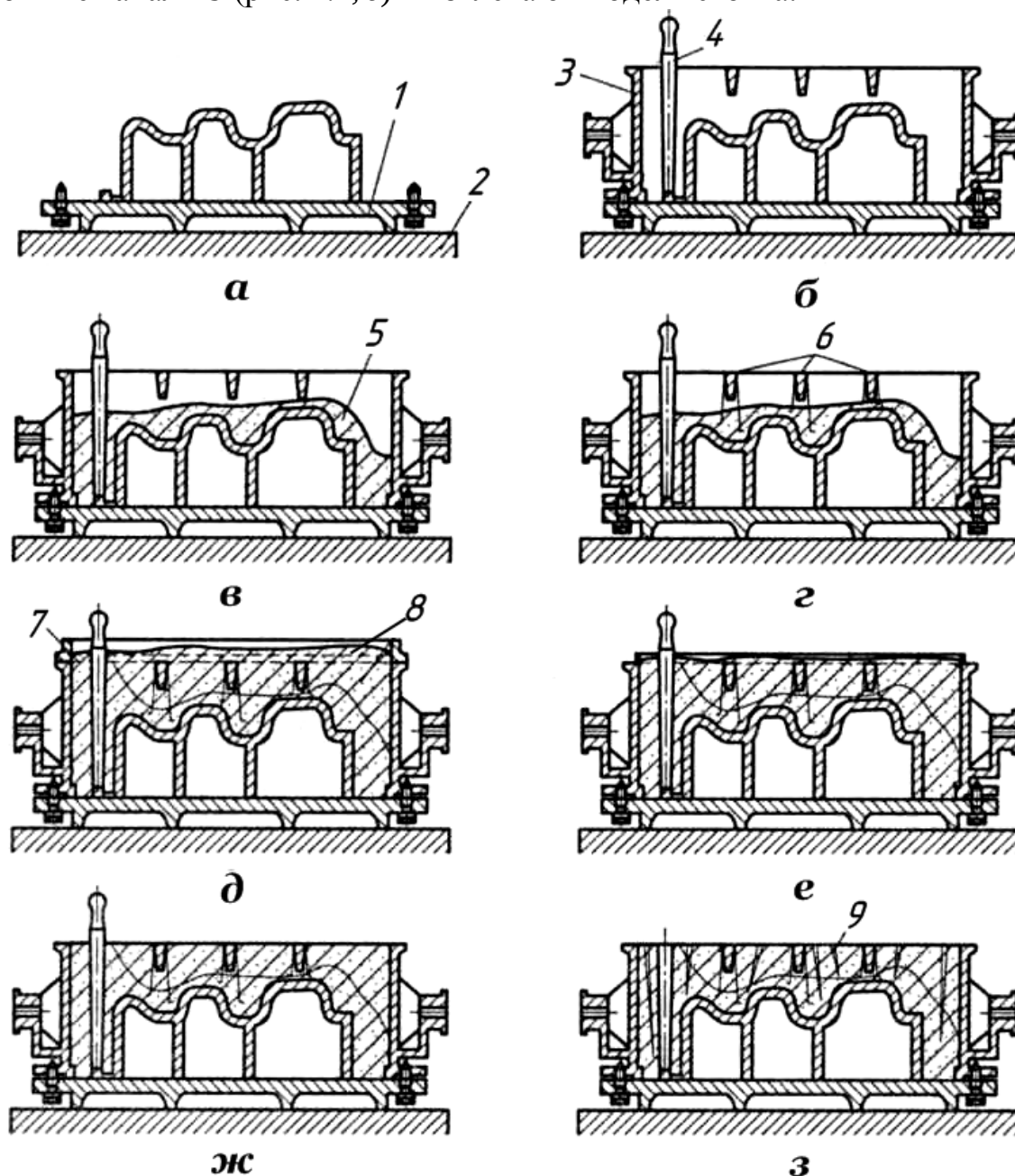


Рис. 7.2. Последовательность выполнения операций машинной формовки: а – модельная плита с моделью; б – модельная плита с установленной на ней верхней опокой; в – засыпка облицовочной смеси в опоку; г – установка крючков на крестовины; д – засыпка наполнительной смеси; е – уплотнение смеси; ж – срезание излишков смеси; з – накалывание вентиляционных каналов; 1 – модельная плита; 2 – стол машины; 3 – опока; 4 – модель стояка; 5 – облицовочная формовочная смесь; 6 – стальные крючки; 7 – наполнительная рамка; 8 – наполнительная смесь; 9 – вентиляционный канал

Протяжку моделей из формы выполняют с использованием механизмов штифтового (рис. 7.3) или рамочного съема полуформы.

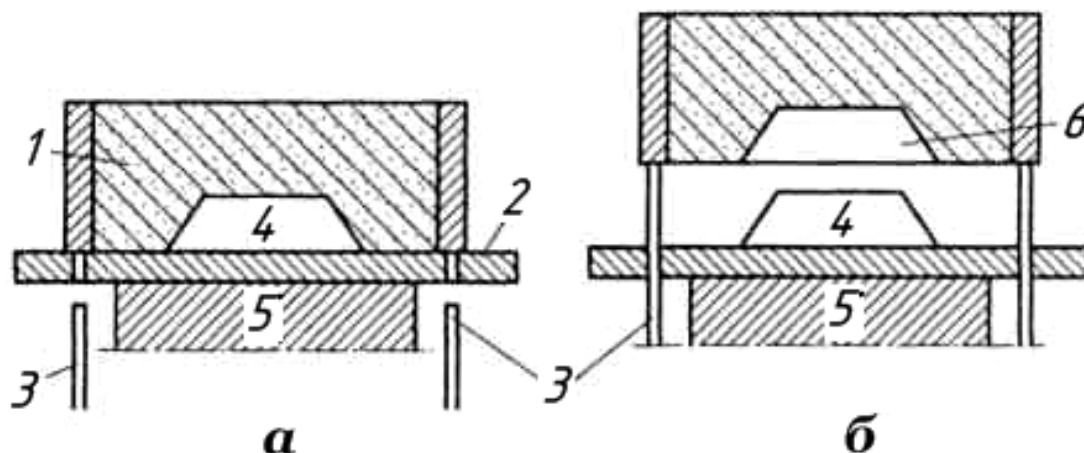


Рис. 7.3. Извлечение модели из полуформы штифтами: а – полуформа после уплотнения; б – полуформа после извлечения модели; 1 – полуформа; 2 – модельная плита; 3 – штифты; 4 – модель; 5 – стол машины; 6 – полость формы

Аналогичным образом, но без операции установки и извлечения стояка литниковой системы, изготавливают нижнюю полуформу на машинах с поворотной плитой и приемным столом, снабженным нивелирующим механизмом. Если съем полуформы штифтовой, то после съема с плиты опоку, подвешенную на цапфах с помощью цепей, закрепленных на подъемнике, поворачивают вручную. На рис. 7.4 представлены две схемы организации рабочего места опочной формовки, например, на встряхивающих с подпрессовкой машинах, – комплектная и групповая.

При комплектной схеме (рис. 7.4, а) нижняя опока после ее набивки сдвигается на рольганг 9 со стола машины 8 с поворотным столом. Верхняя опока от машины 3 со штифтовым съемом передается к рольгангу 9 на пневматическом подъемнике, который перемещается по монорельсу 4.

Сборщик устанавливает в нижней форме стержни, спаривает опоки по сборочным штырям, закрепляет их скобами, вынимает штыри и сталкивает на конвейер 1. Пустые опоки после выбивки отливок возвращаются по конвейеру и сталкиваются толкателем на рольганг 5.

Толкатель включает формовщик, который изготавливает верхние полуформы. С помощью пневматического подъемника 6 он разъединяет («распаривает») опоки, снимая верхнюю опоку. Обслуживающая участок бригада состоит из трех человек.

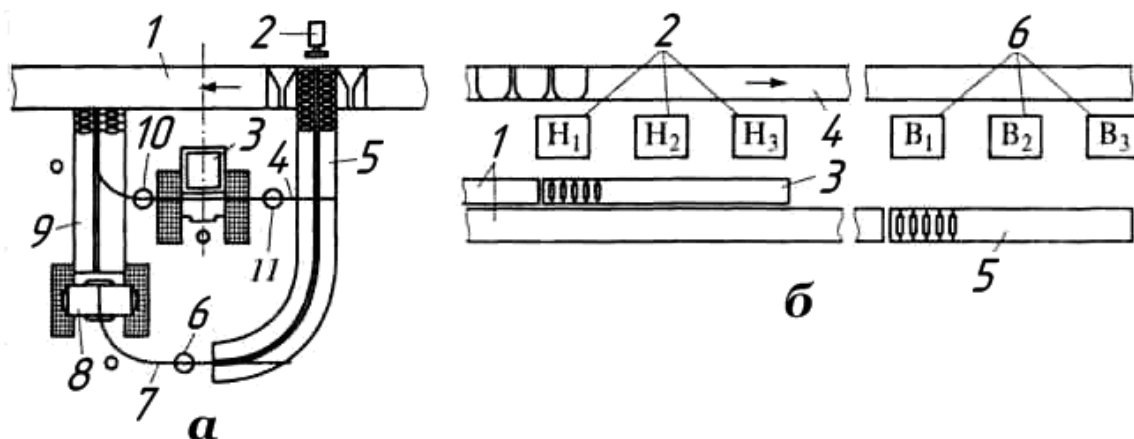


Рис. 7.4. Схемы организации рабочего места опочной формовки на встряхивающих с подпрессовкой машинах: а – комплектная: 1 – конвейер; 2 – толкатель; 3 – машина; 4, 7 – монорельсы; 5, 9 – рольганги; 6, 10, 11 – пневматические подъемники; 8 – стол машины; б – групповая: 1 – ленточные транспортеры; 2 – машины, формирующие «низ»; 3 – рольганг для нижних опок; 4 – конвейер; 5 – рольганг для верхних опок; 6 – машины, формирующие «верх»; Н,–Н_з, В,–В_з – соответственно нижние и верхние полуформы

При групповой схеме (рис. 7.4, б) машины 2 для изготовления нижних полуформ Н–Н_з сосредоточены в одной части конвейера, а машины 6 для формовки верхних полуформ В–В_з – в другой. При этом между ними создается такое расстояние, чтобы было достаточно времени для установки стержней и сборки форм непосредственно на конвейере 4. Опoki после выбивки отливок возвращаются к машинам транспортерами 1 и по рольгангам 3 и 5.

Комплектная схема является типичной для литейных цехов массового производства. Групповая схема предпочтительней, если при изготовлении формы используется много стержней. В этом случае длина конвейера для установки стержней значительно больше, чем в комплектной схеме.

7.2. БЕЗОПОЧНАЯ ФОРМОВКА

При безопочной формовке, в отличие от опочной, используется только одна двусторонняя модельная плита.

Безопочная формовка применяется для изготовления мелких (до 4 кг) отливок, как правило, без стержней. Последовательность выполнения операций изготовления формы по безопочному варианту формовки представлена на рис. 7.5.

На столе машины размещают верхнюю опоку 2 ушками вверх, по штырям устанавливают двустороннюю модельную плиту 3, обдувают ее сжатым воздухом и наносят из пульверизатора разделительное покрытие. Далее уста-

навливают нижнюю опоку 4 ушками вниз, насыпают в опоку формовочную смесь, разравнивают ее по всей площади опоки и уплотняют встряхиванием. Срезают вручную излишки смеси, делают наколы для выхода газов, накладывают подопочный щиток 1 и поворачивают вручную обе опоки на 180° . Обдувают модель верха сжатым воздухом, наносят из пульверизатора разделительное покрытие, устанавливают модель пружинного стояка 6, насыпают из бункера в опоку смесь с избытком. Смесь выравнивают по площади опоки и вручную вдавливают в нее прессовую плиту 5. Устанавливают прессовую траверсу в рабочее положение и выполняют уплотнение верхней полуформы прессованием. Отводят прессовую траверсу в сторону, расталкивают и снимают с верхней полуформы прессовую плиту, извлекают модель пружинного стояка, накалывают вентиляционные каналы для выхода газов, включают вибратор (для лучшего отделения модели от смеси) и вручную снимают верхнюю полуформу с модельной плиты, кладут ее на бок на верстак. Продувают сжатым воздухом лад полуформы и канал стояка, затем также вручную снимают модельную плиту с нижней полуформы, устанавливают в нее стержни и верхнюю полуформу на нижнюю. Далее снимают обе опоки одновременно с формы, устанавливают форму на конвейер и надевают стальной жакет 7.

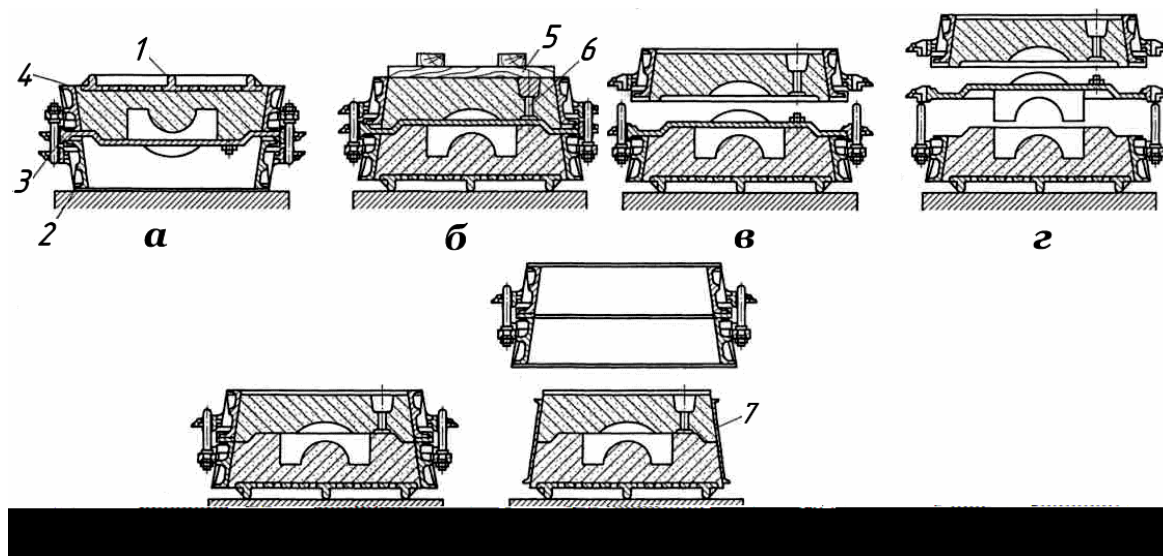


Рис. 7.5. Последовательность выполнения операций (а – е) изготовления безопочной формы: а – изготовление нижней полуформы; б – изготовление верхней полуформы; в – снятие верхней полуформы; г – снятие двусторонней модельной плиты; д – сборка формы; е – снятие опок и надевание жакета; 1 – подопочный щиток; 2, 4 – соответственно верхняя и нижняя опоки; 3 – модельная плита; 5 – прессовая плита; 6 – пружинный стояк; 7 – стальной жакет

При производстве поршневых колец широкое распространение получила этажная (стопочная) формовка с использованием круглых опок (рис. 7.6) небольшой (30 мм) высоты. Отливки располагаются по окруж-

ности вокруг центрального стояка. Стопка, как правило, делается довольно высокой 300...450 мм, и недостатком стопочной формовки является большой металлостатический напор, что приводит к такому дефекту, как подутие отливок, расположенных в нижней части стопки. Во избежание попадания шлака в отливку, особенно в первые моменты заливки, под чашу-нарощалку устанавливают расплавляющуюся пластину.

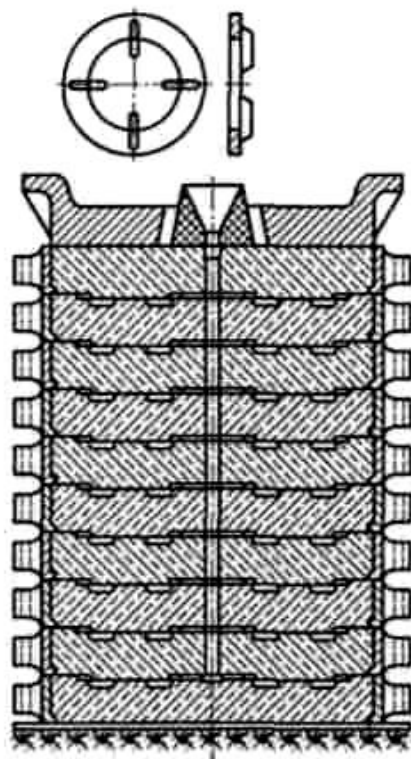


Рис. 7.6. Этажная формовка с использованием круглых опок

7.3. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОПОЧНАЯ И БЕЗОПОЧНАЯ ФОРМОВКА

Высокий уровень стабилизации технологических параметров, относящихся к форме и металлу, достигается в условиях автоматизированного производства. Операции выполняются на автоматизированных формовочных линиях (АФЛ) опочной и безопочной формовки. Каждая линия при этом имеет свою смесеприготовительную систему, плавку ведут дуплекс-процессом, что обеспечивает по сравнению с машинной формовкой более высокий уровень стабилизации технологических параметров, относящихся к форме и металлу, и повышение точности размеров и масс отливок в среднем на два класса по ГОСТ 26645.

Все операции по формовке, сборке, заливке и выбивке на этих линиях выполняются автоматически по заданному циклу. На рис. 7.7

показана схема автоматизированной линии производительностью 140 форм в час, на которой установлены две пары формовочных автоматов, из которых одновременно работает одна пара, изготавливающая на одном автомате верхние полуформы, на другом – нижние. Вторая пара автоматов является резервной и во время работы первой ее налаживают для выпуска отливок другого наименования.

Смесь подают к формовочным автоматам через установленные над машинами бункера 4. Автоматизированная загрузка бункеров обеспечивает бесперебойную подачу очередных порций смеси в дозатор. Убирают просыпающуюся смесь ленточными транспортерами 11, расположенными в подвальном помещении. Для отвода газов и пыли установлены вентиляционные отсосы 9.

Работа на автоматической линии происходит следующим образом. Пустые опоки с рольгангов-накопителей 3 и 16, соединяющих выбивные решетки 2 и 17 с формовочными машинами-автоматами 18 и 19, устанавливаются на протяжную раму машины, на столе которой закреплена подмодельная плита с моделями. Опоку заполняют формовочной смесью, производят встряхивание, прессование, вентилирование формы и протяжку модели. Заформованная нижняя полуформа выдвигается с машины на кантователь 10, который поворачивает ее на 180°. После этого нижняя полуформа передается на очередную тележку литейного конвейера 7.

На участке конвейера между линиями нижних и верхних полуформ проверяется качество формы, устанавливаются стержни и направляющие штыри.

Заформованная верхняя полуформа выдвигается с протяжной рамы машины 18 на приемный роликовый стол 12. Со стола опока снимается манипулятором опоканакрывателя 6 (аналогичного опокаснимателю 5) и подается на ось литейного конвейера, где ожидает подхода очередной тележки конвейера с нижней полуформой.

Когда тележка поравняется с осью автоматической линии, происходит сцепление опоканакрывателя с поводком тележки. Опоканакрыватель и поводок тележки начинают двигаться вместе. За это время манипулятор опускает верхнюю полуформу на нижнюю, клещи размыкаются, и происходит сборка формы. Затем захват поднимается и опоканакрыватель возвращается обратно на ось линии.

Собранная форма проходит под подвесным конвейером прижимных грузов 15, который работает синхронно с литейным конвейером.

Подвесной конвейер автоматически накладывает на формы грузы перед заливкой и снимает их после затвердевания металла в формах.

Заливка металла полностью механизирована при помощи электрифицированных заливочных устройств 8 и приводной заливочной площадки 13.

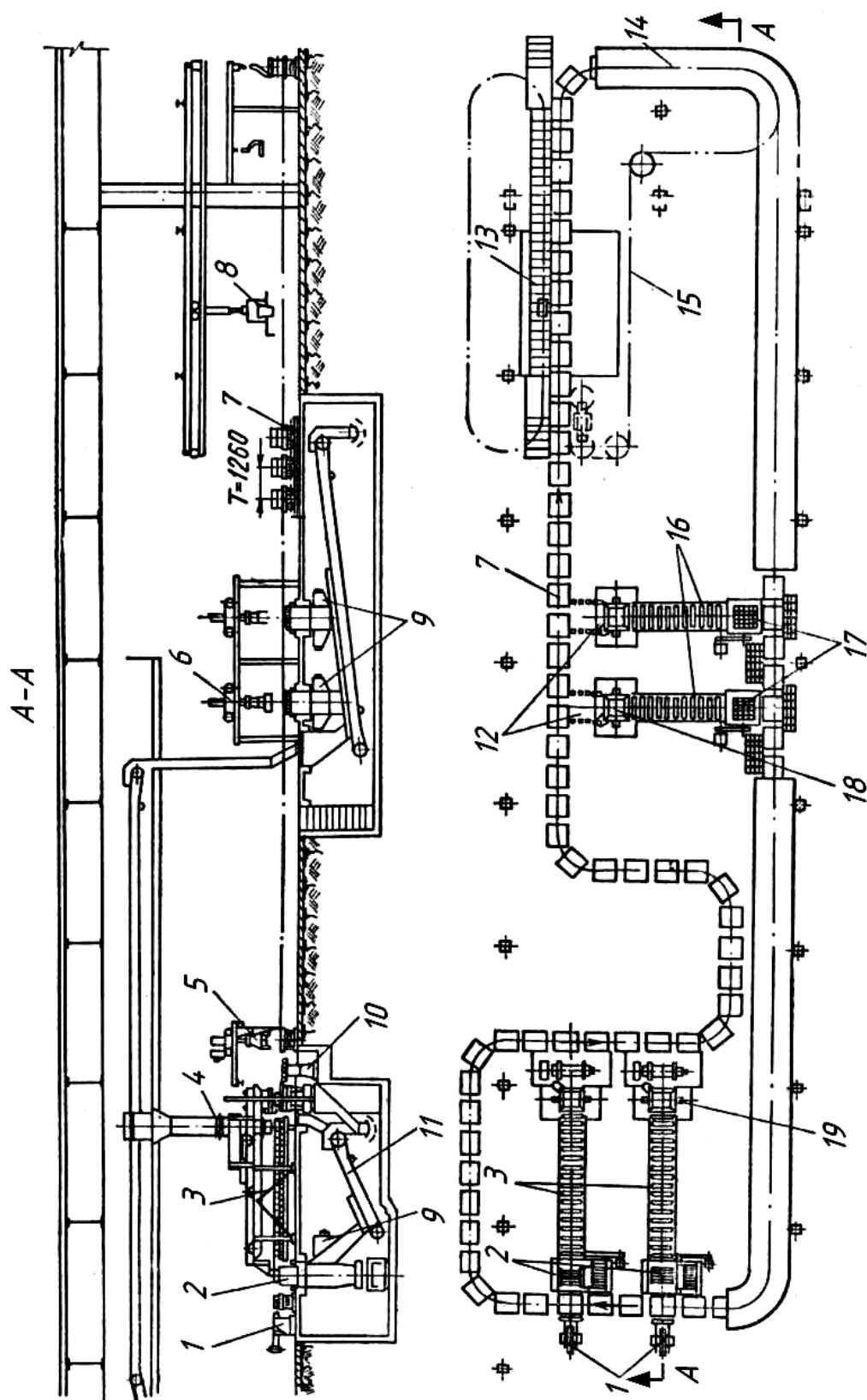


Рис. 7.7. Схема автоматизированной линии изготовления литья

Залитые формы после освобождения от прижимных грузов очищаются от заливов металла и подаются на охлаждаемый участок 14 конвейера. Не дойдя до оси автоматической линии, очередная тележка литейного конвейера входит в зацепление с опокоснимателем 5, который во время совместного хода с конвейером снимает верхнюю полуформу и передает ее на выбивную решетку 17.

Нижняя полуформа с находящейся в ней отливкой продолжает свое движение на конвейере и при подходе тележки конвейера к оси одной из автоматических линий нижних полуформ сталкивается вместе с отливкой пневматическим толкателем 1 на выбивную решетку 2. Отливка и отработанная смесь проваливаются вниз, а опоки поступают в работу.

Управление линиями осуществляется через командоаппараты, частично сблокированные с литейным конвейером. На всех исполнительных механизмах установлены конечные выключатели, которые контролируют начало и конец операций, а в некоторых случаях подают импульсы электропневматическим клапанам исполнительных механизмов.

В автоматизированных линиях предусмотрена система сигнализации, оповещающая дежурного электрика о задержке той или иной операции. Невыполнение какой-нибудь операции на линии вызывает остановку конвейера.

На рис. 7.8 представлена АФЛ среднего и мелкого литья в ОАО «Волжский автомобильный завод» по опочному варианту формовки.

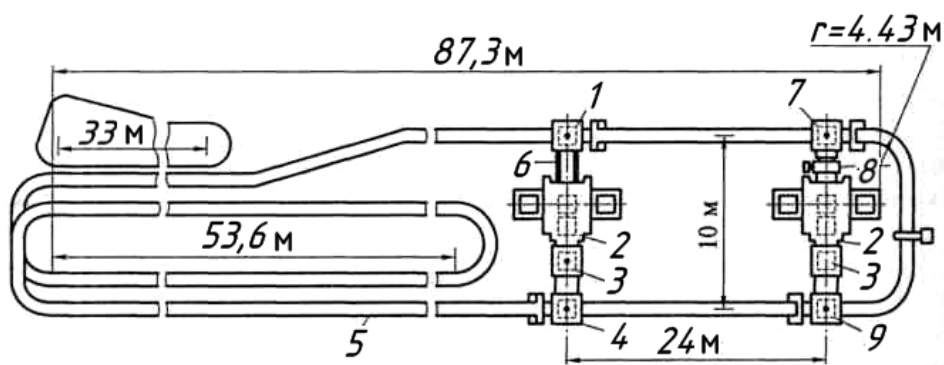


Рис. 7.8. Автоматизированная формовочная линия среднего и мелкого литья в ОАО «Волжский автомобильный завод»: 1 – сборщик форм; 2 – автомат изготовления верхней (нижней) полуформы 3 – выбивное устройство; 4 – распаровщик; 5 – литейный конвейер; 6 – рольганг; 7 – установщик форм на конвейер; 8 – кантователь; 9 – перестановщик форм; r – радиус поворота АФЛ

Опоки имеют размеры 700 х 800 х 260/260 мм. Линия, снабженная двумя автоматами «СПО-Матик», работающими в режиме встряхивания

с одновременной подпрессовкой, имеет производительность 270... 280 форм в час. Давление прессования 1,2 МПа.

Залитая металлом форма после охлаждения поступает в распаровщик 4, который снимает верхнюю полуформу на ходу конвейера и передает ее в выбивное устройство 3. Выбивка формы осуществляется путем прошивки полуформы плоской прошивной плитой. Далее пустая опока поступает к автомату 2 изготовления верхней полуформы. Заформованная опока выходит из автомата на рольганг 6, который доставляет ее к сборщику форм 1.

Нижняя полуформа, оставшаяся на конвейере после снятия верхней опоки, с отливками и оставшейся массой формовочной смеси движется до перестановщика форм 9, который переставляет форму в выбивное устройство 3, работающее также по методу прошивки. Ком смеси вместе с отливками проваливается на вибрлотки, расположенные на первом этаже цеха, и отливки, отделенные от формовочной смеси на вибрлотках, поступают сначала в накопитель, а затем в короб охлаждающего толкающего конвейера. Пустая опока без кантовки (опока низа двусторонняя: обе стороны одинаковые, снабжены втулками) поступает в автомат формовки нижней полуформы 2, работающий аналогично автомату изготовления верха формы. Далее готовая нижняя полуформа попадает на конвейер, а по нему – сначала в кантователь 8, а затем в установщик форм 7, опускающий нижнюю полуформу на конвейер, по которому она через участок установки стержней поступает к сборщику форм 1, где выполняется ее накрытие верхней полуформой. После сборщика форма без установки грузов и дополнительного крепления поступает на заливочный участок. Веса верхней полуформы с массивной опокой достаточно, чтобы предотвратить раскрытие места стыка полуформ и уход металла по разьему. Операции, связанные с перестановкой полуформ и их сборкой, проводятся на непрерывно движущемся конвейере. На рис. 7.9 представлена АФЛ типа «DISA» для безопочной формовки с вертикальной плоскостью разьема. Производительность АФЛ при двухсменной работе составляет 5...7 тыс. т отливок в год.

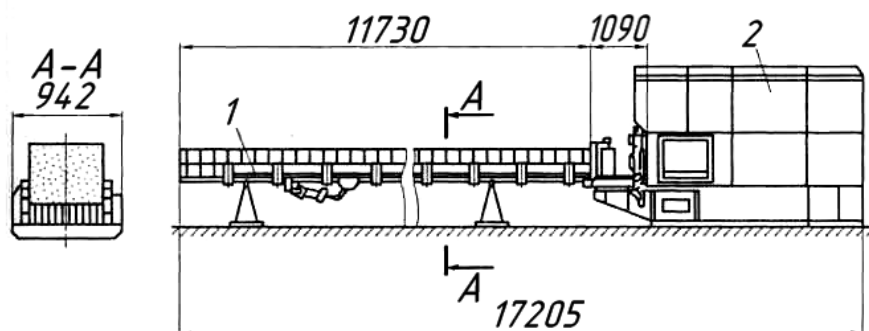


Рис. 7.9. АФЛ типа «DISA» для безопочной формовки с вертикальной плоскостью разьема: 1 – транспортная линия; 2 – формовочный автомат

Формовочная линия состоит из формовочного автомата 2 и транспортной линии 1. Формовочная камера машины имеет вид прямоугольного короба. С торцов камера закрывается прессовой и поворотной плитами, на которых смонтированы модельные комплекты. В нижней части камера ограждена донной плитой, вверху – надувной плитой, через которую производится надув и предварительное уплотнение смеси пескодувным способом.

7.4. ПРОТЯЖКА МОДЕЛЕЙ И СТЕРЖНЕВЫХ ЯЩИКОВ

Ответственной операцией при изготовлении песчаных форм и стержней является протяжка модельно-стержневой оснастки (другими словами съём форм и стержневых ящиков).

При этом часто возникают подрывы, обвалы форм и стержней, или в них появляются трещины.

7.4.1. Анализ усилий, действующих на формы при протяжке моделей

С наибольшей вероятностью разрушению будут подвергаться выступающие части форм и стержней, которые литейщики называют болванами. Следует знать, что на выступающие части формы и стержней действуют четыре силы, показанные на рис. 7.10:

- сила $P_{\text{ПР}}$ прилипания смеси к оснастке;
- силы трения, возникающие между смесью и оснасткой, особенно в момент их отрыва одной от другой,

$$F_{\text{ТР}} = kN, \quad (7.1)$$

где k – коэффициент трения смеси об оснастку; N – сила нормального давления смеси на оснастку, которая вызывается упругой деформацией смеси после снятия уплотняющей нагрузки;

- сила тяжести G выступающих частей форм и стержней

$$G = m_{\text{В}}g, \quad (7.2)$$

где $m_{\text{В}}$ – масса выступающих частей; g – ускорение свободного падения;

- сила инерции $P_{\text{ИН}}$, возникающая при перемещении выступающих частей форм массой $m_{\text{В}}$, особенно при значительных скоростях протяжки,

$$P_{\text{ИН}} = m_{\text{В}}a, \quad (7.3)$$

где a – ускорение при перемещении выступающих частей формы или оснастки.

Перечисленные силы могут действовать на выступающие части по двум схемам, различающимся только направлением действия силы тяжести. В одном случае (рис. 7.10, а) сила тяжести способствует отрыву

выступающих частей, в другом (рис. 7.10, б) – сила тяжести не участвует в отрыве.

Поэтому у литейщиков существует правило, согласно которому *выступающие части следует располагать в нижней полуформе, которую перед протяжкой модели в любом случае кантуют* (переворачивают на 180°) для установки стержней и сборки полуформ и, таким образом, устраняют действие одной из сил – силы тяжести выступающих частей.

Для уменьшения сил трения и прилипания литейщики издавна предусматривают на модельно-стержневой оснастке литейные (формовочные) уклоны. Также для уменьшения сил прилипания и сил трения на поверхности моделей и стержневых ящиков наносят разделительные покрытия, используя припылы (от слова «пыль») или модельные пудры и модельные смазки. Разделительные составы образуют водонепроницаемый слой, предотвращающий прилипание смесей к оснастке и уменьшающий силы трения.

Издавна в качестве припыла применяли ликоподий – светло-желтый порошок, жирный на ощупь, без запаха и вкуса, получаемый из зрелых сухих спор разных видов плауна, произрастающего в хвойных лесах.

В качестве припылов используют также кристаллический графит, цирконовый концентрат, электрокорунд, маршаллит, тальк (для цветного литья). Деревянные модели для лучшей их протяжки натирают графитом или протирают керосином.

Для уменьшения сил трения и прилипания смеси необходимо обеспечивать высокое качество поверхности вплоть до ее хромирования. Деревянные модели, как правило, должны окрашиваться.



Рис. 7.10. Схемы действующих на выступающие части формы сил: а – протяжка модели, когда сила тяжести отрывает выступающую часть (болван) формы; б – протяжка модели, когда сила тяжести не участвует в отрыве выступающей части (болвана) формы; 1 – опока; 2 – модельная плита; 3 – модель; $R_{пр}$ – сила прилипания; $F_{тр}$ – сила трения; G – сила тяжести; $P_{ин}$ – сила инерции

Для металлических моделей иногда используют их подогрев до температуры 40...50 °С, который необходим при интенсивной работе в массовом производстве во избежание конденсации влаги, когда на формовку подается неостывшая формовочная смесь.

На металлические модели через определенное число операций формовки в обязательном порядке необходимо наносить слой модельной смазки, называемой иногда антифрикционной. Это название не является точным, так как смазка уменьшает не только силы трения, но и силы прилипания. Рекомендуется более предпочтительное ее название – модельная смазка. Хорошо зарекомендовала себя модельная смазка, состоящая из 10 % олеиновой кислоты и 90 % керосина, а также запатентованные составы смазок, разработанных в ряде фирм.

При выполнении литейных уклонов и использовании разделительных покрытий модель перед съемом формы расталкивают вручную ударом киянки по прутку, один конец которого входит в модель, или включением смонтированного на модельной плите вибратора при машинной формовке.

Операция расталкивания снижает точность отливок: ручное расталкивание увеличивает размеры полости формы на 1,0... 1,5 мм (зависит от квалификации формовщика), вибратор при машинной формовке – на 0,2...0,5 мм.

Большое значение для предотвращения подрывов формы имеют правильное положение опоки (формы) и точность механизма протяжки, так как даже небольшой перекоп опоки относительно модели вызывает подрыв формы.

7.4.2. Конструктивные решения, обеспечивающие качественную протяжку моделей.

Как уже было отмечено, нижние полуформы, в которых предпочтительнее располагать выступающие части (болваны), перед протяжкой модели поворачивают на 180°. Именно поэтому для изготовления верхних и нижних полуформ используют разные машины. Для нижних полуформ («низов») применяют машины с поворотной плитой или перекидным столом, а для верхних («верхов») – без таковых. Приемные столы для полуформ после кантовки, как правило, снабжаются так называемыми «нивелирующими механизмами». Назначение нивелирующего механизма – обеспечить протяжку модели при неправильной тыловой поверхности опоки или неровном подпочном щитке. Если такую опоку опускать на жесткий приемный стол, то она повернется относительно оси. Произойдет перекоп формы относительно модели, обрыв формы или образование трещин. Поэтому приемный стол снабжают

приспособлением в виде двух (или более) брусков, опирающихся на пружины или другие податливые опоры. При соприкосновении опоки с брусками они «приспосабливаются» к неправильной тыловой поверхности опок и прилегают к ней. Далее с помощью особого устройства приемные бруски жестко фиксируются в этом положении, и опока при протяжке модели уже остается неподвижной относительно приемного стола. Несмотря на неправильную тыловую поверхность опоки или неровный подопочный щиток, на который она принимается, перекоса формы относительно модели не будет.

В современных формовочных машинах (в том числе для автоматизированных линий) большое значение придают точности протяжки, которая достигается высокой точностью механических систем, а в последние годы благодаря системам с электронным управлением (регулированием). В одной из систем с электронным регулированием, выполненной фирмой «Kunkel Wagner» (Германия), не только регулируется собственно движение протяжки (в данном случае движение формы относительно модели), но и контролируется перекося формы относительно модели.

Движение протяжки обеспечивается по заданному графику изменения скоростей протяжки. В частности, собственно съём происходит при замедленной скорости и при этом устраняется инерционная сила, направленная на отрыв болвана. Остаточный ход выполняется с повышенной скоростью.

Перекося формы относительно модели вызывается возможным отклонением от параллельности осей цилиндров протяжки. Достигнуто максимальное отклонение осей, равное 0,06 мм и не зависящее от размера опок. Названное отклонение невозможно получить при применении только механических направляющих систем без использования сложных дополнительных мер. Кроме того, механические направляющие системы изнашиваются в процессе работы и не дают возможности обеспечить названную точность. Электронная система позволяет осуществить регулирование отклонения осей до достижения заданного износа.

Описанная протяжка с электронным управлением позволила изготовить форму для гильзы цилиндров с внутренним диаметром 100 мм и высотой 300 мм. При этом литейные уклоны составили 0,12° для наружного контура и 0,15° для внутреннего контура гильзы. Твердость болвана составляет 85... 90 ед., при этом вся гильза располагается в верхней полуформе вопреки правилу, приведенному выше. Форма не должна кантоваться, так как при повороте висячие болваны разрушаются от напряжений изгиба.

Кроме конструктивных решений, в формовочных машинах для обеспечения протяжки используют специальную оснастку с элементами, под-

держивающими выступающие части формы. На рис. 7.11, *а* представлен модельный комплект, состоящий из протяжной 1 и модельной 6 плит.

На протяжной плите по штырям устанавливают опоку 4. На модельной плите закреплены выступающие части 5 модели, между которыми располагается выступ 2 полуформы. При перемещении модельной плиты 6 относительно протяжной плиты 1 и полуформы 3 выступ опирается на горизонтальную часть модели или протяжной плиты. Такая оснастка дороже обычной, в процессе работы происходит абразивное изнашивание сопрягаемых частей, что уменьшает геометрическую точность отливки.

Известна оснастка (рис. 7.11, *б*), в которой выступ 2 опирается на подпружиненную горизонтальную вставку 7 модельной плиты. Перед засыпкой смеси и уплотнением полуформы вставку опускают вниз, и она сжимает пружину 9. В оснастке, приведенной на рис. 7.11, *б*, это делает опока 4, которая через штыри воздействует на поперечину 8. При подъеме полуформы 3 вставка 7 на начальном отрезке пути прижимается пружиной 9 к выступу 2, способствуя его отрыву от формы и поддерживая при движении.

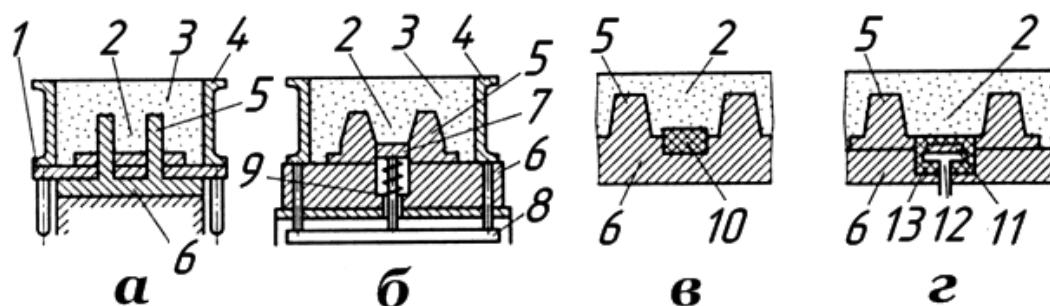


Рис. 7.11. Оснастка для поддержки выступа полуформы при извлечении модели из полуформы: *а* – извлечение и отделение формы от оснастки с использованием протяжной плиты; *б* – то же, но с использованием подпружиненного элемента; *в* – то же, но с использованием упругой вставки; *г* – то же, но с использованием упругой вставки из эластичного материала с полостью для сжатого воздуха; 1 – протяжная плита; 2 – выступ полуформы; 3 – полуформа; 4 – опока; 5 – выступающая часть модели; 6 – протяжная модельная плита; 7 – подпружиненная вставка; 8 – поперечина; 9 – пружина; 10 – упругая вставка; 11 – пластина; 12 – полость; 13 – вставка из эластичного материала

Применяют также модельные плиты 6 с упругими вставками 10, например из резины или пластмассы (рис. 7.11, *в*). При уплотнении смеси такая вставка сжимается. При извлечении модели вставка 10, разжимаясь, поддерживает выступ 2, особенно в момент отрыва. Вертикаль-

ный размер выступа над вставкой при таком способе будет изменяться от формы к форме.

Такого недостатка не имеет вставка 13 из эластичного материала с полостью 12 (рис. 7.11, з). При извлечении модели в полость впускают сжатый воздух, верхняя часть вставки поднимается упирается в выступ 2. Для того чтобы верхний торец вставки был плоским, в полость вставляют пластину 11.

ГЛАВА 8

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ

Для изготовления стержней используются два типа технологий с отверждением и упрочнением стержня вне оснастки или в оснастке. При традиционной технологии для упрочнения применяют конвективную сушку вне оснастки. При этом готовый стержень, имеющий низкую сырую прочность, деформируется на сушильной плите до и во время сушки, и размеры стержня в направлении, перпендикулярном сушильной плите, уменьшаются, а в параллельном – увеличиваются. Это приводит к низкой геометрической и размерной точности стержней, а следовательно, и отливок.

Технология изготовления стержней, упрочнение которых происходит в оснастке, обеспечивает существенное повышение точности как стержней, так и соответственно точности отливок. Наибольшее распространение в крупносерийном и массовом производствах стержней получили прогрессивные технологии по нагреваемой (Hot-box-процесс, 1960-е гг.) и по холодной (Cold-box-процесс, 1980-е гг.) оснасткам. В этих технологиях отверждение стержней происходит в оснастке.

По степени механизации производство стержней подразделяется на ручное и механизированное.

8.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Стержень – это отдельно изготавливаемая часть литейной формы, которая устанавливается в нее при сборке и подготовке к заливке.

8.1.1. Виды стержней.

В литейных цехах применяют большое количество разнообразных стержней, которые различаются размерами, весом, конфигурацией, назначением и другими особенностями. В зависимости от назначения стержни делят на центровые, наружные, литниковые, подкладочные и вспомогательные.

Центровые стержни 1 (рис. 8.1) предназначены для оформления в отливках внутренних полостей и отверстий.

Наружные стержни 2 (рис. 8.2) оформляют наружные очертания отливок (впадины и выступающие части – бобышки, приливы и т. п.).

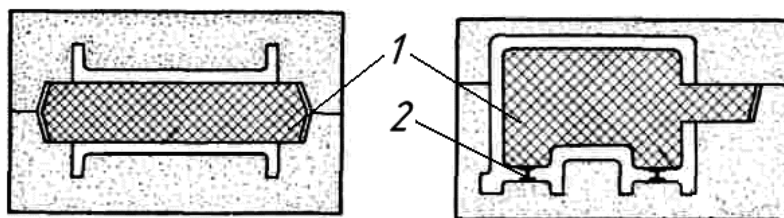


Рис. 8.1. Центровые стержни: 1 – стержни; 2 – жеребейки

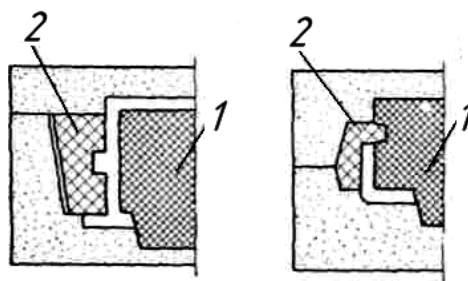


Рис. 8.2. Наружные стержни: 1 – центровые стержни; 2 – наружные стержни

Литниковые стержни служат для оформления в форме элементов литниковых систем. Различают несколько разновидностей стержней для оформления элементов литниковых систем: заливочные чаши 3 и выпорные чаши 4, фильтровальные сетки 5, стояки 6 и питатели 7 (рис. 6.56) и др.

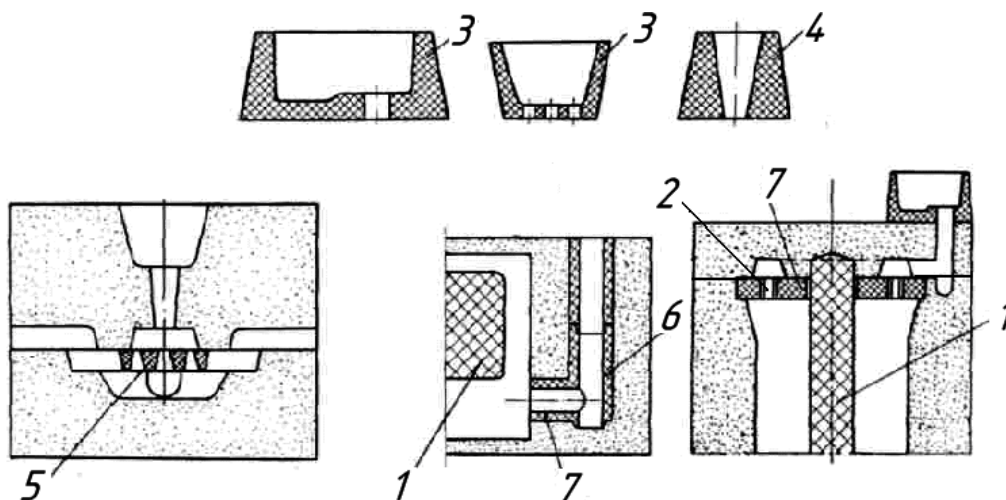


Рис. 8.3. Литниковые стержни: 1 – центровые стержни; 2 – питатель; 3 – чаши заливочные; 4 – чаши выпорные; 5 – сетки фильтровальные; 6 – стержни, выполняющие стояки; 7 – стержни, выполняющие питатели

Подкладочные стержни 3 (рис. 8.4, а) служат для упрочнения отдельных мест формы, испытывающих большое давление со стороны стержней. Они также применяются для предупреждения вдавливания (под давлением веса стержня) жеребеек в поверхность формы (рис. 8.4, б).

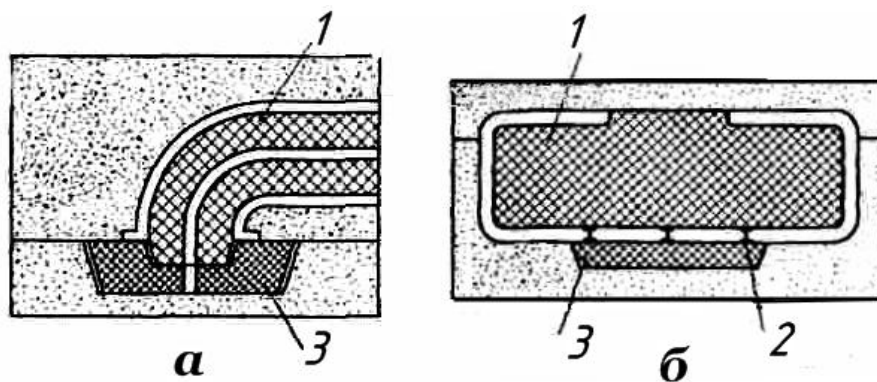


Рис. 8.4. Подкладочные стержни: 1 – центровые стержни; 2 – жеребейки; 3 – подкладочные стержни

Вспомогательные стержни 10 применяют для заделки весок каркасов основных стержней (рис. 8.5, а) и выходных отверстий вентиляционных каналов (рис. 8.5, б), а также при использовании так называемых легкоотделимых прибылей (рис. 8.5, в). В эту группу входят также стержни-заглушки (рис. 8.5, г), служащие для прикрытия знака основного стержня при сборке формы.

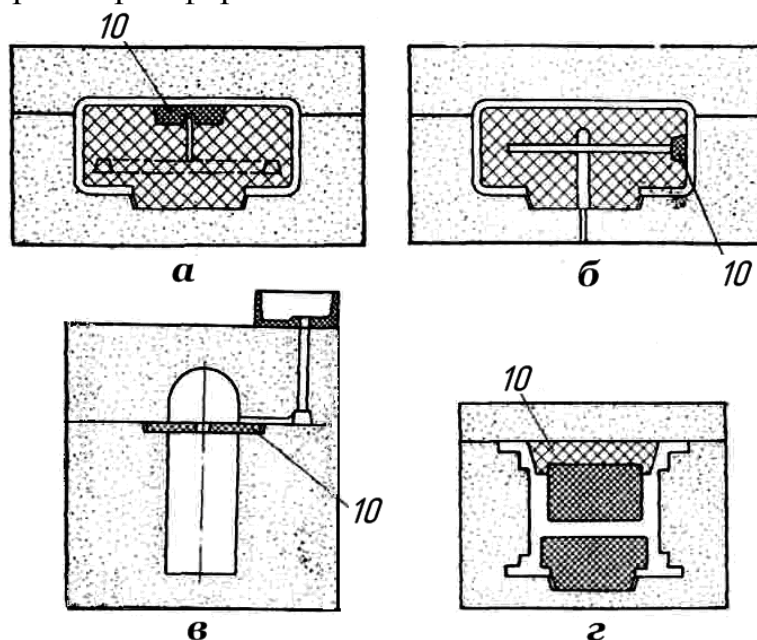


Рис. 8.5. Вспомогательные стержни

По конструктивным особенностям литейные стержни делят на неразъемные и сборные, объемные и оболочковые.

Неразъемные стержни изготавливают целиком в одном стержневом ящике.

Сборные стержни получают путем склеивания, сборки или объединения другими способами нескольких отдельно изготавливаемых частей.

Объемные стержни не имеют внутри открытых полостей.

Оболочковые стержни имеют открытые внутренние полости и равномерную толщину стенок (6–8 мм).

По конфигурации и условиям службы в форме во время ее заливки расплавленным сплавом стержни делят на пять классов (рис. 8.6).

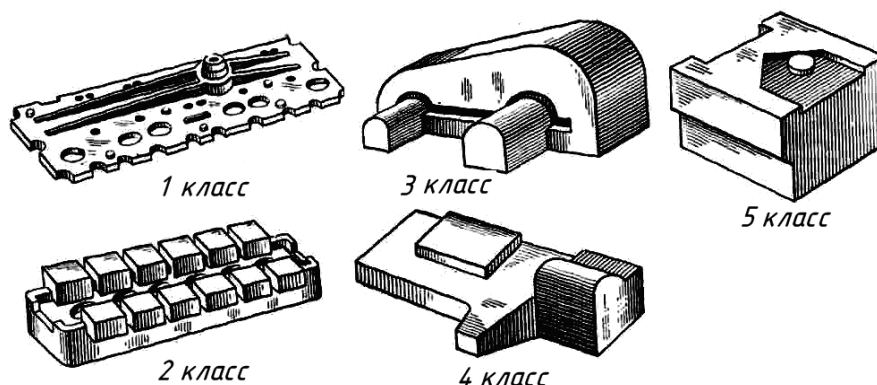


Рис. 8.6. Классы стержней

Стержни 1-го класса имеют сложную конфигурацию, очень тонкие сечения и небольшие знаки, которые со всех сторон омываются расплавленным сплавом. Такие стержни образуют в отливках необработываемые ответственные внутренние полости, которые должны иметь высокую степень чистоты поверхности.

Стержни 2-го класса имеют сложную конфигурацию, в которой сравнительно массивные части сочетаются с тонкими выступами, ребрами и перемычками. Они характеризуются значительными знаками и образуют в отливках полностью или частично необработываемые ответственные полости.

Стержни 3-го класса имеют несложную конфигурацию и образуют в литье внутренние полости и отверстия, к чистоте которых предъявляются повышенные требования.

Стержни 4 и 5-го классов имеют простую конфигурацию и образуют в крупных отливках большие неответственные внутренние полости, которые подвергаются или не подвергаются механической обработке.

В зависимости от веса и объема стержни условно делятся на несколько групп: мелкие весом до 5 кг; средние весом до 100 кг; крупные весом до 500 кг; особо крупные весом более 500 кг.

8.1.2. Требования, предъявляемые к стержням.

Вновь изготовленные сырые (до сушки) стержни во время укладки на сушильные плиты и на этажерки, а также во время транспортирования испытывают удары и сотрясения. Находясь, продолжительное вре-

мя в сырой форме до ее заливки, сухие стержни могут впитывать влагу и осыпаться. Во время заливки стержни подвергаются большому силовому и тепловому воздействию со стороны расплавленного литейного сплава.

В связи с этим стержни должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- достаточно высокая прочность в сыром состоянии (до $0,1 \text{ Н/мм}^2$);
- высокая прочность в сухом состоянии (до $3,0 \text{ Н/мм}^2$);
- минимальная гигроскопичность;
- высокая поверхностная прочность;
- высокая газопроницаемость;
- хорошая податливость;
- непригораемость к отливке;
- хорошая выбиваемость из отливки.

Высокая прочность стержней в сыром состоянии обеспечивается применением смесей, содержащих глину или бентонит, а также водные крепители (сульфитную барду, патоку, декстрин), установкой внутри стержней арматуры, укреплением выступающих и тонких мест шпильками или гвоздями.

Высокая прочность стержней в сухом состоянии достигается применением смесей, содержащих высокопрочные неводные крепители (П, ПТ, ПК и др.), применением арматуры, а также сушкой.

Малая гигроскопичность стержней обеспечивается применением стержневых смесей, содержащих неводные крепители (П, ПТ, ПК и т. п.).

Высокая поверхностная прочность стержней достигается покрытием их поверхности упрочнителями – водными растворами сульфитной барды, патоки и крепителем КВ.

Высокая газопроницаемость стержней достигается их сушкой, а также выполнением искусственной вентиляции.

Хорошая податливость стержней обеспечивается введением в смеси органических добавок, выгорающих при сушке (древесных опилок, торфа, навоза и др.), снижением в них содержания глины, а также применением пустотелых коробчатых или оболочковых стержней.

Непригораемость стержней к отливке достигается применением смесей на основе высокоогнеупорных материалов (магнезита, циркона и др.), покраской или натиркой их противопопригарными красками или пастами.

Хорошая выбиваемость стержней из отливок обеспечивается использованием песчаных стержней, содержащих органические крепители или снижением в них глины, с этой же целью в стержневые смеси вводят дополнительные добавки.

Перечисленные выше требования обеспечиваются также соблюде-

нием технологического процесса изготовления стержней.

8.1.3. Знаки стержней, методы крепления стержней в форме

Кроме основы, оформляющей полости и другие части отливки, стержень должен иметь дополнительные элементы – знаки. Знаки предназначены для установки стержней в форму, правильности установки и надежности их крепления в форме и легкого удаления газов из стержня.

Удобство установки стержней в форму достигается приданием знакам достаточной конусности и уклонов, изготовлением знаков сопряженных элементов модельного комплекта (модель и стержневой ящик) с учетом зазора.

Правильность установки и надежность крепления стержней в форме обеспечиваются правильным выбором размеров знаков, а также устройством в них фиксаторов.

Для предотвращения смещения стержней вокруг горизонтальной оси на их знаках делают фиксаторы в виде прямого среза (рис. 8.7, а) или двух косых (рис. 8.7, б).

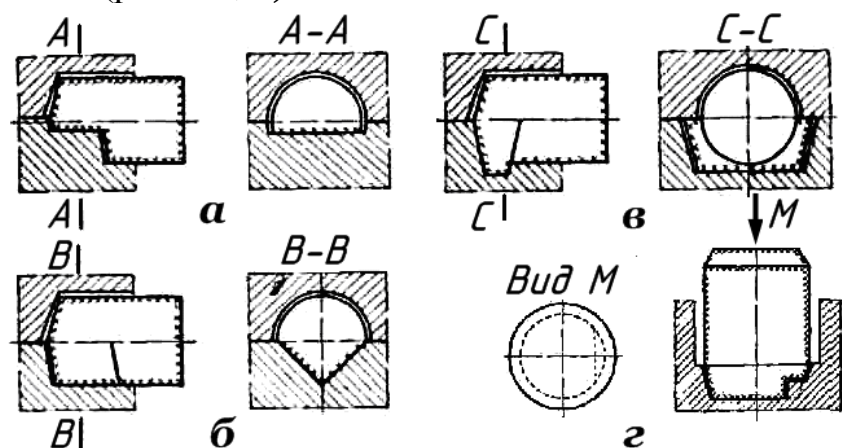


Рис. 8.7. Фиксаторы стержней

Предотвращение продольного смещения стержня достигается устройством на конце его знака трапецидального выступа (рис. 8.7, в). Такой фиксатор одновременно предупреждает осевой поворот стержня вокруг горизонтальной оси. В стержнях с вертикальными знаками фиксаторы выполняют в виде среза на нижнем знаке (рис. 8.7, г). Такой фиксатор предупреждает разворот стержня относительно вертикальной оси.

Недостаточные по длине знаки могут привести к сдвигу – смещению или перекосу стержней, а знаки с недостаточной площадью опоры – к разрушению знака формы.

Следует иметь в виду, что слишком большие знаки стержней вызывают излишний расход стержневых смесей и повышают трудоемкость

изготовления стержней. Кроме того, при этом необоснованно увеличиваются размеры опок и стержневых ящиков.

В большинстве случаев знаки обеспечивают не только точную фиксацию, но и надежное крепление стержней в форме (рис. 8.8).

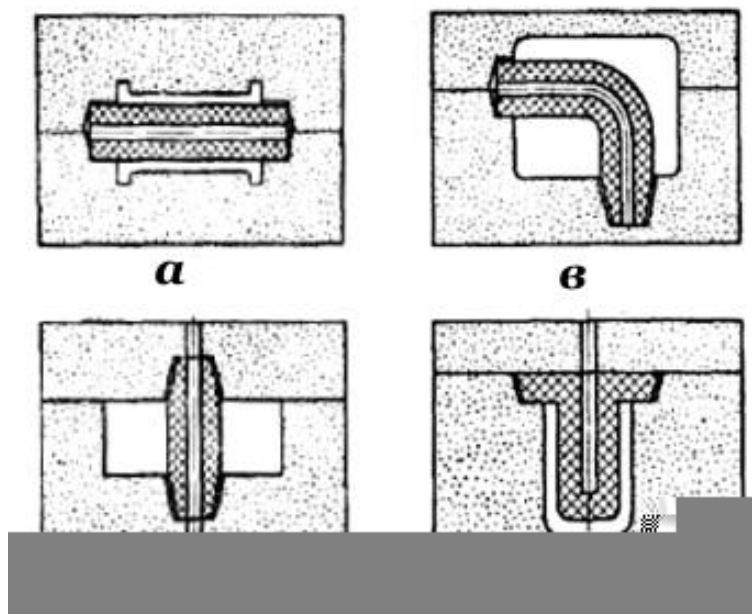


Рис. 8.8. Способы надежной фиксации стержней в форме на знаках: а – при помощи двух горизонтальных знаков; б – при помощи двух вертикальных знаков; в – при помощи одного вертикального и одного горизонтального знака; г – при помощи знака «грибка»

Иногда при использовании же отдельных конструкций стержней требуется их дополнительное крепление в форме, которое осуществляется различными способами, главнейшие из которых приводятся ниже.

1. Устройство развитых нижних опорных знаков 1 (рис. 8.9, а) у стержней, не имеющих верхних опорных знаков.

2. Прикрепление вески каркаса стержня, подвешиваемого в верхней полуформе, к крестовинам опоки (рис. 8.9, б).

3. Применение опорных (рис. 8.9, в) или распорных (рис. 8.9, г) жеребеек.

4. Замена одного опорного знака консольного стержня (рис. 8.9, д) системой, при которой один стержень одновременно оформляет отверстие или внутреннюю полость двух отливок (рис. 8.9, е).

5. Устройство в так называемых накладных стержнях знаков и обратных конусов (рис. 8.10, а стержень 3). Такие стержни накладывают на модель или вкладывают в ее полость перед заполнением опок смесью и заформовывают вместе с моделью. При извлечении модели накладные стержни благодаря обратной конусности их знаков остаются в форме.

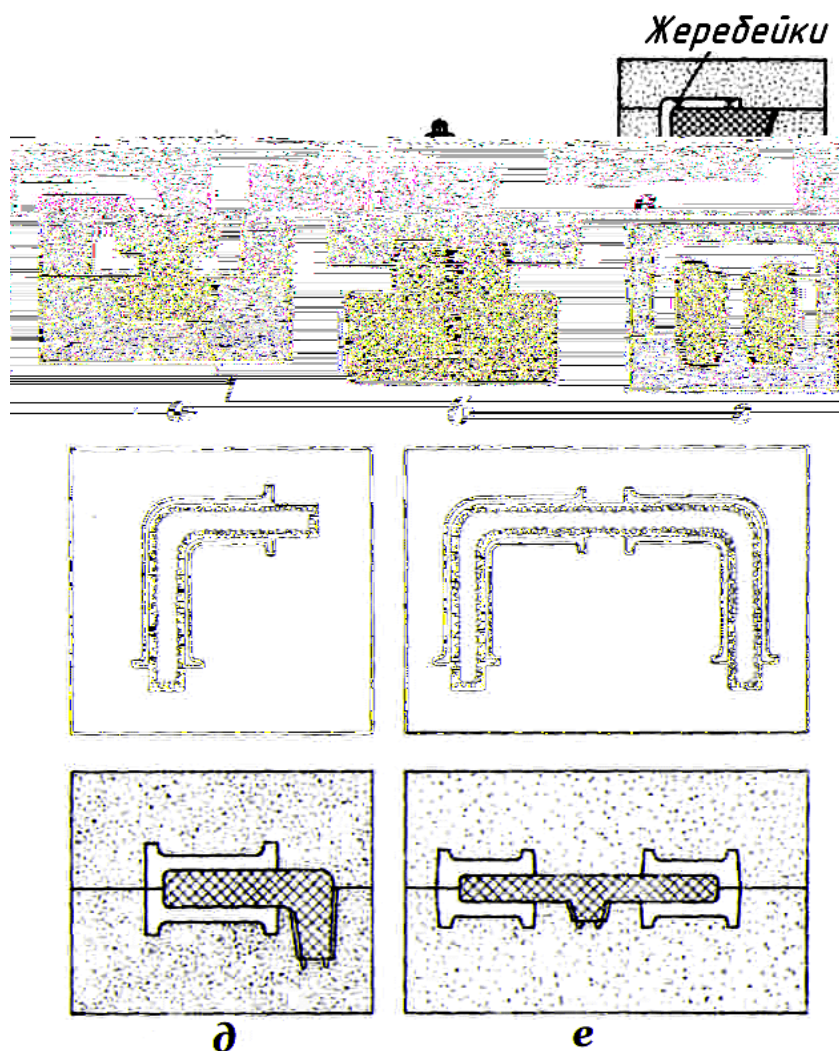


Рис. 8.9. Специальные способы крепления стержней в форме

Для снижения себестоимости отливок необходимо по возможности стержни 1 (рис. 8.10, а) заменять частью литейной формы – песчаными болванами 2 (рис. 8.10, б).

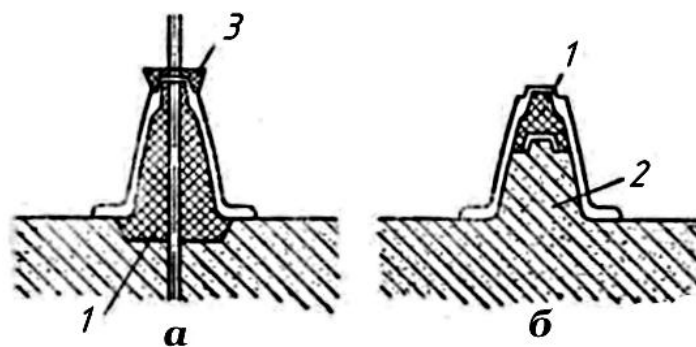


Рис. 8.10. Замена частей стержня сырым болваном: а – отливка с цельным стержнем; б – часть стержня заменена сырым болваном 2

8.1.4. Арматура для стержней

При изготовлении литейных стержней применяется металлическая арматура в виде металлических прутков, планок или фасонных каркасов.

Арматура предназначена для повышения прочности стержня, обеспечения удобства поворота (кантовки) и транспортировки стержней, а также для установки крупных стержней в формы. Последнее достигается наличием в каркасах весок, позволяющих с помощью крючков поднимать и транспортировать стержни различными грузоподъемными средствами. Каркасы, повышая прочность стержня, позволяют применять более дешевые стержневые смеси с использованием недефицитных дешевых крепителей, а в отдельных случаях — сырые стержни, что снижает себестоимость отливок. Важной операцией при изготовлении стержней является их армирование металлическими каркасами для увеличения сырой прочности. Тип и размер каркаса выбирают в зависимости от сложности стержня, его габаритных размеров, конфигурации, расположения в форме.

Каркас должен отвечать определенным требованиям: обеспечивать достаточную прочность и жесткость стержня, не препятствовать усадке отливки при затвердевании, не мешать устройству в стержнях вентиляционных каналов, быть легкоустанавливаемым в стержневом ящике и легкоудаляемым из отливки при выбивке. Варианты каркасов показаны на рис. 6.64.

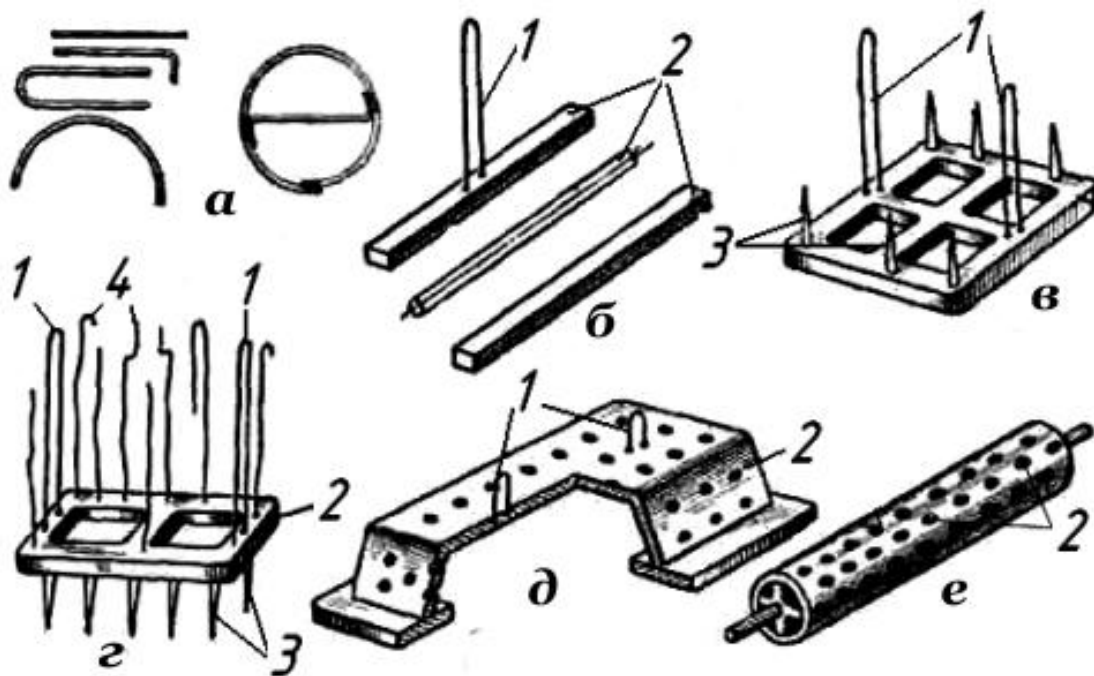


Рис. 8.11. Стержневые каркасы: а — проволочные; б — сварные планки; в — рамочные литые чугунные; г — комбинированные; д — коробчатые; е — трубчатые; 1 — подъемы; 2 — основания; 3 — шпильки; 4 — проволока

Каркасы отличаются большим разнообразием и классифицируются по ряду признаков. По применяемым материалам различают каркасы проволочные, литые и комбинированные.

Для тонких простых стержней применяют проволоку диаметром 3...10 мм, для более сложных стержней используют проволочные каркасы (рис. 8.11, *а*). Для изготовления крупных стержней применяют сварные (рис. 8.11, *б*), литые чугунные (рис. 8.11, *в*) и комбинированные (рис. 8.11, *г*) каркасы. Соединением в общую конструкцию литых чугунных и стальных проволочных элементов с помощью вязальной проволоки либо заливки чугуна получают комбинированный каркас. Рациональным является применение каркасов из разборных и нормализованных элементов (рис. 8.11, *е*). В большие каркасы заливают «вески» (подъемы), с помощью которых стержни транспортируют и устанавливают (рис. 8.11, *д*).

Комбинированные каркасы представляют собой сочетание литого основания в виде рамки или рамки с литыми торцами, в которое залиты стальные проволочные элементы, изогнутые по форме стержня. Их также изготавливают путем сочетания нескольких каркасов (рис. 8.12).



Рис. 8.12. Стержень с комбинированным каркасом

По методу изготовления каркасы бывают слесарные, литые и сварные.

Слесарные каркасы получают путем отрезки проволочных и прутковых заготовок от мотка проволоки с последующим их изгибанием и связыванием концов вязальной проволокой.

Литые и комбинированные проволочно-литые каркасы отливают в

почвенных литейных песчано-глинистых формах, которые изготавливают с помощью деревянных моделей и модельных щитков (рис. 8.13). Последние представляют собой приспособление, в котором алюминиевая модель каркаса 1 жестко закреплена на деревянном щитке 2.

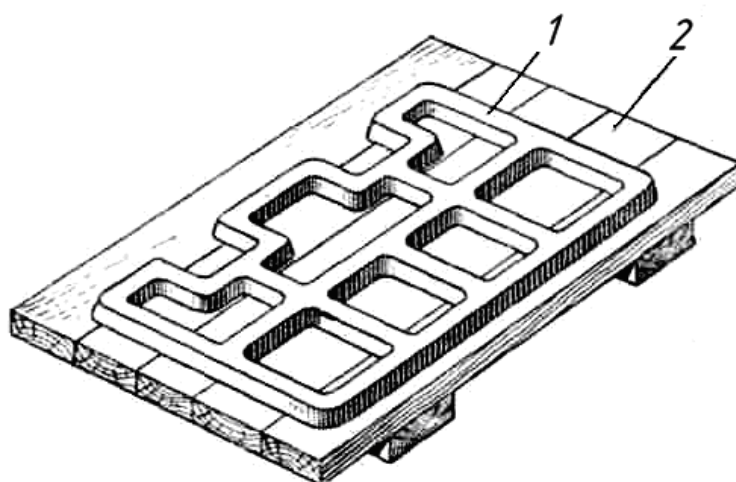


Рис. 8.13. Модельный щиток

Сварные каркасы получают путем отрезки стальных проволоочных, прутковых, листовых, трубчатых и полосовых заготовок и сваривания их между собой.

Сборные каркасы (рис. 8.14) собирают в стержневом ящике во время изготовления стержня из отдельных литых или стальных планок и планок с весками.

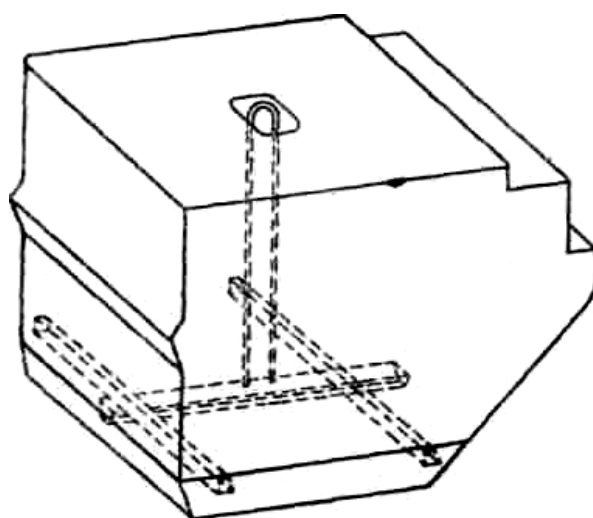


Рис. 8.14. Стержень со сборным каркасом

Для получения отливок высокого качества и необходимых технологи-

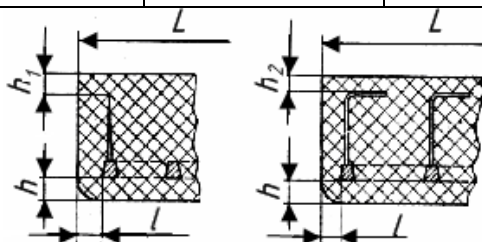
ческих свойств стержней каркасы должны удовлетворять определенным требованиям, главнейшими из которых являются: прочность, жесткость, отсутствие торможения усадке сплава, обеспечение вентиляции стержней, легкость удаления или разрушения при выбивке стержней и очистке отливок.

Отсутствие торможения усадке затвердевающего сплава достигается правильным выбором зазоров между каркасом и поверхностью стержня (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Расстояния между литым каркасом и поверхностью стержней

Длина стержня L , мм	Размеры, мм			
	l	h	h_1	h_2
200–630	25–30	20–25	20–25	20–25
630–1000	35–40		25–30	
1000–1600	40–45	25–30	30–35	30–35
1600–2000	50–65	30–35	35–40	
2000–3150	60–65	35–40	40–45	40–45



Прочность каркасов обеспечивается выбором размеров элементов, отсутствием в них дефектов (трещин, раковин и т. п.), а также надежностью весов и соединения отдельных частей каркаса.

Жесткость каркаса достигается применением отоженной проволоки, которая отличается отсутствием упругих свойств. Элементы, сделанные из вязкой проволоки, не пружинят, т. е. не деформируют стержень, предупреждая образование в нем трещин и поломок.

Вентиляция стержней достигается устройством в каркасах отверстий (рис. 8.11, д, е).

Легкость разрушения каркасов (при невозможности их извлечения из полости отливки при ее очистке) обеспечивается устройством в литых планках пережимов, уменьшающих живое сечение тела каркаса, который при ударе разрушается в этом месте.

8.1.5. Вентиляция стержней

Стержень во время заливки формы соприкасается с расплавленным сплавом, что затрудняет выход из него газов. Для хорошего газоотвода дополнительно к газопроницаемости стержневого материала в стержне

устанавливают искусственную вентиляцию (рис. 8.15).

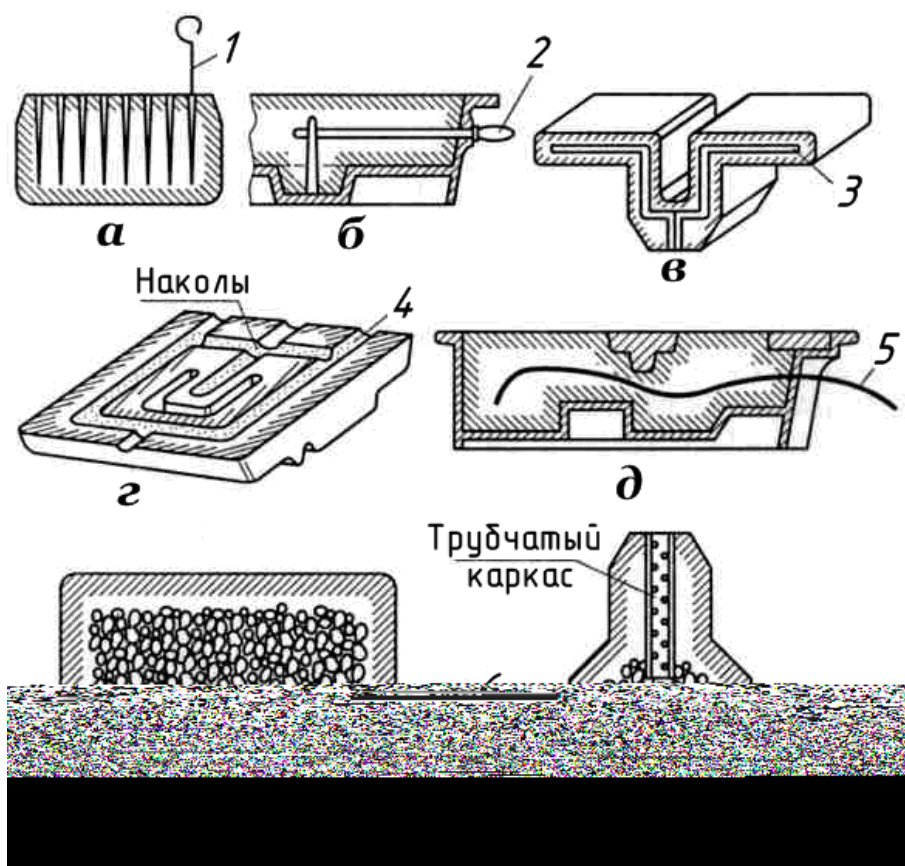


Рис. 8.15. Способы выполнения газоотводных каналов в стержне: а – вентиляционной иглой; б – шомполом; в – установкой выплавляемых и удаляемых после сушки фитилей; г – прорезанием каналов по плоскости разреза стержня; д – жгутом (веревочным или резиновым); е, ж – заполнение пустотелого стержня пористым материалом; 1 – игла; 2 – шомпол; 3 – фитиль; 4 – канал; 5 – жгут; 6 – шлак

В зависимости от характера стержня (конфигурации, размеров и т. п.), а также способа его установки в форме применяют различные методы искусственного вентилирования стержней – вывода газов из стержней в атмосферу, главнейшими из которых являются:

- устройство газоотводных каналов 1 путем их накола душиком (рис. 8.15, а) или шомполом 2 (рис. 8.15, б);
- оформление криволинейных газоотводных каналов в тонких и ленточных стержнях с помощью выплавляемых фитилей 3 (рис. 8.15, в);
- прорезание вентиляционных каналов 4 на разрезе сборных стержней (рис. 8.15, г);
- оформление криволинейных газоотводных каналов в тонких и ленточных стержнях выдергивающимися после набивки стержня веревочными шнурами 5, ($\varnothing$ 3–5 мм) или резиновыми жгутами ($\varnothing$ 8–10 мм) (рис. 8.15, д);

– устройство внутри крупных массивных стержней полостей б, заполняемых пористым материалом (рис. 8.15, *е, ж*), такие полости могут оформляться трубчатыми и коробчатыми каркасами с выполненными в них отверстиями (рис. 8.15, *д, е*).

8.2. РУЧНОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ С КОНВЕКТИВНОЙ СУШКОЙ

Стержни могут быть изготовлены следующими способами: по стержневым ящикам, по шаблону или контрольным сечениям, выдавливанием на специальных машинах при изготовлении стержней-пластин и стержней-палок. Наиболее распространенным способом является изготовление стержней по ящикам.

При ручном изготовлении стержней используются открытые разъемные и вытряхные стержневые ящики. Материалом для стержневых ящиков служат дерево и редко алюминиевые сплавы.

Операции при ручном изготовлении стержней следующие:

- нанесение на поверхность ящика разделительных покрытий (графит, ликоподий), наполнение смесью ящика и ее уплотнение;
- срезание излишка смеси;
- выполнение искусственной вентиляции;
- установка армирующих металлических каркасов (если они необходимы);
- наложение плоской или фигурной сушильной плиты на ящик (или на его половину для разъемного ящика) и поворот ящика с плитой на 180°;
- «расталкивание» стержня ударами по ящику деревянным молотком;
- снятие стержневого ящика, отделка стержня и отправка его на сушильной плите в сушильную камеру.

Для уплотнения смеси используют плоскую трамбовку, а в случае крупных стержней – пневмотрамбовку. Важной операцией при изготовлении стержней является их армирование металлическими каркасами для увеличения сырой прочности. Тип и размер каркаса выбирают в зависимости от сложности стержня, его габаритных размеров, конфигурации, расположения в форме. Варианты каркасов показаны выше.

Перед установкой в ящик каркасы окунают в суспензию огнеупорной глины. Предварительно в стержневой ящик засыпают часть смеси и уплотняют ее. На уплотненный слой укладывают один или несколько каркасов, досыпают в ящик смесь и завершают уплотнение.

8.2.1. Изготовление стержней по ящикам

Ящики применяются деревянные или металлические в зависимости от серийности производства. При изготовлении крупных стержней применяются деревянные ящики, причем в ряде случаев они делаются вытряхными. Вытряхной ящик состоит из внешней части коробки, являющейся основой стержня, и внутренних частей – вытряхных стенок. Поверхность вытряхных стенок, обращенная внутрь, образует наружную конфигурацию стержня. Для обеспечения легкого удаления стержня с вытряхными стенками внутренняя поверхность коробки имеет уклон, равный 1 : 10. С этой же целью вытряхные стенки при высоте их от 250 и ширине от 400 мм снабжаются направляющими ребрами от 2 до 4 штук (при меньших стенках направляющие ребра можно не делать). Преимущества вытряхных стержневых ящиков по сравнению с обычными ящиками:

- повышенная продолжительность службы (примерно в 3 раза по сравнению с клиновыми или свертными ящиками);
- повышение точности изготавливаемого стержня;

Недостатком этого типа ящиков является повышенная трудоемкость их изготовления и увеличенный, примерно в 2 раза, расход материала на изготовление.

Последовательность выполнения операций по изготовлению крупного стержня по вытряхному ящику приведены на рис. 8.16.

На дно ящика насыпают слой стержневой смеси толщиной 80–100 мм и уплотняют его. Затем, пользуясь молотком, осаживают в ящик каркас 1, смоченный в эмульсии из огнеупорной глины (рис. 8.16, *а*). Для образования газоотводной полости вставляют модель 4 (рис. 8.16, *б*), уплотняют вокруг нее смесь и затем модель извлекают. Иглой выполняют вентиляционные каналы 5. После этого образовавшуюся полость стержня заполняют шлаком 6 и насыпают верхний слой стержневой смеси, уплотняя его трамбовкой (рис. 8.16, *в*). После уплотнения срезают лишнюю смесь и сглаживают поверхность стержня, затем на стержневой ящик укладывают металлическую сушильную плиту 7, скрепляют ее с ящиком и переворачивают их на 180° (рис. 8.16, *г*).

Поворот (кантование) ящика совместно с сушильной плитой производится при помощи балансира (рис. 8.17).

Ящик 8 отсоединяют от плиты, обстукивают деревянным молотком, снимают его корпус и производят вытяжку вкладышей 9 по стрелке (рис. 8.16, *д*, *е*), оставляя стержень на плите. После отделки, прошпиливания и

окраски стержень отправляют в сушильную печь. В этом случае стержень может выполняться без формовочных уклонов.

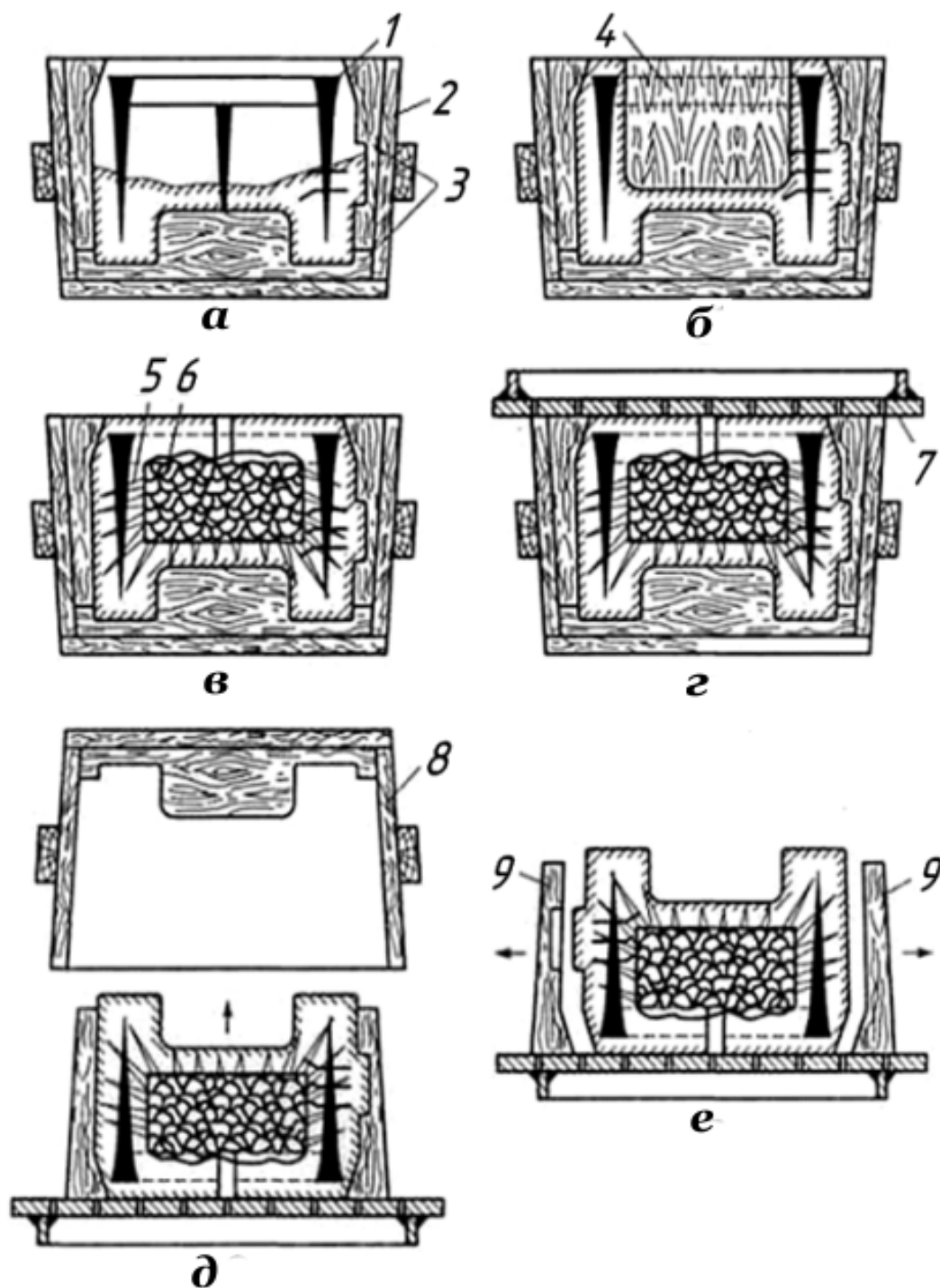


Рис. 8.16. Последовательность выполнения операций по изготовлению крупного стержня по вытряхному ящику (а – е): 1 – сборный каркас; 2, 8 – стержневой ящик; 3, 9 – вкладыши; 4 – модель для формовки газоотводной полости; 5 – вентиляционный канал; 6 – газоотводная полость, заполненная шлаком; 7 – сушильная плита

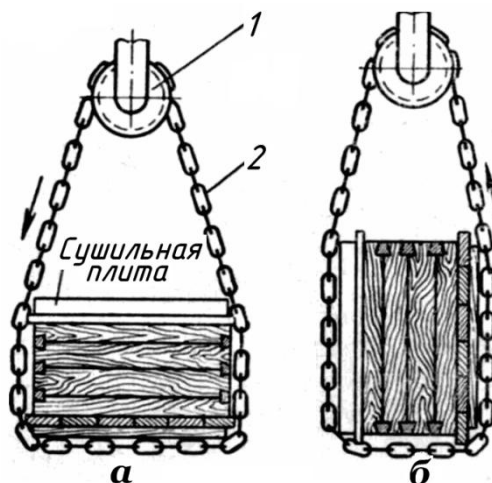


Рис. 8.17. Поворот (кантование) ящика совместно с сушильной плитой при помощи балансира: а – до поворота; б – процесс поворота

Ниже приведены основные способы изготовления стержней по ящикам.

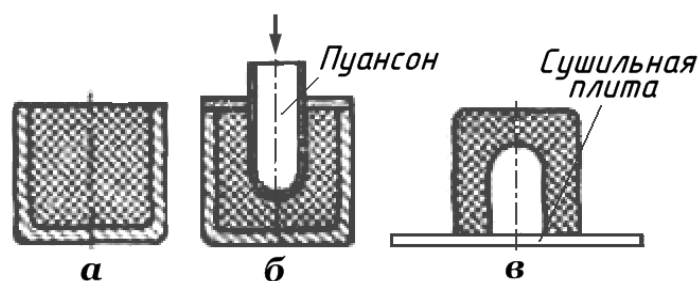


Рис. 8.18 Изготовление стержня прессованием: а – наполнение ящика формовочной смесью; б – уплотнение с образованием внутренней полости; в – готовый стержень

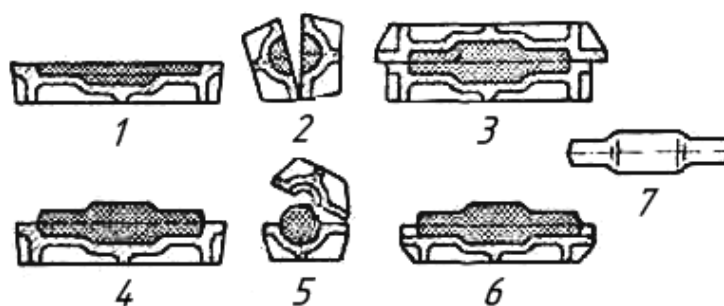


Рис. 8.19. Изготовление стержня из двух частей, соединяемых всырую: 1 – набивка стержня в двух отдельных половинках ящика; 2 – соединение (спаривание) половинок стержней; 3 – съем верхней половинки ящика со стержня; 4 – отделка верхней части стержня (открытой); 5 – накрывание сушильной плиты переверот и съем нижней половинки ящика; 6 – отделка второй половины стержня и отправка его в сушильную печь; 7 – готовый стержень



Рис. 8.20. Изготовление целого стержня: 1 – засыпка стержневой смеси в ящик и ее уплотнение; 2 – укладка сушильной плиты; 3 – поворачивание ящика с плитой на 180° и снятие ящика со стержня; 4 – отделка стержня и отправка его в сушило

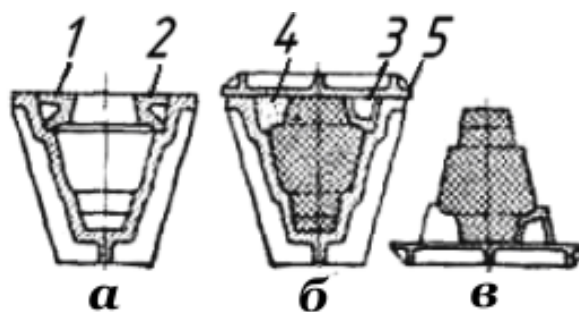


Рис. 8.21. Изготовление стержней по ящикам с вкладышами: а – очистка, протирка, установка вкладышей 1, 2; б – набивка стержня, извлечение вкладышей, установка подставки 3 сушителя или заполнение этого промежутка отработанной формовочной смесью 4, накладывание на ящик сушильной плиты (драйера) 5, поворот ящика на 180° ; в – снятие ящик со стержня, отделка и отправка стержня в сушило

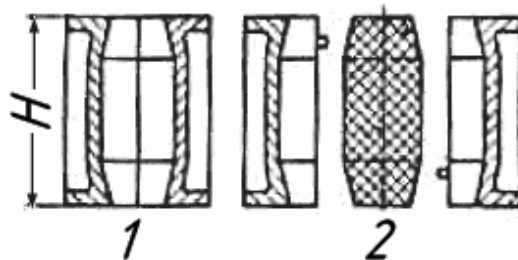


Рис. 8.22. Изготовление стержней по разъемным ящикам: 1 – ящик из двух половинок собирается, скрепляется и набивается смесью; 2 – ящик расколачивается ударами деревянного молотка, раскрепляется и разбирается, стержень подправляется и направляется в сушило

8.2.2. Изготовление крупных стержней

Изготовление стержней для отливки нижней части парового цилиндра весом 31 т. На рис. 8.23 представлен чертеж детали с указанием основ конструирования модели, а на рис. 8.24 приведена форма в собранном виде.

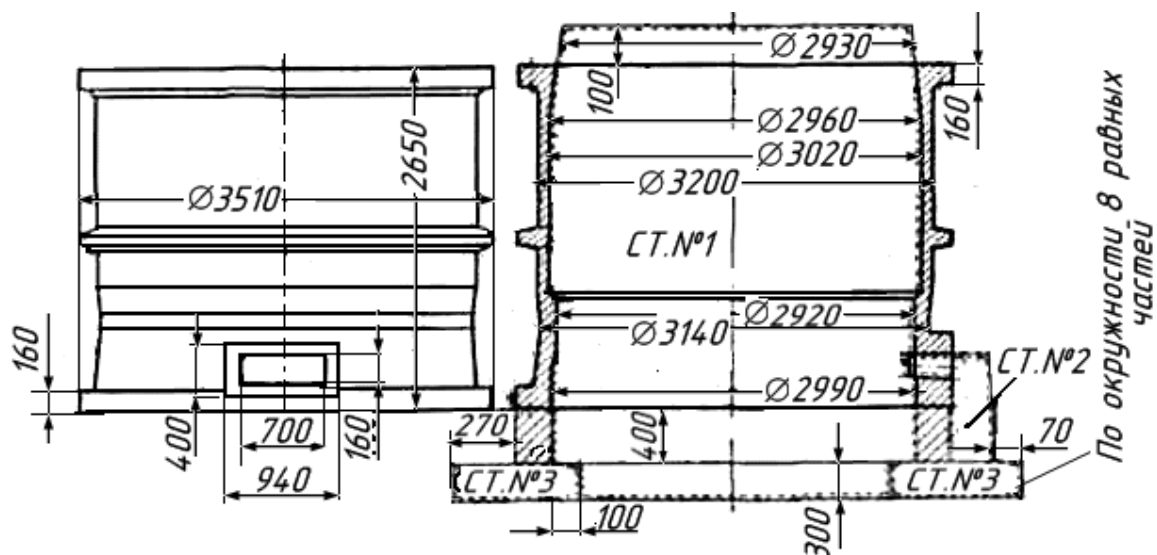


Рис. 8.23. Эскиз детали с указанием основ конструирования модели

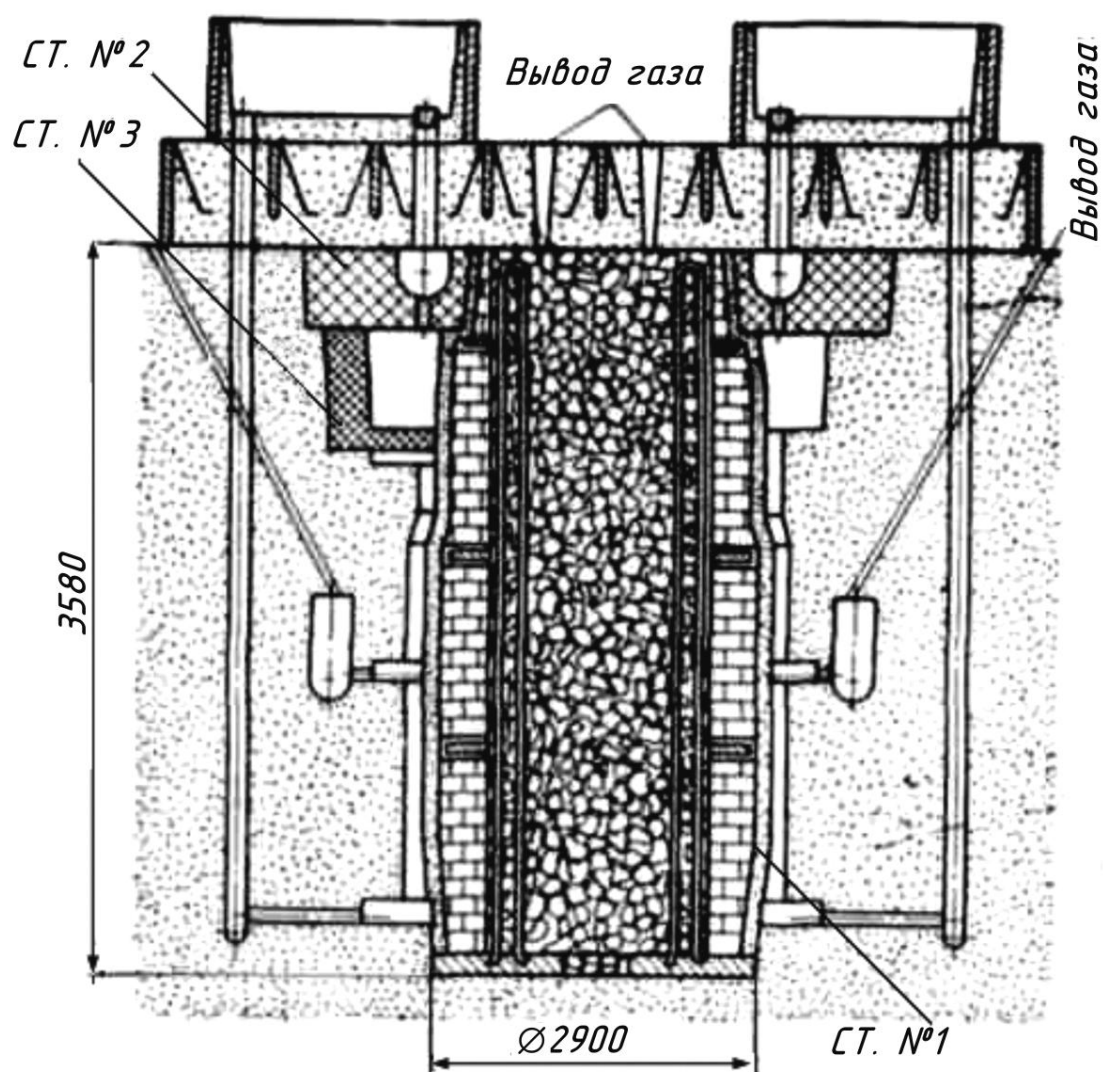


Рис. 8.24. Форма отливки нижней части парового цилиндра в собранном виде

Для изготовления отливки необходимо иметь три стержня. Стержни № 2 и № 3 изготавливаются по ящикам, армируются чугунными рамками. Наибольшая сложность заключается в изготовлении стержня № 1. Этот стержень имеет наибольший диаметр 3044 мм, общую высоту 3600 мм и приблизительную массу 30 т. Стержень изготавлился по шаблону из кирпича. На рис. 8.25 представлены приспособления для изготовления стержня: шпиндель диаметром 100 мм с рукавом и опорным кольцом, деревянным шаблоном, направляющей рамкой. Направляющая рамка необходима для предупреждения отклонений шаблона во время работы в радиальном направлении.

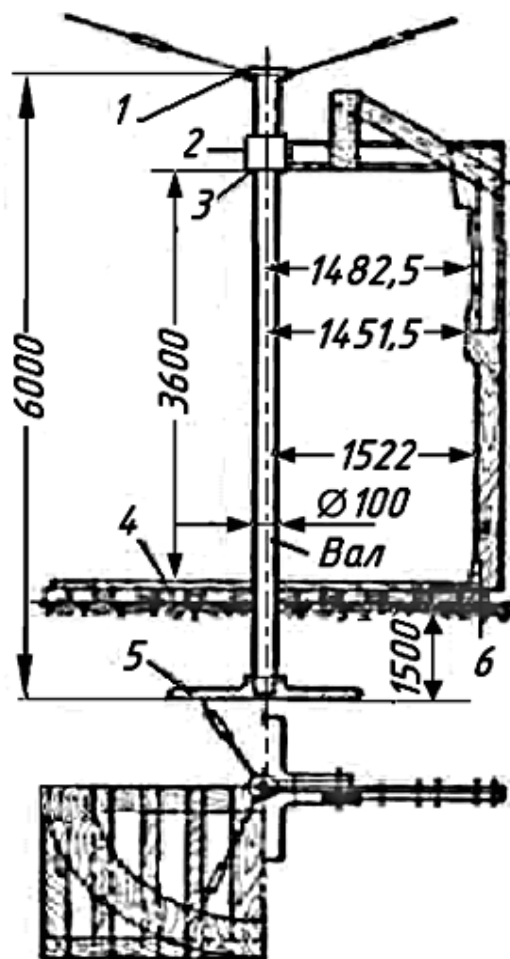


Рис. 8.25. Эскиз шаблона и направляющей рамки: 1 – накладка; 2 – рукав; 3 – опорное кольцо; 4 – направляющая рамка; 5 – крестовина; 6 – профильное тело шаблона

Изготовление стержня начинают с правильной установки шпинделя. Затем на вал строго горизонтально надевается направляющая рамка, устанавливается рукав, и верхний конец вала укрепляется растяжками.

После этого укрепляется шаблон, устанавливается поддон – чугунная плита с подъемами из круглого железа диаметром 45–50 мм и приступают к кирпичной кладке толщиной в полтора красного строительного кирпича. Зазор между шаблоном и кладкой 50–60 мм, что и составляет толщину облицовочного слоя. Кладка производится на песчано-глинистом растворе. Зазор между кирпичами должен быть не менее 5–10 мм. В швы закладываются жгуты соломы: радиальные соломенные жгуты диаметром 20–25 мм для достижения хорошего отвода газов, а вертикальные для улучшения податливости.

Для увеличения жесткости стержня через каждый метр по высоте кладки располагаются чугунные разрезные кольца. До сушки кладки для укрепления облицовки в нее вбивают костыли диаметром 6 мм из расчета примерно 5 шт. на 1 дм². Облицовочный слой набивается вручную, ручными трамбовками и оформляется шаблоном. Набивка производится тщательно и постепенно поясами шириной 200–250 мм. Перед сушкой стержень окрашивается. Длительность первой сушки 24 часа при температуре 300–350 °С, второй (после вторичной окраски) – 10 часов при температуре 180–200 °С. Для предупреждения прогиба стержня внутренний объем его при сборке формы плотно забивается гарью. Состав облицовочной смеси: 40 % песка, 42 % отработанной смеси, 3 % молотого кокса, 10–15 % конского навоза; 10–11 % воды (сверх 100 %).

Стержни, имеющие форму тел вращения, при их небольшой потребности могут быть быстро изготовлены без применения дорогостоящих стержневых ящиков при помощи плоских шаблонов.

Половину стержня для отливки колена трубопровода изготавливают вручную на фигурном щитке 1 (рис. 8.26).

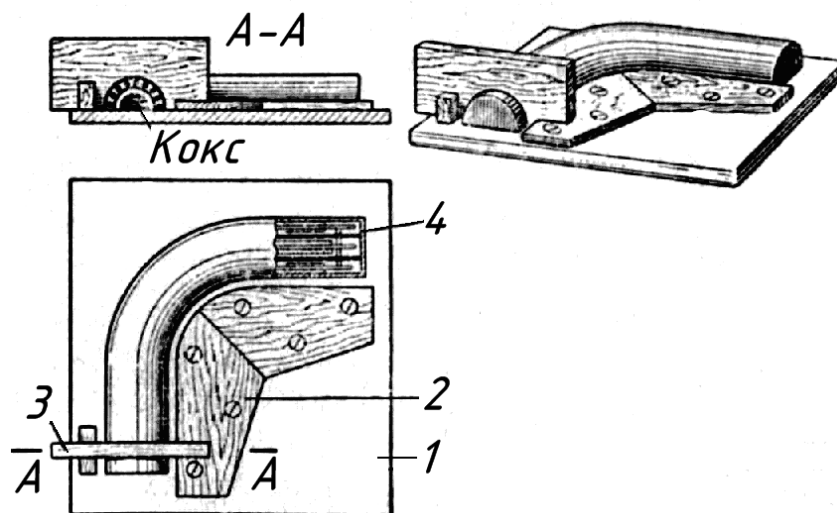


Рис. 8.26. Изготовление стержня по половинкам с помощью протяжного шаблона: 1 – плита; 2 – направляющая рамка; 3 – протяжной шаблон 4 – каркас

Необходимой при этом оснасткой является плита 1, прикрепленная к плите, направляющая рамка 2, протяжной шаблон 3, 4.

Порядок изготовления стержня: плита покрывается разделительным материалом, укладывается литой каркас и с боков стержневой смесью изготавливается часть стержня с помощью шаблона; укладывается кокс для создания газопроницаемости и податливости; наконец, стержневой смесью окончательно отделяется стержень, причем шаблон 3 передвигается по направляющей 1. Сушка половинки стержня производится на той же плите, на которой она изготовлялась (предварительно снимается направляющая рама). Подобным способом изготавливается и вторая половина стержня. После сушки половинки стержня скрепляются (скрепляются каркасы обеих половинок).

На рис. 8.27 представлен ручной станок для заточки по шаблону стержней.

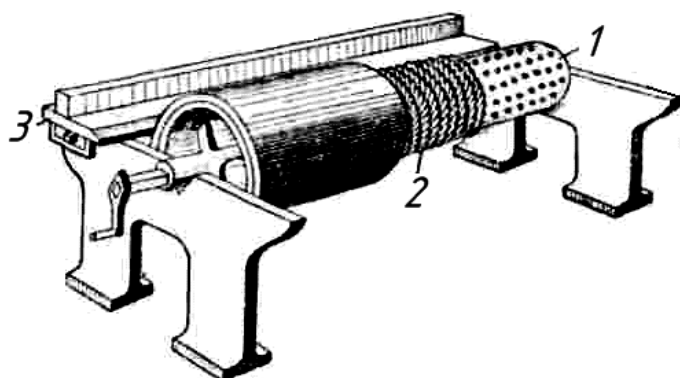


Рис. 8.27. Ручной станок для заточки стержня по шаблону: 1 – патрон; 2 – соломенный жгут; 3 – шаблон

К патрону прикрепляются оси, которыми он опирается на подшипники, находящиеся на двух чугунных стойках. Во время вращения патрона неподвижный шаблон оформляет стержень.

Порядок изготовления крупных стержней с применением указанных приспособлений заключается в следующем: на чугунный или железный перфорированный патрон наматывается слой соломенного жгута, который обеспечивает необходимую податливость стержня и облегчает удаление патрона из отливки. Затем, поворачивая патрон, начинается нанесение слоя стержневой смеси на соломенный жгут. Намазывание и разравнивание смеси сначала делается вручную, а затем стержень оформляется шаблоном, прикрепленным к станку (шаблоном срезается избыток смеси). Крупные стержни затачиваются в два приема. После первой черновой заточки стержень сушится, а затем производится окончательная заточка несколько более тощей глиняной смесью, и стержень вторично идет в сушку.

Как при изготовлении форм основным стремлением является переход на опочную формовку, так и при изготовлении стержней основным методом является изготовление стержней по ящикам. Это же относится и к крупным стержням, если конфигурация не соответствует методам формовки по шаблону.

На рис. 8.28, а и б представлено изготовление крупного стержня для станины прокатного стана по ящикам, а на рис. 8.28, в – готовый стержень. В основном стержень готовится в деревянном ящике, но для оформления некоторых верхних поверхностей применяются небольшие шаблоны (шаблоны 1, 2 и 3). Направляющими шаблонов являются соответствующие стенки стержневого ящика.

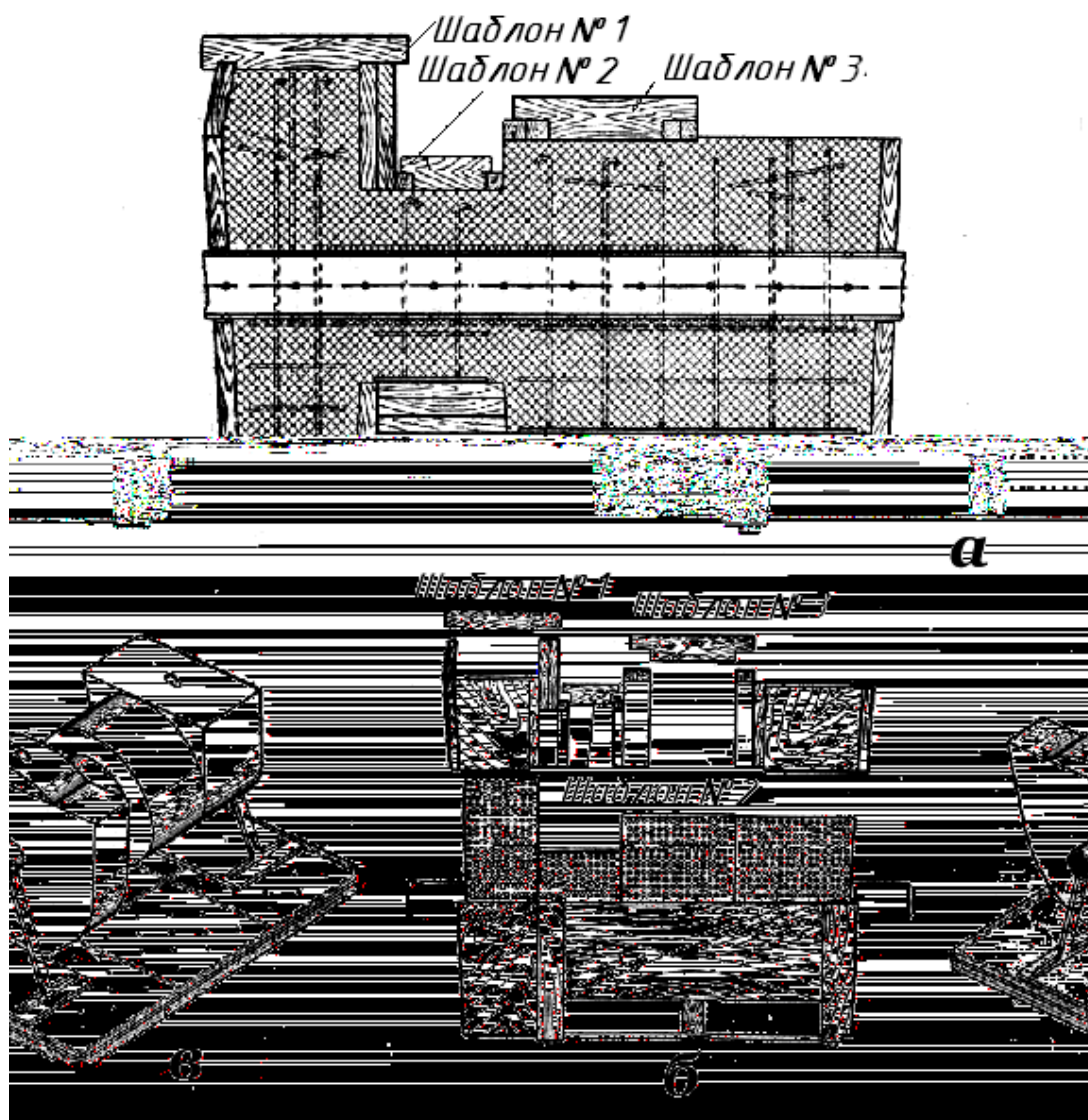


Рис. 8.28. Изготовление стержня для станины прокатного стана: а – расположение шаблонов, каркасов и патрона; б – удаление отъемных частей; в – готовый стержень.

Центральная труба закладывается после набивки нижней половинки стержня. Она служит основным каркасом и одновременно оформляет основной вентиляционный канал. Другие каркасы (показаны пунктиром) составлены из железных связанных прутков.

8.3. МАШИННОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ С КОНВЕКТИВНОЙ СУШКОЙ

При механизированном изготовлении стержней применяют разные способы уплотнение стержневой смеси: уплотнение прессованием, пескометное уплотнение, уплотнение на встряхивающих формовочных машинах, пневматические способы (пескодувный, пескострельный) уплотнение, импульсное уплотнение.

Способы уплотнения выбираются в зависимости от размера стержней, состава стержневой смеси и серийности отливок.

8.3.1. Изготовление стержней на мундштучных машинах.

Формовочная смесь шнеком выталкивается через мундштук. Этим способом изготавливаются стержни простых геометрических форм, представленных на рис. 8.28. При выдавливании стержней одновременно оформляется внутренняя полость – газоотводный канал.

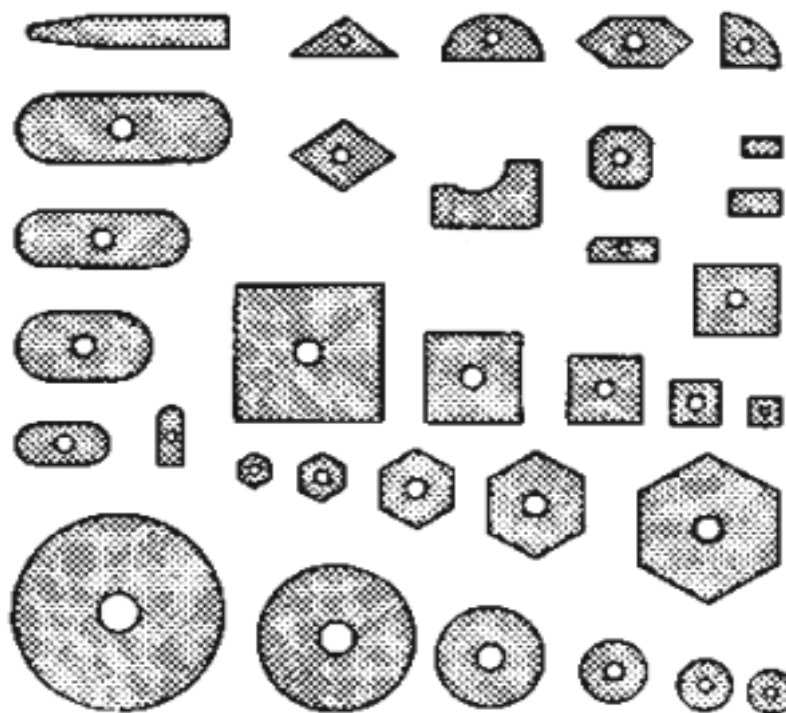


Рис. 8.29. Стержни различной формы, изготовленные на мундштучных машинах

8.3.2. Пескометное уплотнение стержней.

Принцип работы пескомета был рассмотрен раньше. Пескометная набивка стержней является универсальной, так как применяется при изготовлении стержней как из смеси на органических крепителях, так и из песчано-глинистых смесей. Ящики могут применяться металлические и деревянные. Уплотнение стержней пескометом позволяет организовать поточную стержневую линию даже при изготовлении единичных крупных стержней. На рис. 8.30 представлена схема такой линии.

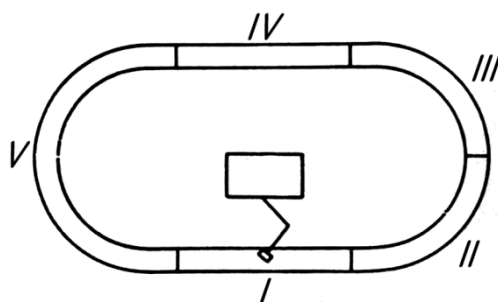


Рис. 8.30. Схема пескометной линии для изготовления стержней: I – набивка стержня; II – удаление стержня из ящика III – подготовка ящика; IV – установка каркасов; V – подготовка новых ящиков.

Кольцо из рольгангов расположено на некоторой высоте от пола литейной. На кольце по замкнутому циклу выполняются технологические операции, связанные с изготовлением стержней. В указанную цепь может включаться та или иная вспомогательная машина, машина, обеспечивающая удаление стержней из ящиков, приспособление, дозирующее формовочные смеси, приспособление по окраске стержней и т. п.

8.3.3. Уплотнение стержней на встряхивающих формовочных машинах

В этом случае уплотнение стержней ничем не отличается от уплотнения форм. Наиболее удобным для этого являются встряхивающие машины с перекидными столами, которые обеспечивают нужное уплотнение смеси и удаление стержней из ящиков. Производительность машин при изготовлении стержней на 20–30 % ниже, чем при изготовлении форм.

На этих машинах наиболее удобно пользоваться вытряхными стержневыми ящиками. Особенности конструкции вытряхных ящиков, применяемых при уплотнении на машинах: корпуса ящиков должны быть более прочными (углы скрепляются металлическими косынками); ящики снабжаются приспособлениями для крепления к столу машины и крепления к ним сушильных плит; при малых габаритах стержней в целях использова-

ния мощности машины рекомендуется выполнять многогнездные стержневые ящики. Уплотнение на формовочных машинах может производиться как в индивидуальном, так и в массовом производстве. Ящики могут быть деревянными, металлическими или пластмассовыми.

8.3.4. Уплотнение стержней прессованием

Уплотнение прессованием ограничено формой и размерами стержней. При уплотнении стержней прессованием полезно применить вибрацию, что расширяет границы применения этого способа. Метод изготовления прессованием имеет важнейшее преимущество – он бесшумный.

8.3.5. Пневматическое уплотнение стержней

Стержневые смеси могут уплотняться пескодувным и пескострельным способами.

Пескодувный способ уплотнения. Вдувание смеси в стержневой ящик – чрезвычайно производительный способ изготовления стержней. На рис. 8.31 представлена схема пескодувной стержневой установки.

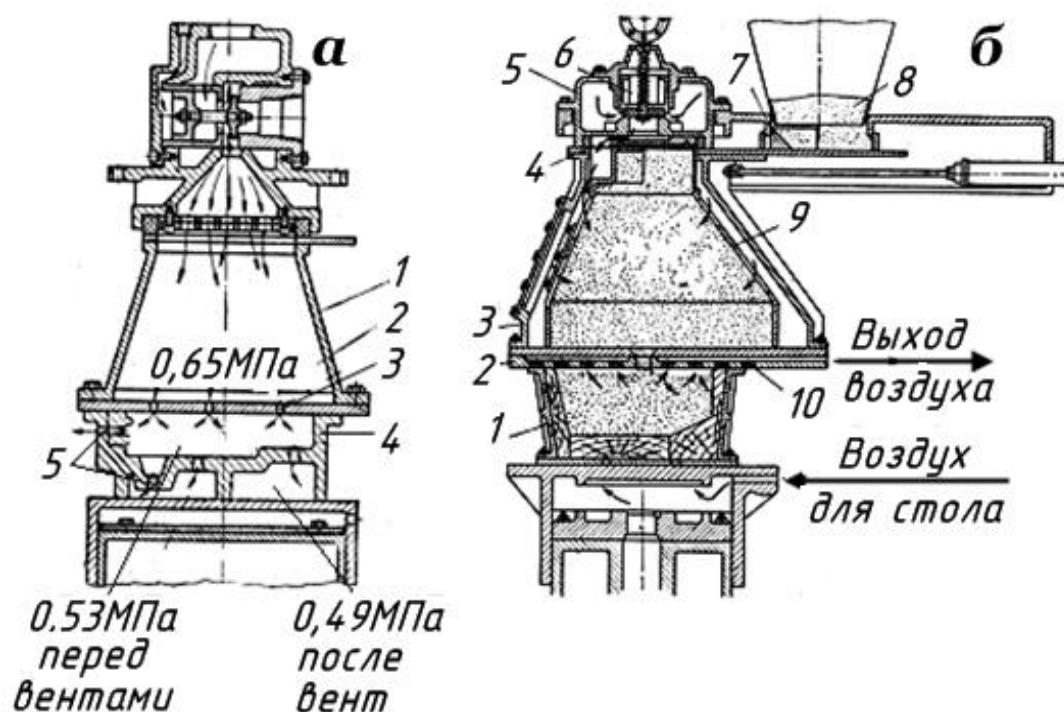


Рис. 8.31. Пескодувная машина 287: а – схема пескодувной стержневой установки; б – общий вид пескодувной машины: 1 – металлический ящик; 2 – вдувная плита; 3 – резервуар; 4 – вдувное кольцо; 5 – воздушная коробка; 6 – клапан; 7 – полукольцо; 8 – бункер; 9 – внутренний резервуар со щелевыми прорезами; 10 – вента.

В периодически наполняемый смесью пескодувный резервуар 1 (рис. 8.31, а) вводится мощной струей воздух под давлением 0,6–0,65 МПа. Потоки воздуха захватывают смесь 2 и через отверстия 3 в дутьевой плите вносят ее в стержневой ящик 4. Для того чтобы смесь имела необходимую скорость при входе в стержневой ящик (чем выше скорость, тем лучше уплотнение стержня), в стержневом ящике делаются воздухоотводы 5, называемые вентами. Конструкция вент рассмотрена выше, раздел 3.1.3.

В целях обеспечения хорошего уплотнения и снижения потерь воздуха стержневой ящик снизу плотно прижимается к дутьевой плите (к дну резервуара).

На рис. 8.31, б показана схема пескодувной машины 287, в резервуаре 9 которой выполнены щелевые прорезы для подачи воздуха в целях устранения зависания смеси в бункере.

Диаметр вдувных отверстий для текучих смесей равен 8–20 мм, а для более прочных смесей 20–30 мм. Расстояние между вдувными отверстиями 70–80 мм. Опыт показал, что чем больше суммарная площадь сечения вент (до 0,3–0,35 от площади сечения стержня), тем выше качество стержней. Дальнейшее увеличение площади сечения вент не приводит к повышению уплотнения.

Пескострельный способ уплотнения. На рис. 8.32 представлена схема другого способа уплотнения стержней, названного пескострельным.

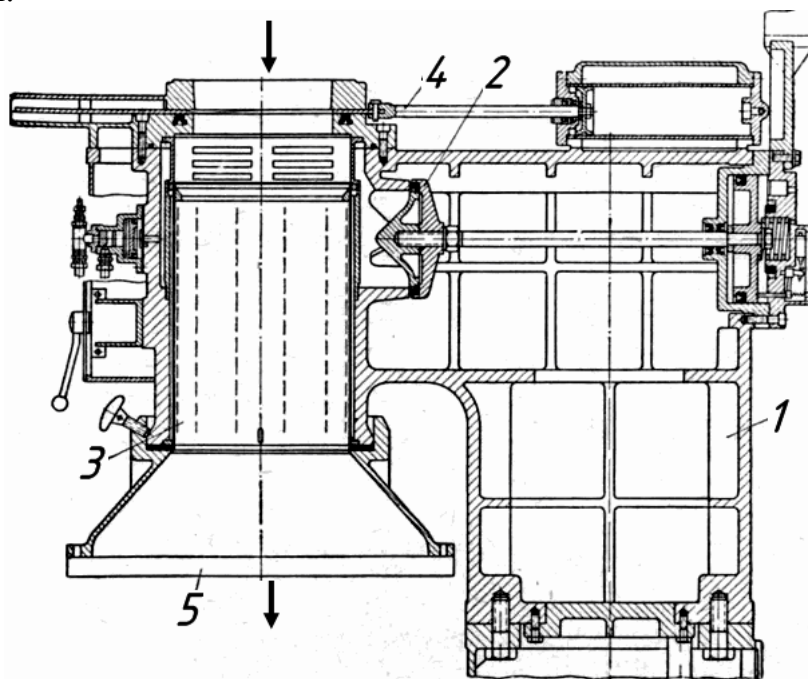


Рис. 8.32. Схема пескострельной стержневой машины

Пескострельная машина имеет резервуар 1 со сжатым воздухом, клапан 2, пескострельный резервуар с двойными стенками 3. Смесь подается из бункера в пескострельный резервуар и отсекается затвором 4 от бункера. К надувной плите 5 поджигается стержневой ящик, после чего открывается клапан 2 и из резервуара 1 почти мгновенно в пескострельный резервуар вводится сжатый воздух. Сжатым воздухом выталкивается (выстреливается) смесь в стержневой ящик. Таким образом, если пескодувные машины основаны до некоторой степени на принципе пескоструйных аппаратов (каждая песчинка окружена воздухом), то в этом случае воздух действует как поршень, выталкивающий объем смеси.

Пескострельный резервуар имеет двойные стенки – наружную сплошную и внутреннюю со щелями. Воздух вводится в пространство между указанными стенками и через щели внутреннего цилиндра вводится в пространство, заполненное смесью. Такой подвод воздуха снижает трение смеси о стенки цилиндра и ликвидирует зависание смеси.

Описанный способ уплотнения стержней имеет следующие преимущества: резко снижается расход воздуха; упрощается вентиляция стержневых ящиков, так как из ящика нужно вывести только атмосферный воздух; есть возможность применять смеси с низкой текучестью и даже песчано-глинистые смеси; могут применяться деревянные стержневые ящики, так как отсутствуют воздушно-песчаные струи, обладающие большой абразивной силой.

Герметизация пескодувных и пескострельных машин. Так как смесь в стержневой ящик вводится под воздушным давлением, то при работе наблюдаются:

- 1) выбросы порций смеси в имеющиеся зазоры и неплотности;
- 2) износ соответствующих устройств (стержневых ящиков, штырей и частей машины) выбрасываемыми наружу порциями смеси;
- 3) засорение рабочего места смесью;
- 4) загрязнение атмосферы песчаной пылью и воздухом, выходящим из вент, который загрязнен парами и частицами крепителей.

На рис. 8.33 показаны схемы стержневых ящиков и стержней, полученных на пескодувной машине. Как видим, в результате неплотного прилегания половинок ящика стержневая смесь через зазор выбивается из ящика в направлении 2. Выбросы стержневой смеси разрушают поверхности спаривания половинок, еще больше увеличивают несплошности спаривания и приводят к получению недоброкачественных стержней.

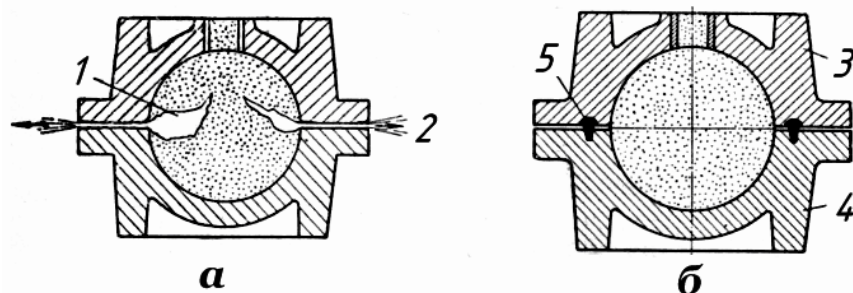


Рис. 8.33. Схемы стержневых ящиков: а – без уплотнений; б – с уплотнением

На стержнях образуются раковина или рыхлые участки 1, а также облои по месту спаривания. Дефектные места стержня надо исправлять, что связано с потерей рабочего времени и ухудшением качества отливок.

На рис. 8.33, б показан стержневой ящик (верхняя половина 3 и нижняя половина 4), который имеет уплотняющее устройство, герметически закрывающее зазоры по плоскости спаривания половинок.

Уплотняющим устройством является резиновая вставка 5, укрепленная на одной половинке ящика; при спаривании резиновая вставка входит в углубление на другой половинке.

Уплотняющее устройство располагается так, чтобы изолировать спаривающие штыри и отверстия от разрушения песчаными потоками и тем самым сохранить высокую точность спаривания половинок ящика. То же самое уплотняющее устройство рекомендуется применять для устранения зазоров между бункером машины и надувной плитой, а также между надувной плитой и стержневым ящиком. Такое устройство на самой машине важно главным образом с точки зрения безопасного ее обслуживания.

При механизированном изготовлении стержней применяют пескоструйные и пескострельные машины и стержневые ящики для них. Средние по массе стержни изготавливают на встряхивающих машинах с поворотным-вытяжными механизмами. Применение таких машин и механизмов обеспечивает стабильное извлечение стержней без поломок и нарушения геометрии. Изготовление стержней ведется в открытом стержневом ящике 2, закрепленном на столе встряхивающей машины (рис. 8.34).

После уплотнения на открытую поверхность ящика устанавливают сушильную плиту 1 и закрепляют на ящике. Далее стержневой ящик с плитой поворотным столом 4 устанавливается над столом 5 вытяжного механизма. Гидроцилиндры машины прижимают стол 5 к стержневому ящику, раскрепляется сушильная плита и ящик, включаются вибраторы, облегчающие съем ящика, и вначале медленно, а затем быстрее опускается приемный стол 5 с плитой и стержнем 3, выходящим из ящика под

действием силы тяжести. Затем выполняется обратная кантовка поворотно-вытяжной машины, и ящик возвращается в исходное положение для подготовки его к повторному циклу на встряхивающей машине.

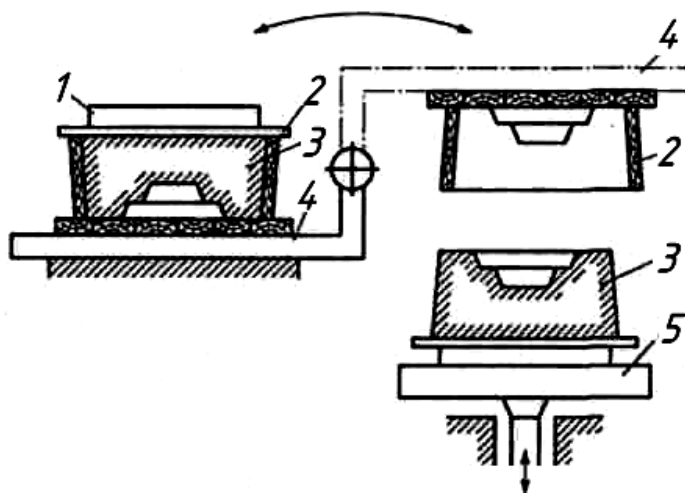


Рис. 8.34. Схема извлечения средних стержней с встряхивающих машин с поворотно-вытяжными механизмами: 1 – сушильная плита; 2 – стержневой ящик; 3 – стержень; 4 – поворотный стол; 5 – приемный (вытяжной) стол

Общими недостатками, свойственными традиционным методам изготовления стержней с конвективной сушкой, являются:

- низкая геометрическая и размерная точность стержней;
- необходимость использования металлических каркасов;
- низкая производительность (на получение готового стержня требуется 1...2 ч, включая сушку).

В настоящее время данный процесс используют, как правило, в единичном производстве и только в редких случаях в массовом производстве. В основном же в массовом производстве применяется технология изготовления стержней по нагреваемой оснастке, которая в настоящее время постепенно вытесняется технологией изготовления стержней по холодной оснастке.

8.4. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ ПО ГОРЯЧЕЙ ОСНАСТКЕ

В данной технологии стержни изготавливают на пескодувных и пескострельных стержневых машинах с вертикальной и горизонтальной плоскостью разъема. При этом используется дорогостоящая стержневая оснастка из серого чугуна, которая для извлечения стержней в обязательном порядке снабжается толкателями.

Нагрев оснастки до температуры 280... 300 °С выполняют газовыми горелками или электронагревом, в основном тэнами. Надув стержневого ящика из пескодувного или пескострельного резервуаров осуществляют с использованием водоохлаждаемых надувных плит, которые бывают плоскими, а также с выступающими соплами (металлическими или резиновыми). Надувные отверстия в плоских плитах должны точно совпадать с надувными отверстиями в ящике. Плоские плиты просты по конструкции и в изготовлении, однако их использование сопряжено со следующими существенными недостатками: возможен выдув смеси в зазор между плитой и ящиком; на стержнях после надува, как правило, остаются столбики затвердевшей смеси, что увеличивает трудоемкость отделочных операций. Из-за указанных недостатков применение плоских плит ограничено.

Надувные плиты с металлическими водоохлаждаемыми соплами (рис. 8.35) не имеют отмеченных недостатков, присущих плоским плитам, поэтому они широко используются в литейных цехах.

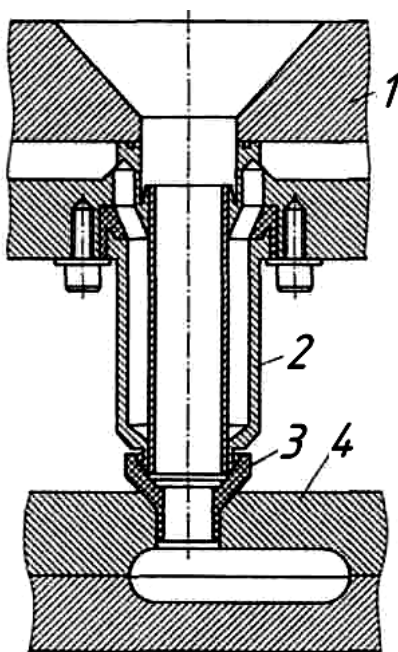


Рис. 8.35. Надувные плиты с металлическими водоохлаждаемыми соплами: 1 – надувная плита; 2 – водоохлаждаемое сопло; 3 – резиновый наконечник; 4 – стержневой ящик

Сопло 2 прикрепляют к надувной плите 1. Плотное соединение сопла с вдувным отверстием ящика 4 обеспечивается сменным наконечником 3 из термостойкой резины. В некоторых моделях машин водоохлаждаемыми выполняют не только сопла и плиты, но и пескодув-

ный резервуар и бункер для смеси. Работа на машине по изготовлению стержней горячего отверждения состоит в следующем.

По достижении необходимой температуры нагрева стержневого ящика его рабочие поверхности очищают, наносят на них разделительное покрытие для уменьшения прилипаемости смеси и облегчения извлечения стержней. Термостойкость разделительных покрытий должна быть не ниже 300 °С, кроме того разделительные покрытия должны иметь незначительное газовыделение и быть недефицитными.

Для нагреваемых ящиков применяются разделительные покрытия на основе кремнийорганических полимеров и каучука. Наибольшее распространение получило разделительное покрытие СКТ-Р, представляющее собой 3...4 %-ный раствор каучука СКТ (синтетический каучук термостойкий) в уайт-спирите.

После подготовки ящики заполняют формовочной смесью. При использовании пескодувного или пескострельного процесса применяются только пластичные (увлажненные) песчано-смоляные стержневые смеси. При этом смесь дольше сохраняет живучесть и можно получать качественные стержни самой сложной конфигурации. Надув стержня следует проводить по возможности в знаковые его части для уменьшения трудоемкости отделочных операций. В целях экономии дорогостоящей смеси стержни часто изготавливают пустотелыми (оболочковыми). При этом одновременно повышается их способность отводить газы и уменьшается объем выделяющихся при сгорании смолы газов. Пустоты в стержнях выполняются специальными вставками, называемыми «опустошителями», которые фиксируются в стержневом ящике по посадочному пояску.

Для извлечения стержней из неподвижной половины стержневого ящика используют толкатели из жаропрочной стали, с которых стержни снимают специальным вилочным съемником. Возможно также выталкивание стержня из ящика на ленточный конвейер толкателями специальной плиты через вдувные отверстия.

При использовании сухих песчано-смоляных смесей получают оболочковые стержни бункерным, пескодувным, центробежным способами и по Кронинг (Croning)-процессу.

8.4.1. Бункерный способ изготовления оболочковых стержней

При бункерном способе нагретый ящик 1 устанавливают и закрепляют на бункере 3, предварительно заполненном смесью (рис. 8.36).

На верхней плите 2 бункера имеются теплоизоляционное покрытие и отверстие, соответствующее отверстию в стержневом ящике. При по-

вороте бункера вместе с ящиком на 180° смесь уплотняется под действием гравитационных сил, и при соприкосновении с нагретой оснасткой смола размягчается, а затем отверждается с образованием твердой оболочки 4 необходимой толщины. Толщина оболочки зависит от времени выдержки. При обратном повороте смесь, не приставшая к оснастке, сыпается как правило, через знаковые части в бункер. Ящик снимают с бункера и отправляют в печь на 2... 3 мин для окончательного отверждения стержня. Бункерный способ прост в исполнении, не требует сложного оборудования, его применяют только при изготовлении простых стержней с большими открытыми знаковыми частями.

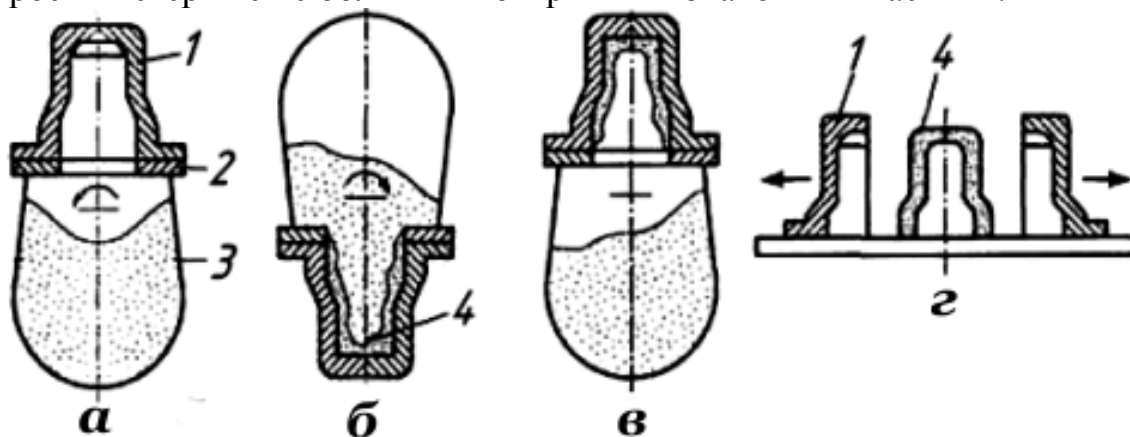


Рис. 8.36. Бункерный способ изготовления оболочковых стержней: а – установка нагретого ящика на бункер со смесью; б – переворот ящика вместе с бункером; в – обратный поворот после выдержки ящика с бункером и высыпание неутвержденной смеси; г – разъем ящика (по стрелкам) и извлечение оболочкового стержня; 1 – ящик; 2 – верхняя плита; 3 – бункер; 4 – твердая оболочка (стержень)

8.4.2. Пескодувный способ изготовления оболочковых стержней путем надува смеси

Пескодувный способ по сравнению с предыдущим является более производительным способом изготовления оболочковых стержней. Надув смеси в ящик осуществляется в основном снизу (рис. 8.37), для чего к пескодувному резервуару 4, предварительно заполненному смесью 5, через водоохлаждаемую плиту 3 прижимают пневмоцилиндром 1 нагретый стержневой ящик 2 и под пористую перегородку 6 резервуара впускают сжатый воздух.

Смесь под действием сжатого воздуха задувается в полость стержневого ящика и удерживается в нем до окончания процесса формирования оболочки 7 необходимой толщины. После этого подачу сжатого воздуха в резервуар прекращают, и избыток смеси под действием соб-

ственного веса падает в пескодувный резервуар. После окончательного отверждения стержень извлекают из ящика.

В ряде современных машин для изготовления оболочковых стержней из песчано-смоляных смесей бункерный и пескодувный способы за- сыпки совмещены. Кроме того, для облегчения и более полного удаления избытков смеси из поднутрений в ящике применяют покачивание пескодувного резервуара на $\pm 45^\circ$.

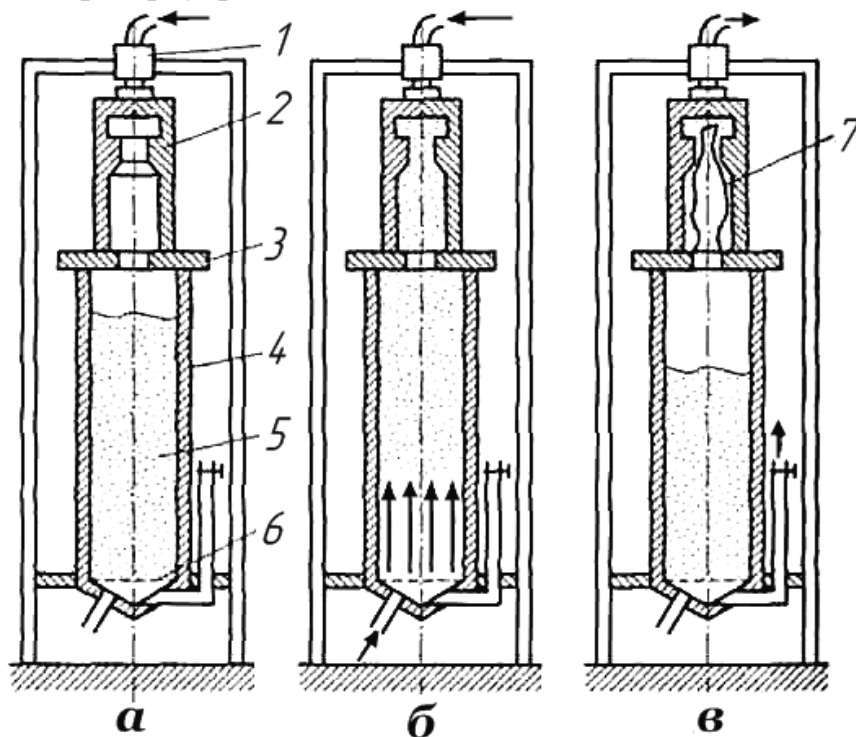


Рис. 8.37. Пескодувный способ изготовления оболочковых стержней: а – установка стержневого ящика на бункер со смесью; б – надув смеси в ящик; в – высыпание неотвержденной смеси из ящика; 1 – пневмоцилиндр; 2 – стержневой ящик; 3 – водоохлаждаемая плита; 4 – пескодувный резервуар; 5 – смесь; 6 – перегородка резервуара; 7 – оболочка (стержень)

8.4.3. Центробежный способ изготовления оболочковых стержней

При центробежном способе цилиндрические стержни изготавливают во вращающемся ящике 4 (рис. 8.38), находящемся в нагревательной печи 3. Способ включает следующие операции:

- введение лотка 2 со смесью в стержневой ящик (при этом для образования внешнего знака стержня на валу 5 лотка имеется подпружиненный диск 1, закрывающий знаковую часть стержневого ящика во время загрузки, как показано на рис. 8.38, а);

- высыпание смеси из лотка в ящик и формирование стержня (рис. 8.38, б);

– извлечение лотка и выталкивание готового стержня (рис. 8.38, в).

Время выдержки смеси в нагретом ящике для получения твердой оболочки составляет 2,5...3 мин. Окончательное упрочнение стержня происходит на воздухе после его извлечения из ящика за счет аккумулятивной стержнем теплоты.

Следует отметить наряду с хорошей поверхностью пониженную геометрическую точность отливок: при толщине стенок цилиндрических стержней 6... 8 мм появляется овальность в плоскости разъема отливок гильз цилиндров.

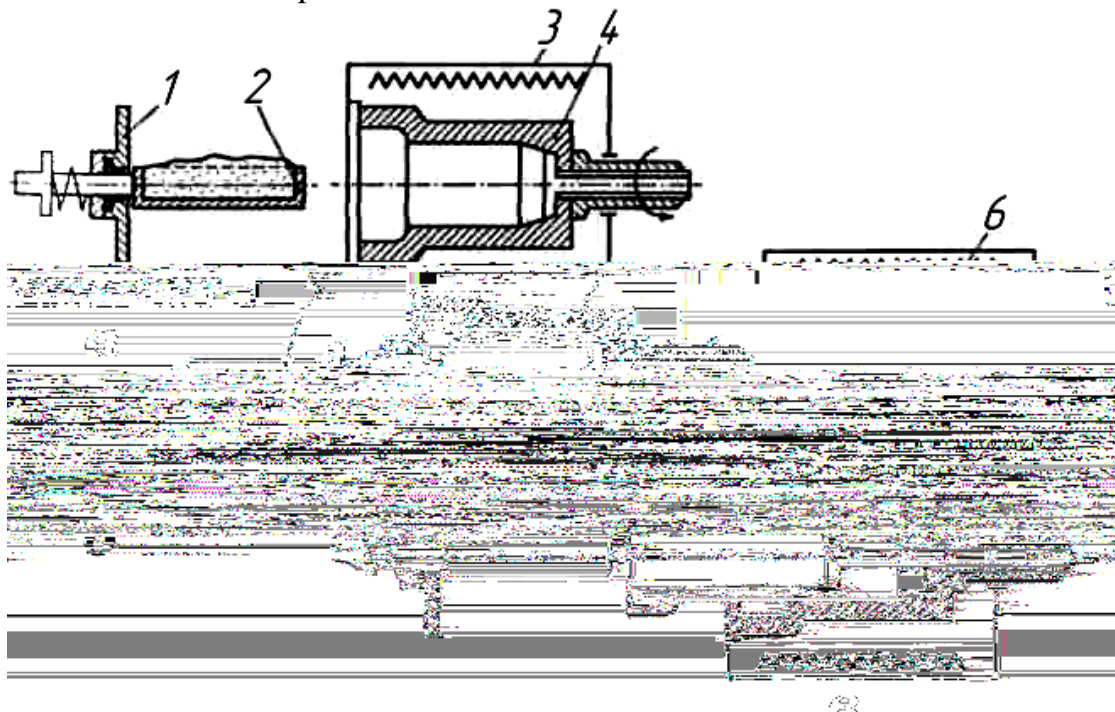


Рис. 8.38. Центробежный способ изготовления оболочковых стержней: а – операция введения лотка в стержневой ящик; б – период формирования стержня; в – завершающая операция выталкивания стержня; 1 – подпружиненный диск; 2 – лоток; 3 – нагревательная печь; 4 – вращающийся ящик; 5 – вал лотка; 6 – оболочковый стержень; 7 – толкатель

8.4.4. Кронинг-процесс

В основе Кронинг-процесса (рис. 8.39) лежит тот же принцип что и при изготовлении стержня бункерным способом, но вращение стержневого ящика 2 происходит в трех плоскостях.

Остаток смеси 4 высыпается при извлечении пробки 3. В этом способе отвержденный пустотелый стержень 1 имеет лучшее, по сравнению с бункерным способом, предварительное уплотнение и окончательная прочность стержней выше.

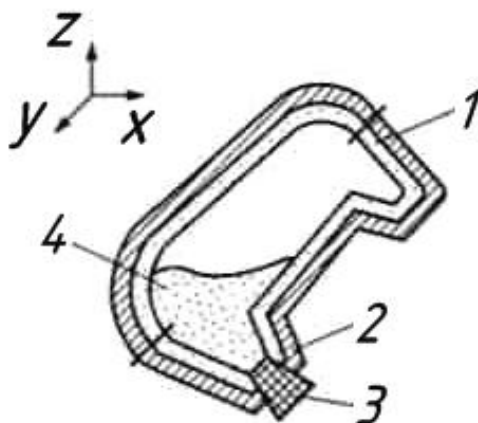


Рис. 8.39. Схема изготовления оболочковых стержней Кронинг-процессом: 1 – стержень; 2 – стержневой ящик; 3 – пробка; 4 – смесь

К преимуществам стержней, изготавливаемых по нагреваемой оснастке, по сравнению со стержнями, упрочнение которых происходит конвективной сушкой, можно отнести следующие:

- существенно повышаются геометрическая точность и размерная точность стержней и соответственно отливок;
- отпадает необходимость в использовании каркасов и сушильных плит;
- появляется возможность изготовления оболочковых стержней, обладающих высокой газопроницаемостью и пониженным объемом газовыделения.

К недостаткам технологии изготовления стержней по нагреваемой оснастке следует отнести дороговизну используемого оборудования и технологической оснастки, значительные энергетические затраты и загрязнение окружающей среды выделяющимися газами.

8.5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПО ХОЛОДНОЙ ОСНАСТКЕ

В данной технологии изготовления стержней используются холоднотвердеющие смеси на основе синтетических смол или жидкого стекла в качестве связующих.

Холоднотвердеющие смеси объединяют два направления технологии изготовления стержней, которые за рубежом называют «No bake» и «Cold-box».

К направлению «No bake» (от англ. *no* – нет и *bake* – сушка) относят технологии изготовления стержней и форм с использованием самотвердеющих в холодном состоянии смесей, в состав которых входят связующее и катализатор (или отвердитель). Технологии направления «No bake», представленные в табл. 8.2, применяют в единичном и мелкосерийном производстве средних и крупных форм и стержней.

Таблица 8.2

*Технологии с использованием связующих и катализаторов (отвердителей)
в составе смесей*

Технология	Связующее	Катализатор (отвердитель)
ХТС-процесс	Смолы: карбамидформальдегидные, кар- бамидфурановые, фенолфор- мальдегидные, фенолфурановые, фурановые	Ортофосфорная кислота, сульфоокислоты (БСК, ПТСК)
	Жидкое стекло	Сложные эфиры или их смесь
РЕР -set-процесс	Фенольная смола, полиизоцианат	Жидкий амин
Alpha-set-про- цесс	Щелочная фенольная смола	Смесь сложных эфиров

К направлению «Cold-box» (от англ. *cold* – холодный и *box* – ящик) относят технологии с использованием смесей, в состав которых изначально не входит катализатор (отвердитель). Отверждение готового стержня происходит при его продувке газообразным реагентом, выступающим в роли катализатора (отвердителя). Технологии направления «Cold-box» представлены в табл. 8.3.

Таблица 8.3.

*Технологии отверждения смесей продувкой газообразных катализаторов
(отвердителей)*

Технология	Связующее	Катализатор (отвердител)
Cold-box-amin-процесс	Фенольная смола, полиизоцианат	Газообразный амин
Beta-set-процесс	Щелочная фенольная смола	Метилформиат
Resol-CO ₂ -процесс	Щелочная фенольная смола	Углекислый газ
Ероху-SO ₂ -процесс	Эпоксидная смола + акрилат + орга- нический пероксид	Сернистый ангидрид
CO ₂ -процесс	Жидкое стекло	Углекислый газ

Наиболее широко за рубежом используется технология изготовле-

ния стержней Cold-box-amin-процессом. Основными достоинствами, которого по сравнению с другими процессами являются равномерное объемное отверждение стержня в течение 5... 20 с после продувки; высокая прочность стержней (сразу после продувки и после 24 ч); возможность изготовления самых сложных стержней, оснастка может изготавливаться не только из металла, но и из пластмассы и дерева; значительно меньшие энергетические затраты и более высокая точность размеров стержней, а следовательно, и отливок, например по сравнению с Hot-box-процессом; высокая производительность; возможность автоматизации процесса; высокое качество стержней; легкая выбиваемость; возможность регенерации отработанных смесей.

В процессе изготовления стержней предусматривается обязательное использование специальных герметизированных пескодувных машин со встроенным газогенератором и отсосом остатков амина и последующей их нейтрализацией.

Технологический процесс изготовления стержней по Cold-box-процессу состоит из следующих операций. В газогенераторе происходит испарение жидкого амина, поступающего из баллона при температуре 40 °С. Пары амина смешиваются в определенной концентрации с сухим воздухом. Пескодувная машина со встроенным смесителем является полностью герметизированной. После надува смеси в ящик надувная головка отводится в сторону, а к стержневому ящику подводится специальная плита для продувки газообразным катализатором. В комплект оборудования также входят фильтр для улавливания твердых частиц; ванна с серной кислотой; скруббер – устройство, в котором происходит улавливание вредных газов и их нейтрализация с помощью жидкостей: ванна со щелочью.

8.5.1. Выбор способов изготовления и характеристика процессов отверждения стержней из холоднотвердеющих смесей

Точность, термостойкость и прочность стержней определяют сложность, точность и качество получаемых отливок. Считается, что повышение эффективности работы автомобильных двигателей связано с развитием процессов изготовления литейных стержней, позволяющих жестко стабилизировать их размеры за счет применения процессов отверждения стержней в холодной оснастке. Снижением величины допусков по зазорам стыковки стержней при сборке блоков достигнута необходимая, постоянная конфигурация полостей, литых маслоканалов и равностенность отливок.

Существует большое многообразие технологий получения стерж-

ней. Известны несколько направлений развития технологий изготовления стержней по холодным ящикам в зависимости от скорости отверждения смеси, которая определяет производительность процессов. Наиболее конкурентоспособными остаются процессы получения стержней с отверждением их газообразными катализаторами в течение 2...8 с. Стержни сразу после отделки и комплектации могут быть поданы на конвейер. Созданы автоматические стержневые машины с объемом пескодувной головки от нескольких литров до 50 л. и более. В качестве газов-отвердителей обычно применяют *диметиламин, триэтиламин, метилформиат или сернистый газ*. В зависимости от применяемого отвердителя процессы имеют названия *Амин-процесс, Альфа-сет-процесс, Бета-сет-процесс, SO₂-процесс и др.*

Амин-процесс изготовления стержней основан на том, что после заполнения стержневого ящика песчано-смоляной смесью и ее уплотнения стержень продувается газом-отвердителем (парами амина в газе-носителе) под давлением 0,03...0,3 МПа, а затем воздухом для удаления остатков токсичного катализатора. Избыток газа и смесь газа с воздухом направляют в нейтрализатор. Суммарный расход связующего (фенольная и полиизоцианатная смолы в соотношении 1:1) составляет 1,2...1,8 мас. ч. на 100 мас. ч. кварцевого обогащенного песка.

В качестве отвердителей используют пары триэтиламина (ТЭА), диметилизопропиламина (ДМИА), диметилэтиламина (ДМЭА) и триметиламина (ТМА). Каталитическая активность смеси газов повышается с увеличением концентрации амина в газе-носителе и ограничивается по взрывобезопасности до 1,5...2 %. Расход амина на общую массу связующего составляет 5...10 %. При использовании ТМА отмечается возрастание влагостойкости стержней, но данный отвердитель обладает более сильным запахом. В настоящее время в качестве отвердителя для данного процесса наиболее распространен ДМЭА. Нейтрализация отработанных газов происходит в растворе серной кислоты с образованием экологически безопасной соли сернокислого аммония.

Все процессы автоматизированы и закрыты от доступа оператора. Стержень в стержневом ящике затвердевает по всему объему и приобретает не менее 80 % окончательной прочности (0,10...0,12 МПа при растяжении), что позволяет извлекать сложные стержни с безупречной чистой поверхности. Окончательная прочность достигает 0,15...0,18 МПа.

Основным недостатком данной технологии является токсичность компонентов смеси, отвердителей и продуктов отверждения, но эти проблемы контролируются в процессе изготовления стержней. Другими существенными недостатками являются малая живучесть смеси (до 3 ч), разупрочнение стержней при хранении во влажной атмосфере, легкая

воспламеняемость аминов, кроме того, они агрессивны к конструкциям из цветных сплавов на основе алюминия, меди, цинка.

Оснастку и всю арматуру для подачи и удаления аминов необходимо выполнять из стали. Для предупреждения образования ситовидной пористости и ужимин на отливках в смесь вводят 0,1...0,7 % пигмента железистоокисного.

Технология *Амин-процесса* позволяет получать сложные отливки, например блоки цилиндров двигателей с отклонениями от чертежных размеров, не превышающими 0,3 мм. Существенным преимуществом является возможность изготовления стержневых ящиков из пластмасс. Данная технология требует высокой культуры производства в части выполнения требований соблюдения высокой точности дозирования и концентраций амина, а также соблюдения правил техники безопасности.

Несколько уступают по скорости отверждения холоднотвердеющие смеси (ХТС) на основе фенолформальдегидного связующего, специально приготовленного и модифицированного аминопропилтриэтоксисиланом. Фенолформальдегидный олигомер в присутствии избытка щелочи переводят в форму полифенолята с добавлением 0,5 % модификатора. Отверждение проводят в присутствии сложных эфиров (триацетата глицерина, γ -бутиролактона, пропилен карбоната или их смесей). Процесс получил название *Альфа-сет*.

Достоинством этой технологии является пониженная токсичность связующего, содержащего в свободном состоянии фенола 0,5 % и формальдегида менее 0,5 %. Малые объемы выделений паров свободного фенола, формальдегида и метанола на стержневых и формовочных участках, практическое отсутствие выделений диоксида серы и сероорганических соединений после заливки позволяют поддерживать экологическую обстановку в литейном цехе в удовлетворительном состоянии. Уровень токсичности снижен более чем в 10 раз.

Расход связующего 1,5...2,5 мас. ч. на 100 мас. ч. песка. Расход отвердителя до 25 % от содержания связующего. Подбором реагентов (быстродействующего действия и замедленного), живучесть смеси в зависимости от их соотношения регулируется в пределах от 3...4 до 60 мин.

Быстрое объемное отверждение ХТС при коротком цикле отверждения позволяет заливать формы металлом уже через 2...3 ч. Отмечена меньшая чувствительность стержней к влаге по сравнению с ХТС на фурановых смолах и особенно ХТС на фенолоизоцианатных связующих.

При изготовлении отливок из стали отмечают пониженную склонность к науглероживанию поверхности и отсутствие насыщения поверхности отливок серой. Высокая термостойкость смеси, хорошая податливость отвержденной смеси при прогреве, отсутствие азота в со-

ставляющих позволяют применять стержни при изготовлении средних и крупных отливок из чугуна, высокопрочного чугуна и стали в сырых и упрочненных песчаных формах.

Экологические преимущества, универсальность процесса, достаточные прочностные характеристики отвержденных смесей позволяют рекомендовать данную технологию для изготовления средних и крупных стержней и безопочных и традиционных форм.

Недостатком является меньшая прочность и более сложные процессы регенерации смеси. Для восстановления свойств песка при регенерации необходима предварительная нейтрализация его щелочности и последующая термическая регенерация при температуре 700 °С.

Другой вариант с использованием подобных связующих (щелочных полифенолятов), но с достаточно коротким циклом отверждения получил название *Бета-сет-процесс*. Уплотненная смесь для отверждения в стержневом ящике продувается парами метилформиата (МФ, метиловый эфир муравьиной кислоты) в смеси с воздухом. В обычном состоянии, при температуре 20 °С, – это бесцветная малотоксичная жидкость с температурой кипения 31,5 °С.

Газ-отвердитель получают при нагреве жидкого эфира в пневмоиспарительном генераторе, где он в определенных пропорциях смешивается с потоком сжатого воздуха. Паровоздушная смесь содержит по объему 60 % МФ, остальное – воздух. Время продувки в зависимости от массы стержня составляет 10...30 с.

Для достижения оптимальной прочности и скорости полимеризации давление газовоздушной смеси не должно превышать 0,05...0,075 МПа. Длительность контакта отвердителя со связующим в микрообъемах смеси должна быть не менее 0,5 с. Реальный расход МФ составляет до 50 % на массу связующего.

Стержневые ящики желательно использовать с уплотнением по разъемам, что позволит сократить потери МФ и время продувки. После отверждения смеси также желательно дополнительно продуть стержень воздухом для удаления избытка МФ. так как в дальнейшем длительный контакт с МФ может привести к разупрочнению стержня. В рабочей зоне изготовления и отделки стержней достаточно использовать средства приточно-вытяжной вентиляции.

Расход связующего в смеси составляет 1,5... 2,5 мас. ч. на 100 мас. ч. кварцевого песка. Живучесть приготовленной смеси в среднем составляет 4 ч. Уровень прочности готовых стержней ниже по сравнению с Амин-процессом в 1,5...2,0 раза. Рекомендуется изготавливать стержни массой до 20 кг.

К достоинствам Бета-сет-процесса относят хорошее качество по-

верхности отливок из стали, чугуна и цветных сплавов, отсутствие в связующем азота, незначительное термическое расширение смеси, относительно влагостойкость и улучшенную выбиваемость стержней. Отмечены экономические преимущества процесса при изготовлении стержней небольшими сериями.

При изготовлении единичных средних и крупных отливок из черных и цветных сплавов применяют хорошо изученные технологии, основанные на применении ХТС на различных смолах с соответствующей термостойкостью.

Скорость отверждения холоднотвердеющих смесей может регулироваться соотношением связующего и катализатора. Время до момента извлечения стержня из ящика обычно принимают в пределах 10...30 мин. Время до простановки стержней в форму может составлять от более 4 до 24 ч. При выборе процесса рассматривают основные технологические и физические свойства смесей, вопросы общей прочности стержней, поверхностной прочности, их эрозионной стойкости и выбиваемости.

Вновь перспективным стал усовершенствованный процесс изготовления стержней на основе неорганического связующего, жидкого стекла с продувкой их углекислым газом и дополнительным вакуумированием – *CO₂-вакуум-процесс*.

Процесс упрочнения смеси заключается в том, что стержневой ящик с уплотненной песчано-жидкостекольной смесью помещается в камеру вакуумирования. Воздух из камеры откачивается и пониженное давление способствует удалению влаги с образованием оболочек силикатного геля на песчинках смеси. Это первая предварительная стадия отверждения. Затем вакуум в камере заменяется на атмосферу углекислого газа. При отсутствии воздуха реакция углекислого газа с силикатом натрия проходит быстро и эффективно. Твердость смеси повышается. Это вторая конечная стадия отверждения.

Воздействие вакуума позволило за счет более эффективного процесса формирования структуры отвержденного связующего снизить его содержание в смеси в 2 раза до 2...3 %, сократить расход CO₂ от 6 до 0,3... 1 %. Кроме того, пониженное содержание жидкого стекла в смеси улучшает выбиваемость стержней и повышает живучесть и текучесть смеси. Последние параметры смесей позволяют механизировать и автоматизировать процессы изготовления стержней с достижением преимуществ процессов скоростного изготовления их на органических связующих с продувкой газами-катализаторами.

Особенно важно, что стержни, изготовленные на жидкостекольном связующем, рекомендуют применять при использовании форм из песчано-глинистых смесей, не опасаясь накопления в возвратной смеси

Na₂O. Смесь хорошо регенерируется и восстановление свойств является экономически целесообразным.

Таким образом, сочетание высокой экономичности, термостойкости, эрозионной стойкости жидко-стекольных смесей с достоинствами процессов скоростного изготовления стержней позволяет рекомендовать данную технологию при производстве отливок из стали, чугуна мелкими и крупными сериями.

Отстают по скорости затвердевания и некоторым технологическим показателям ХТС на металлофосфатных связующих. Однако результаты применения стержней и форм при изготовлении отливок из стали и чугуна и экономические характеристики процесса позволяют данной технологии конкурировать с процессами ХТС на смолах.

В настоящее время распространены технологии изготовления стержней на неорганической основе с использованием ХТС на алюмохромфосфатных, алюмомагнийфосфатных и алюмоборфосфатных связующих. Различные типы отвердителей позволяют управлять скоростью отверждения смесей в пределах, необходимых при изготовлении мелкосерийного среднего и крупного литья.

Время до извлечения стержня в зависимости от его массы может составлять 20...40 мин. Время полного отверждения до 24 ч. Живучесть смесей обычно составляет 3...5 мин. Конечная прочность стержней зависит в основном от кинетики отверждения. При избытке отвердителя скорость набора прочности будет выше, но конечный продукт полимеризации будет хрупким, следовательно, стержень будет иметь низкую поверхностную прочность (будет осыпаться). Это объясняется образованием более напряженных структур полимера.

Практика применения металлофосфатных связующих подтвердила, что общий уровень прочностных свойств составляет 0,10...0,12 МПа при растяжении, а высокая термостойкость и податливость, низкая деформативная и газотворная способность стержней и форм позволяют получать по данной технологии отливки высокого качества независимо от массы и толщины стенок.

Недостатком данной технологии является низкая текучесть смесей, что требует дополнительных усилий при заполнении сложных стержневых ящиков. Улучшение свойств достигается изменением состава смеси. По экологическим показателям данная технология сравнима с технологическими процессами изготовления стержней и форм с применением жидкого стекла.

8.6. СБОРКА, КОНТРОЛЬ И ХРАНЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ

Сложные стержни целесообразно разбивать на простые с последующей их склейкой. Для обеспечения требуемой конфигурации и точности размеров плоскости склеивания стержней шлифуют и зачищают. С этой целью должны быть предусмотрены припуски 1... 2 мм на поверхностях стержней. Зачистку проводят с использованием алюминиевых кондукторов, которые имеют специальные опорные элементы для надежной точной фиксации в них стержня. На рис. 8.40, а показана ручная зачистка стержней в кондукторах с использованием трехгранного ножа 1 или рифеля 2, кондуктора 3, в который устанавливается стержень 6, а также механизированная зачистка (рис 8.40, б) абразивным кругом 4 на карусельном столе 7 шлифовального станка.

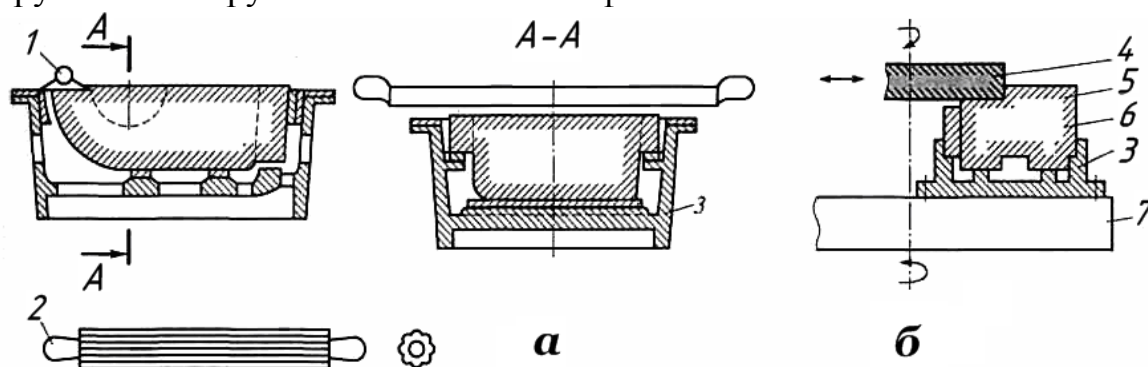


Рис. 8.40. Схема зачистки стержней в кондукторах: а – ручным способом; б – механизированным способом; 1 – трехгранный нож; 2 – рифель; 3 – кондуктор; 4 – абразивный круг; 5 – срезаемая часть стержня; 6 – стержень; 7 – карусельный стол шлифовального станка

Для склеивания стержней используют клей на основе декстрина, сульфитного щелока, жидкого стекла или других связующих. Готовые стержни подвергаются контролю. При этом производится визуальный контроль, проверка геометрических размеров шаблонами, калибрами, скобами, линейками, щупами "рядом других приспособлений.

Большинство стержней окрашиваются самовысыхающими красками или красками на водной основе. В последнем случае стержни подлежат сушке.

После проверки стержни направляют на склад, который представляет собой стационарные стеллажи или подвесной толкающий конвейер. Срок хранения стержней ограничен и зависит от типа связующего. Так, например, для стержней на жидкостекольных связующих срок хранения не должен превышать 5...7 сут.

ГЛАВА 9

СБОРКА ФОРМ

Операции, которые относятся к сборке форм, включают в себя подготовку места для сборки форм, размещение нижней полуформы на месте сборки, установку и контроль установки стержней в форму, размещение верхней полуформы на нижней полуформе, скрепление полуформ или нагружение собранных форм.

9.1. ПОДГОТОВКА К СБОРКЕ.

Подготовка литейной формы к сборке начинается с установки нижней полуформы на рабочее место сборщика. При конвейерном производстве рабочим местом является площадка конвейера или сборочный самодвижущийся рольганг, установленный перпендикулярно оси конвейера.

Мелкие и малостержневые формы устанавливают обычно непосредственно на площадку непрерывно движущегося конвейера. Крупные и средние малостержневые формы собирают на сборочных рольгангах, и с рольгангов собранные формы сталкиваются на конвейер. При периодически движущемся (пульсирующем) конвейере на его площадках можно собирать формы любой сложности и любых размеров. Площадки конвейера должны быть прямолинейными и немного больше габаритных размеров опоки. Если в литейном цехе нет сборочно-заливочных конвейеров, формы любых размеров и сложности (кроме почвенной формовки) устанавливают на специально отведенную площадь, называемую сборочно-заливочным плацем. На плацу под установку нижних полуформ готовят мягкую постель. Для этого землю плаца вскапывают на глубину 40–70 мм, разрыхляют и выравнивают.

В некоторых литейных при сборке средних форм примерно одинаковых габаритных размеров на уровне пола устанавливают два или три параллельно расположенных рельса (балки) на расстоянии друг от друга, равном длине опоки в свету. Между рельсами до верхнего их уровня засыпают и слегка уплотняют формовочную смесь, которую затем выравнивают линейкой, перемещаемой по обоим рельсам. Такой плац называется сборочно-заливочным стендом. Установленные на нем формы лежат одновременно на рельсах и на мягкой постели между ними.

Мягкую постель делают иногда и на площадках конвейера, предназначенных для сборки форм.

Это выполняется лишь в тех случаях, когда площадки конвейера

покороблены и не обеспечивают плотного прилегания к ним нижних полуформ, а слой формовочной смеси снизу опоки под отливкой мал или срезается небрежно.

При установке нижних полуформ под сборку необходимо соблюдать следующие условия:

1. Место сборки форм на плацу, как правило, должно быть местом заливки форм металлом. Это вызывается тем, что при подъеме и транспортировании краном собранных форм (особенно многостержневых и крупных) на другое место возможно выдавливание формовочной смеси из нижней полуформы под действием массы стержней, что ведет к смещению слабо закрепленных стержней в собранной форме и нарушению их вентиляционной системы.

2. Опорная поверхность нижней полуформы должна с притиркой плотно, без зазоров прилегать к площадке конвейера или плаца. Выполнение этого условия необходимо для предотвращения ухода жидкого металла через низ формы при неаккуратной отделке низа полуформы или частичном отвале в этом месте формовочной смеси. При неплотном прилегании нижней полуформы к площадке конвейера или плаца и при недостаточной толщине нижнего слоя смеси под отливкой жидкий металл может выдавить отдельные участки формы и уйти из нее наружу.

Различают два способа притирки крупных полуформ. При первом способе нижнюю полуформу краном опускают до уровня мягкой постели и, держа на весу, слегка перемещают ее в разные стороны, дополнительно выравнивая этим постель. После этого нижнюю полуформу опускают окончательно. При втором способе нижнюю полуформу сразу устанавливают на мягкую постель. После этого полуформу вновь поднимают и на все слабо прижатые ею места постели подсыпают формовочную смесь. Операции опускания форм на постель и выравнивания ее формовочной смесью повторяют до тех пор, пока нижняя полуформа не будет плотно прилегать всей площадью опоки к постели.

3. Положение нижней полуформы на постели или на площадке конвейера должно быть горизонтальным, чтобы не ухудшать условий заливки формы жидким металлом. Исключение составляют формы, которые согласно технологии должны заливаться наклонно.

4. Устанавливать нижние полуформы следует так, чтобы расположение литниковых воронок или чаш на собранной форме не мешало рабочим свободно и безопасно подходить к форме с ковшом жидкого металла для заливки. Поэтому при сборке на плацу чаши на формах устанавливают со стороны прохода, а при заливке на конвейере – с наружной стороны конвейера.

При заливке форм на плацу из ковшей, подвешенных на кране, литниковые чаши располагают с краю формы с таким расчетом, чтобы опока не мешала ковшу опускаться и поворачиваться при заливке. Ко-

гда форму заливают одновременно из двух и более ковшей, располагать литниковые чаши нужно так, чтобы два и более крана свободно могли подойти к форме. При заливке форм на конвейере литниковые чаши размещают от края формы на расстоянии, определяемом заливочным монорельсом, по которому перемещается ковш с металлом.

В знаковых частях нижней полуформы, предназначенной для средних и крупных отливок, после окончательной установки ее на мягкую постель плаца ломиком или толстым душником следует пробивать вертикальные вентиляционные каналы-стояки в случае, если они не были выполнены при формовке. В каждый стояк засыпают щепотку светлого песка или древесных опилок, которые, проваливаясь вниз, ясно отмечают на постели места выхода стояков. Затем нижнюю полуформу краном поднимают вертикально вверх и в постели от места выхода стояков прорезают глубокие горизонтальные вентиляционные каналы, выводя их наружу за пределы опоки. При выполнении в постели вентиляционных каналов поднимают и опускают краном нижнюю полуформу вертикально без продольного и поперечного перемещения крана, а, следовательно, и полуформы. При соблюдении этого условия поднятую полуформу после выполнения в постели каналов устанавливают точно на прежнее место.

При подготовке к сборке крупных форм, выполненных в опоках, необходимо для установления грузоподъемности крана и чалочных приспособлений относительно точно знать весовые данные этой формы (масса опок и формовочной смеси нижней и верхней полуформ). Грузоподъемность этих приспособлений должна превышать массу поднимаемой ими полуформы. Когда форму одновременно поднимают двумя кранами, грузоподъемность их суммируется только при одинаковой мощности обоих кранов. Если же у одного крана грузоподъемность больше, чем у другого, то возможная нагрузка на оба крана должна рассчитываться по крану меньшей грузоподъемности и будет равна его двойной мощности. Так же нужно рассчитывать чалочные цепи крана, балансир и крюки.

Поданные на сборку нижняя и верхняя полуформы должны быть тщательно проверены и отделаны. У сухих и поверхностно-подсушиваемых форм при помощи влагомера проверяют равномерность и степень их просушки. Сухие формы, имеющие просушенный слой менее 50 мм и остаточную влагу в просушенном слое более 0,5 %, к сборке не допускают и дополнительно сушат. У поверхностно-подсушиваемых форм толщина просушенного слоя должна быть не менее 15 мм и остаточная влага просушенного слоя – не более 0,5 %. Пересушенные осыпающиеся формы бракуют.

Высушенные или поверхностно-подсушиваемые формы обмахивают

сухой кистью или сметкой. Обнаруженные при осмотре формы небольшие поломы тщательно и аккуратно исправляют. Трещины расшивают и заделывают специальной замазкой. Формы, требующие повторной окраски перед сборкой, окрашивают в горячем состоянии кистью или пульверизатором. Температура формы при окраске не должна вызывать кипения краски. Формы, окрашиваемые в холодном состоянии, после окраски подсушивают переносными печами или горелками. Тщательно окрашивают и наружные холодильники, установленные при изготовлении формы.

Чтобы размеры формы не искажались, краску на поверхность формы наносят равномерным слоем, без подтеков и без залива углубленных мест и внутренних углов. Крупные и глубокие формы окрашивают изнутри формы. При окраске формы сборщик должен передвигаться в ней осторожно, не опираясь на выступающие части, чтобы не поломать низ полуформы. Для уменьшения удельного давления на низ формы под ноги рекомендуется подкладывать деревянные доски или щиты.

Стержни, подаваемые на сборку, также тщательно проверяют. Стержни с небольшими поломами, трещинами, плохо окрашенные или имеющие места и углубления, залитые краской, исправляют. Стержни со значительными повреждениями, с искаженными геометрическими формами и с весами, не соответствующими технологии, к сборке не допускаются.

Не допускаются к сборке плохо просушенные и осыпавшиеся стержни, а также стержни, пролежавшие до сборки на складе дольше установленного технологией времени.

Каждый поданный на сборку стержень должен быть очищен от пыли, подтеков краски и прилипшей смеси. Тщательно должны быть откопаны и очищены выходы газоотводящих каналов стержня и места у весок.

Стержни на сборку подают поочередно, в порядке, соответствующем установке их в форму. Положение стержней должно соответствовать их положению в форме, это необходимо для того, чтобы освободить сборщика от кантовки стержней на сборочном участке и не вводить при сборке дополнительной отделки и окраски поверхности, на которой стержень лежал на плите. Если же эти операции предварительно не были выполнены, то они с соблюдением необходимой предосторожности должны быть сделаны очень тщательно сборщиками.

9.2. УСТАНОВКА СТЕРЖНЕЙ В ФОРМУ

Установка стержней в форму является ответственной операцией сборки, от которой в основном зависит правильность и точность конфигурации и размеров отливки.

При сборке всех видов литейных форм существует несколько наиболее характерных способов установки стержней. Устанавливают стержни в форму вручную или при помощи крана в зависимости от веса стержня. Все мелкие и часть средних стержней массой до 16 кг поднимают, транспортируют и устанавливают в форму вручную.

Стержни, масса которых превышает 16 кг, а также стержни более легкие, но имеющие большие размеры по длине и ширине, устанавливают при помощи электромостового или консольного кранов, пневматического подъемника или электротельфера. В зависимости от конфигурации внутренних частей отливки, выполняемых стержнями, стержни устанавливают в форму либо в знаковые части, либо на жеребейки, либо в знаковые части с дополнительным упором на жеребейки. На жеребейки устанавливают стержни, образующие замкнутые внутренние полости отливки и имеющие выход только вверх по сборке (рис. 9.1).

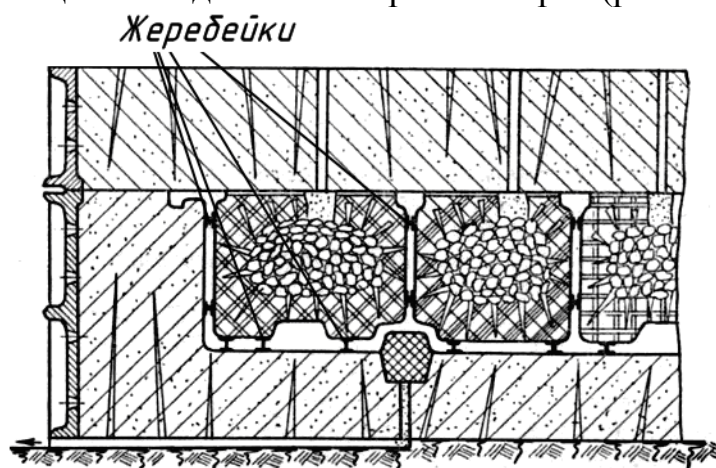


Рис. 9.1. Установка стержней в форму на жеребейки

Такие стержни не имеют каких-либо установочных вертикальных или горизонтальных знаковых частей. Снизу и со всех боковых сторон, а иногда частично и сверху они соприкасаются с жидким металлом. Высота жеребеек должна соответствовать толщине стенки в отливке. Расположение стержней в форме и толщина стенок устанавливаются исключительно по чертежу с разработанной на нем литейной технологией.

Средние и мелкие стержни устанавливают на обычные жеребейки (при малых размерах и массе стержней, а также при очень тонкой стенке чугунной или стальной отливки – на жеребейки, изготовленные из белой жести), большие тяжелые стержни – на жеребейки, имеющие большую поверхность и толщину пластин и большое количество стоек.

Стержни, образующие наружные контуры отливки и внутренние полости, имеющие необходимое количество окон достаточных размеров,

направленных по положению собираемой формы вниз или вбок, устанавливают обычно по знаковым частям. Стержни, устанавливаемые по знаковым частям, обычно не требуют дополнительного закрепления их жерейками, так как центр тяжести наружных стержней лежит за пределами рабочей полости формы, а внутренних стержней – на оси знаков.

Различают следующие виды установки стержней по знакам:

1. Установка стержня, имеющего одну (рис. 9.2, *а*), две (рис. 9.2, *б*) и более вертикальных знаковых частей, расположенных только в нижней полуформе.

2. Установка стержня, имеющего одну (рис. 9.2, *в*), две (рис. 9.2, *г*) и более вертикальных знаковых частей, расположенных в нижней полуформе, при наличии в этом стержне знаковых частей, расположенных в верхней полуформе.

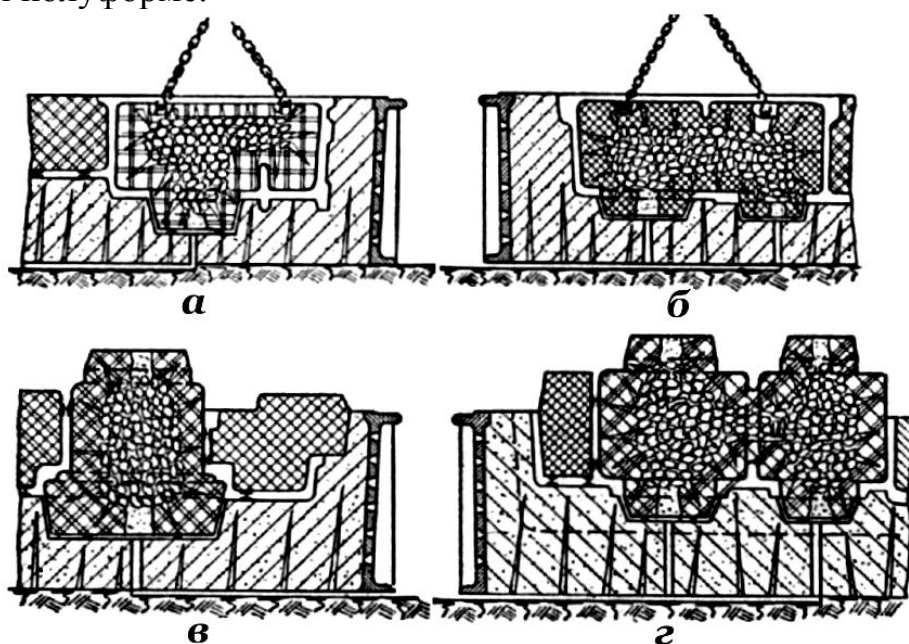


Рис. 9.2. Установка стержней в форму по вертикальным знакам: *а* – по одному нижнему; *б* – по двум нижним; *в* – по одному нижнему и верхнему; *г* – по двум нижним и верхним

Установка средних и крупных стержней по нижним вертикальным знакам затруднена, так как знаковые части в стержне расположены с невидимой сборщику стороны и установка их в знаки формы, которые также не видны (закрыты стержнем), производится вслепую. Чем больше в одном стержне нижних знаковых частей, которые одновременно нужно посадить в соответствующие знаки формы, тем труднее установить такой стержень, не повредив его или форму. Разрабатывая литейную технологию, следует избегать применения при сборке стержней с двумя и более вертикальными нижними знаками.

Цилиндрические стержни с одним вертикальным знаком, расположенным только в нижней полуформе, менее устойчивы в собранной форме, чем стержни, имеющие одновременно знаковые части в нижней и верхней полуформах.

Стержни, у которых высота равна диаметру (стороне) или меньше его, предназначенные для выполнения неглубоких отверстий, могут изготавливаться только с одним нижним знаком. При этом размеры знака делают несколько большими. При большой высоте стержня рекомендуется выполнение и верхнего знака.

3. Установка стержня, имеющего в нижней полуформе две (рис. 9.3 *а*), три (рис. 9.3, *б*) и более горизонтальных опорных знаковых частей, расположенных с противоположных сторон. Стержни с такими знаковыми частями надежно фиксируются в форме и наиболее удобны для установки. Горизонтальные знаковые части стержня и соответствующие им знаки формы видны сборщику от начала сборки до полной посадки стержня на место. Стержни с двумя и более опорными знаками необходимых размеров, расположенными с противоположных сторон, устанавливают в форму без жеребеек. Это важное обстоятельство следует учитывать при проектировании технологии сборки и при установке стержней, образующих внутренние полости отливок, наполняемых жидкостью или газом и работающих под избыточным давлением.

4. Установка стержня, имеющего одну или несколько горизонтальных знаковых частей, расположенных с одной его стороны. Такими стержнями выполняются наружные контуры отливки или изолированные внутренние полости, имеющие один или несколько выходов (окон), расположенных в одной из вертикальных стенок отливки. Наружные стержни с небольшой консольной выступающей частью обычно устойчиво сидят в своих опорных знаковых частях (рис. 9.3, *в*). В наружных стержнях, имеющих тяжелые, консольные нависающие в форму части, знаки выполняют больших размеров (рис. 9.3, *г*). При этом центр тяжести стержня переносится в его знаковую часть, что предотвращает заваливание стержня в форму. В отдельных случаях консольная нависающая часть стержня уравнивается другой такой же частью. Для этого стержни двух отливок должны быть соединены в один, а литейная форма для этих же отливок должна быть общей (рис. 9.3, *д*).

Стержни, выполняющие в отливке изолированные внутренние полости с одним или несколькими боковыми выходами наружу, практически не удается уравнивать за счет увеличения их горизонтальных знаковых частей; такие стержни устанавливают по их знаковым частям, применяя дополнительные опоры в виде жеребеек.

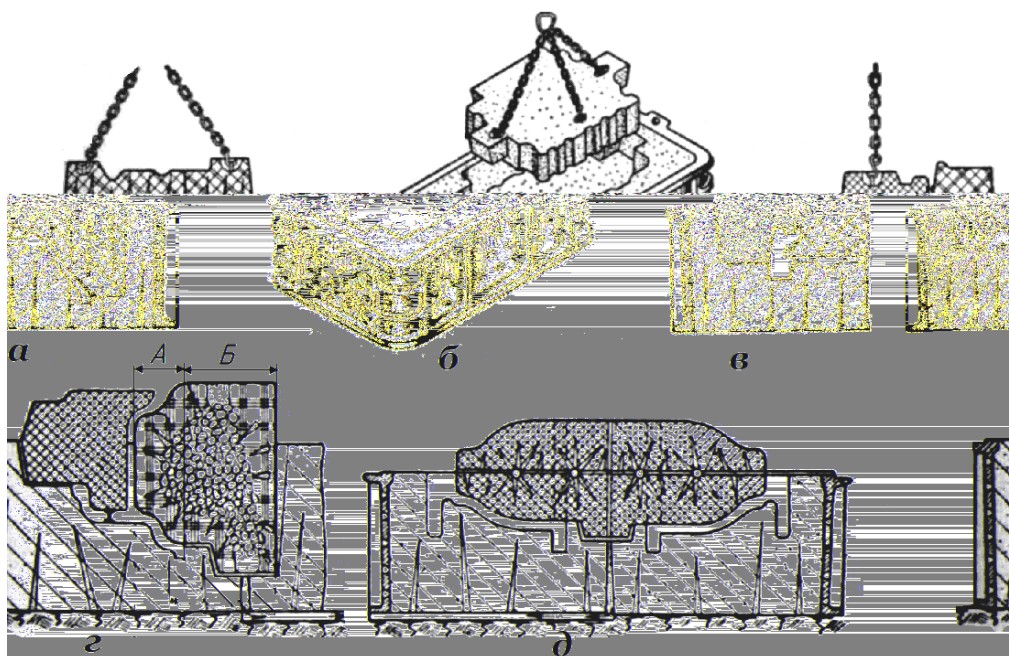


Рис. 9.3. Установка стержней в форму по горизонтальным знакам: а – по двум; б – по трем, расположенным с противоположных сторон; в – установка наружного стержня с небольшой консольной выступающей частью; г – при расширенном знаке и тяжелой консольной нависающей части, А – размер консольной нависающей части, Б – размер знаковой части; д – при объединенном для двух одинаковых отливок стержне с взаимно уравновешивающимися нависающими частями

5. Установка стержня, имеющего одновременно вертикальные и горизонтальные знаковые части (рис. 9.4). Такие стержни неудобны для установки их краном. Рекомендуется нижнюю часть такого стержня, выполняющего окно, отделять вместе с вертикальным знаком от основного стержня и устанавливать отдельно.

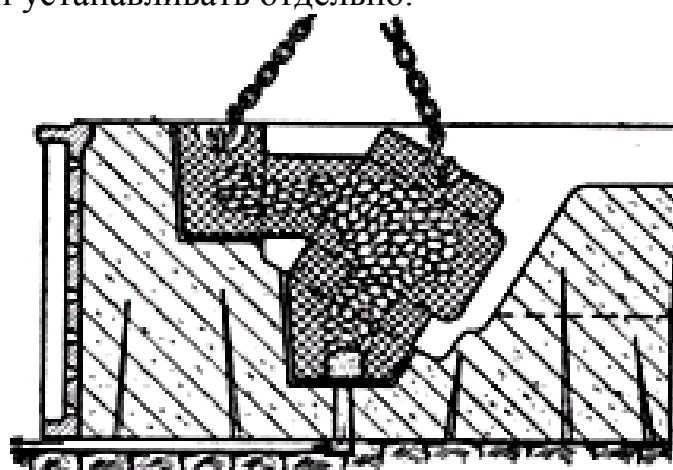


Рис 9.4. Установка в форму стержня, имеющего горизонтальный и вертикальный знаки

6. Установка стержней по знаковым частям с дополнительным упором на жеребейки. Этот способ наиболее распространен при сборке форм отливок, которые имеют большое количество крупных стержней. Жеребейки устанавливают под все неустойчиво стоящие в форме стержни с вертикальными (рис. 9.5, *а*) и горизонтальными (рис. 9.5, *б*) знаковыми частями, если в них не расположен центр тяжести стержня или если площадь знаков мала по сравнению со стержнем. Количество жеребеек, устанавливаемое под стержень, зависит от вида формы, массы стержня и удельного давления, приходящегося на форму.

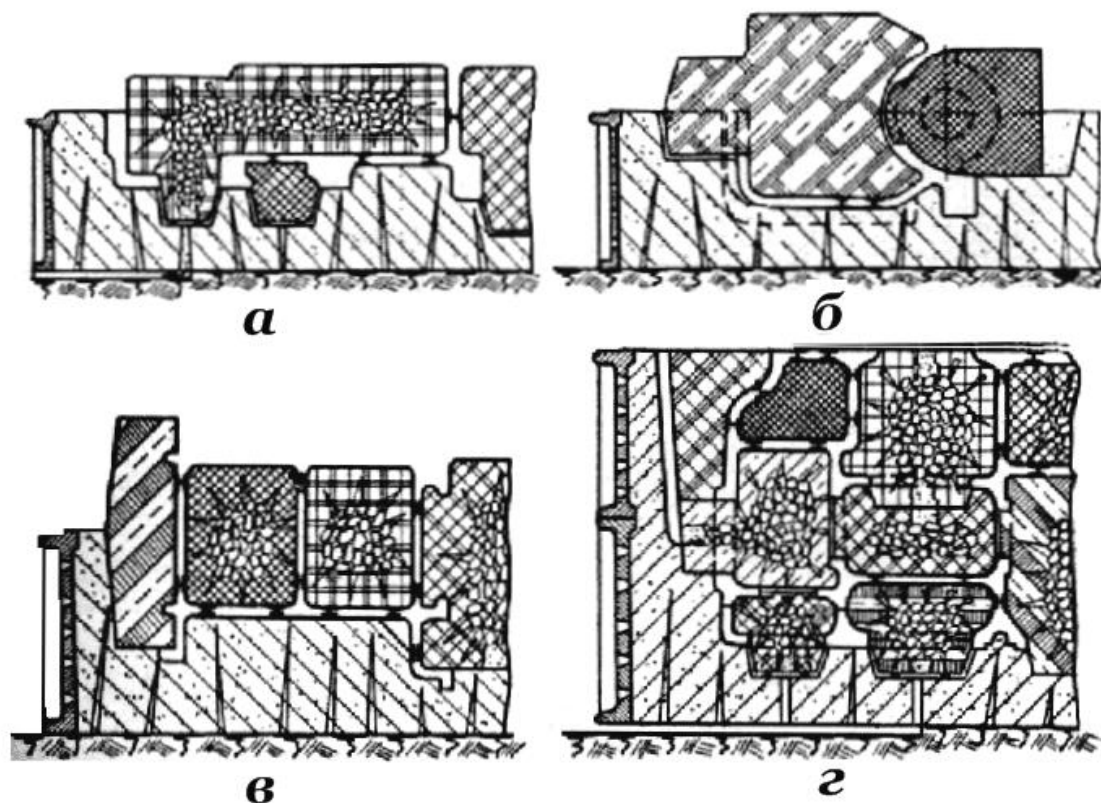


Рис. 9.5. Установка стержней по знаковым частям с дополнительным упором на жеребейки: *а* – при вертикальном знаке; *б* – при горизонтальном знаке; *в* – одноярусное, *г* – трехъярусное

Стержни в форме устанавливают в один, два, три и более ярусов в зависимости от высоты и сложности отливки. При одном ярусе (рис. 9.5, *в*) в форме по высоте располагают только один стержень, хотя по ширине и длине их может быть больше. При двух, трех и более ярусах стержни в форме устанавливают один на другой, в два или несколько этажей по высоте (рис. 9.5, *г*).

Многоярусная сборка сложнее и ответственнее, чем одноярусная. С увеличением количества ярусов усложняется устройства вентиляционной системы для отвода газов из стержней наружу, затрудняется

очистка собранной формы от пыли и сора и усложняется контроль правильного положения стержня в форме. Многоярусная установка стержней выполняется обычно квалифицированными сборщиками, которые могут рассредоточивать все отклонения, получающиеся по высоте стержней, не давая им концентрироваться в одном месте.

В зависимости от способа простановки стержня в форму различают вертикальную его установку и установку с подвижкой.

При вертикальной установке стержень подводят к месту его расположения в форме и вертикально опускают вниз до окончательной посадки (рис. 9.6, *а*). При установке с подвижкой (рис. 9.6, *б*) стержни 1 и 3 подводят на некотором расстоянии от места окончательной установки их в форме (см. пунктир) и сначала вертикально опускают вниз до определенного уровня. Затем стержни в горизонтальном направлении поддвигают к стержню 2 и окончательно устанавливают их на положенное место. Такой способ установки требует от сборщика аккуратности и большого опыта в обращении с краном. В противном случае можно повредить форму или стержень, что приведет к переборке формы для исправления поврежденных мест и удаления засора.

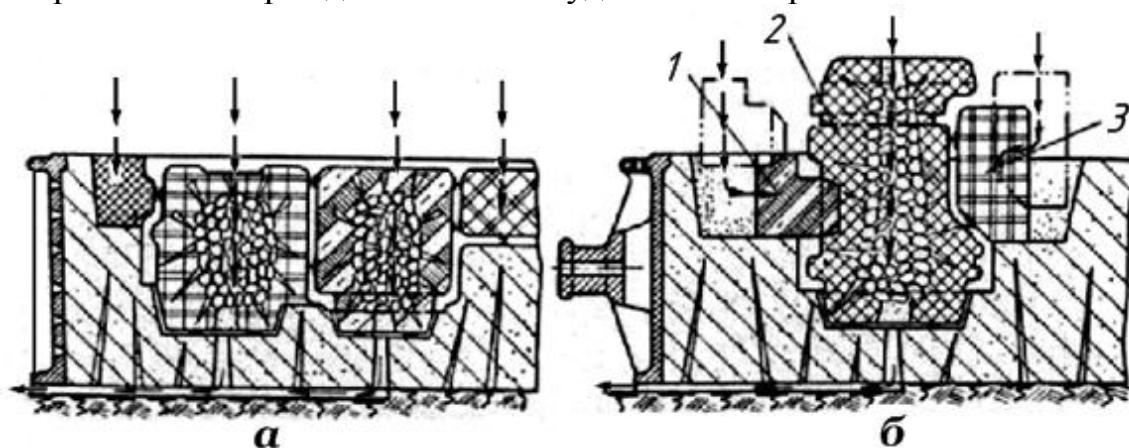


Рис. 9.6. Схема установки стержней в форму (направление установки показано стрелками): *а* – вертикальная установка, *б* – установка с подвижкой

Мелкие и легкие средние стержни свободно устанавливают в форму в любом направлении – под углом и с подвижкой. При зачаливании, транспортировании и посадке тяжелых стержней (крановых) необходимо соблюдать следующие условия:

1. Зачаливание стержней многоконцевыми цепями с крюками (чалками) производится одновременно за все подъемы (вески), предусмотренные в стержне. Следует помнить, что количество весок и суммарная площадь их сечения устанавливаются в зависимости от габаритов и массы стержня и при использовании только одной или части этих весок

нагрузка на каждую из них соответственно увеличивается. Перегрузка может вызвать разрыв вески, что приведет к разрушению стержня и формы и травмированию людей.

2. Подвешенный стержень должен занимать горизонтальное положение. Несоблюдение этого условия приводит к угловому смещению на угол α вертикальной оси стержня и его знаковых частей относительно формы (рис. 9.7, б). Это может вызвать серьезные повреждения. Повреждения будут тем значительнее, чем больше высота стержня H и угол наклона α . Повреждения возможны и при горизонтальном смещении стержня (рис. 9.7, а) Для выравнивания стержня применяют многоконцевые цепи с тремя, четырьмя и более ветвями, имеющими в середине специальные растяжки с правой и левой резьбой, регулирующие длину цепи с крюком. В результате стержням различной конфигурации при любом смещении их центра тяжести можно придавать горизонтальное положение. Выравнивание стержня весом человека, повисшего на одной из ветвей цепи или залезшего на приподнятый край стержня, а также местная установка грузов на стержень недопустимы.



Рис. 9.7. Схема возможного смещения кранового стержня при установке его в форму: а – горизонтальное смещение (линейное); б – угловое смещение

Стержни устанавливают в литейную форму в последовательности, предусмотренной технологическим процессом изготовления отливки. При этом соблюдают основное правило: каждый ранее установленный в форму стержень не должен мешать простановке последующих.

Первыми устанавливают стержни, образующие наружный контур отливки, если они не имеют выступающих в форму частей, которые могут помешать установке других стержней. Такие стержни в вертикальных стенках и внизу формы тщательно подгоняют по месту заподлицо с

формой и проверяют шаблоном. Все технологические зазоры, доступные для заделки, замазываются специальными пастами или смесью, и форма очищается от мусора. Остальные стержни устанавливают в предусмотренной технологией последовательности, но обязательно в направлении от одной стороны формы к другой, противоположной. Делается это для того, чтобы после установки каждого стержня и выполнения в нем необходимых исправлений и заделки весок была возможность продуть форму легкой струей воздуха и согнать весь сор в еще не собранную часть формы, откуда его легче отсасывать пылесосом наружу. При сборке крупных и глубоких форм, соблюдая указанный порядок сборки стержней, сборщик находится и работает в форме почти до установки последних стержней (рис. 9.8).

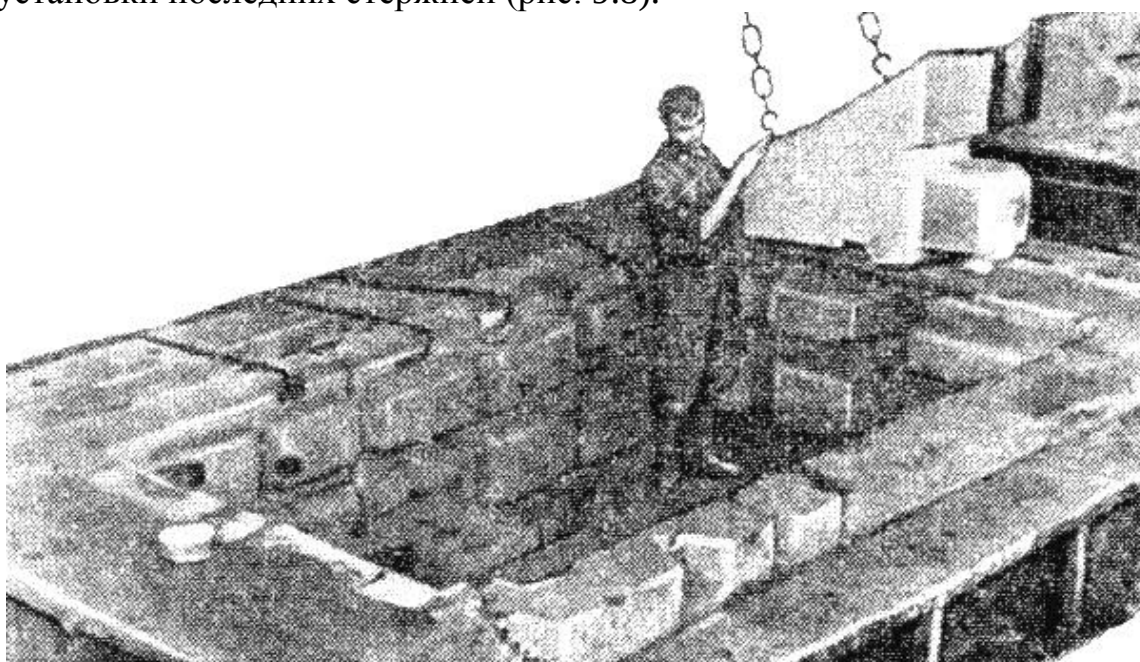


Рис. 9.8. Установка стержней сборщиком, находящимся внутри формы

Устанавливают стержни в форму очень плавно и медленно. При подводе стержня к месту установки его в форме скорость опускания может составлять 4–8 м/мин. За 50–150 мм до полной посадки стержня на его опорные поверхности скорость опускания не должна превышать 0,5–2 м/мин.

Если технологический процесс сборки сложных форм массовых и крупносерийных отливок отлажен и все возможные искажения формы и стержней полностью изучены и скорректированы, устанавливают стержни сразу, в один прием. При мелкосерийном и единичном производстве сложных отливок, имеющих большое количество стержней, устанавливают многие стержни в два приема. После первой установки

проверяют, нет ли поломов, точность и правильность посадки стержней, соответствие толщины стенок размерам, заданным на чертеже, надежность предохранения вентиляционной системы (не попадет ли в нее жидкий металл) и плотность соединения знаковых частей. После устранения выявленных дефектов стержни устанавливают окончательно.

Знаковые части стержней или форм для получения требуемой посадки, а также поверхности стержня опиливают. Опиленные места стержня, соприкасающиеся с жидким металлом, окрашивают литейной краской и подсушивают

9.3. ЗАКРЕПЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ В ФОРМЕ.

Для того чтобы предупредить смещение, выпадение или всплывание стержней при заливке формы металлом и для точной фиксации их положения, стержни, установленные в форму, закрепляют.

Существуют следующие способы закрепления стержней в форме:

1. Закрепление в сырых формах мелких стержней объемом до 1 дм^3 за счет плотной посадки знаковых частей в форме – натяг. Для этого знаковую часть стержня $A + 2a$ выполняют по диаметру (стороне) несколько больше соответствующего знака в форме (рис. 9.9, а), т. е. технологические зазоры a делаются отрицательными.

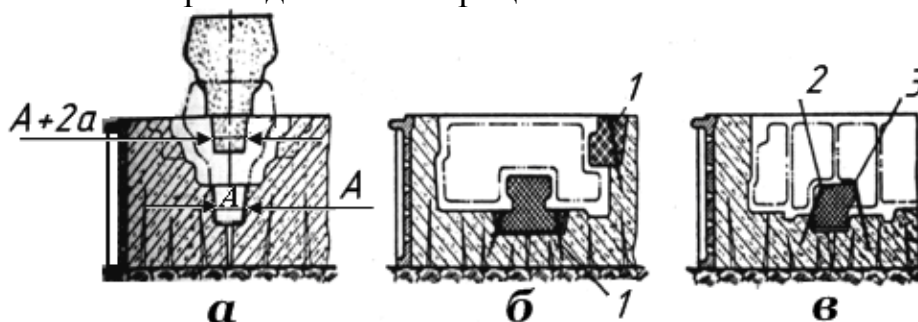


Рис. 9.9. Способы закрепления стержней в форме:
а – натягом; б – шпильками или гвоздями; в – костылями

Стержень при посадке на свое место расширяет своей знаковой частью знак формы A только под воздействием значительного усилия. При массовом и крупносерийном производстве такие стержни устанавливают при помощи специальных кондукторов. При закреплении стержня за счет отрицательного зазора длина знаковой части формы и стержня, а часто и диаметр (или сторона) их выполняются несколько больших размеров по сравнению с обычными способами посадок.

2. Закрепление стержней объемом до $1,5 \text{ дм}^3$ в сухих, поверхностно-подсушиваемых, а иногда и в сырых формах способом приклеи-

вания знаков стержней к знакам форм. Знаковые части стержня перед установкой в форму смачивают или погружают в жидкий сметанообразный раствор глины или в сульфитный щелок. Слой глины или щелока не должен выходить за пределы знаковых частей, с тем чтобы не соприкасаться при заливке с жидким металлом, и не должен закупоривать вентиляционные каналы стержня. Технологические зазоры между знаками форм и вклеиваемых стержней должны быть минимальными. Описанный способ закрепления стержней рекомендуется применять в случаях, если форма с вклеенными стержнями проходит дополнительную тепловую сушку или подсушку.

3. Закрепление в сырых формах стержней объемом до 2,5 дм³ при помощи литейных шпилек 1 или гвоздей (рис. 9.9, б). Этот способ закрепления эффективен в сочетании с ранее описанным. При креплении шпильками или гвоздями стержень изготавливают со сквозными каналами для гвоздей. Диаметры каналов несколько большего размера, чем проходящий через них гвоздь или шпилька. Каналы выполняются в знаковых частях наклонно к оси стержня так, чтобы стержни были закреплены в форме наиболее прочно. Длину и количество гвоздей или шпилек в соответствии с местом установки стержня в форме, его размерами и массой устанавливает технология.

4. Закрепление в сырых формах стержней объемом до 5 дм³ металлическими костылями (рис. 9.9, в). Поскольку костыли проходят через тело отливки и заливаются непосредственно в металл отливки, устанавливать их в ответственных местах и на чисто обрабатываемых поверхностях не рекомендуется. Головка костыля 2, удерживающая стержень в форме, может быть спрятана в выемке стержня. Выемку выполняют при изготовлении стержня или прорезают при сборке. В дальнейшем выемку с находящимся в ней костылем заделывают и закрашивают.

В неответственных местах отливки головка костыля 3 может располагаться сверху стержня; при заливке формы часть костыля сваривается с жидким металлом. Забивают костыли в сырую форму под углом. Размеры и количество костылей, необходимых для закрепления стержня, устанавливает технология.

Шпильки, гвозди и костыли для крепления стержней, устанавливаемых в сухие формы, не применяются.

При обрубке отливок часть костыля, находящуюся в форме, срубают.

5. Закрепление в форме стержней любых размеров при помощи жереек, устанавливаемых сбоку и сверху стержня (рис. 9.10), – наиболее распространенный и надежный способ закрепления стержней в литейной форме любой сложности и габаритов, особенно же при сборке средних и крупных форм с большим количеством стержней. Жерейки

на боковых (вертикальных) стенках стержней предназначены для предотвращения сдвига и смещения стержней в горизонтальных направлениях. Жеребейки устанавливают между стержнями и между стержнями и формой, образующими стенки отливки. При знаковых частях, фиксирующих положение стержня в форме, устойчивость стержню придается жеребейками, устанавливаемыми с боковых вертикальных сторон. Жеребейки устанавливаются сверху на расстоянии 30–100 мм от верхней поверхности стержня. Высота жеребеек в таких случаях подбирается в распор по фактически получающейся толщине тела между стержнями.

Стержни, не имеющие фиксирующих знаковых частей, устанавливают на жеребейках, которые литейными шпильками или гвоздями прибивают к нижней поверхности формы. Высоту этих жеребеек подбирают по толщине стенок отливки, обусловленных чертежом. Раскрепляют такие стержни в их верхней части так же, как стержни, имеющие знаковые части.

На верхние горизонтальные поверхности стержней (рис. 196), образующие совместно с верхней полуформой толщину верхних стенок отливки, устанавливают жеребейки для предотвращения всплытия стержней, вызываемого подъемной силой жидкого металла при заливке формы. Эти жеребейки обычно устанавливают после предварительного (пробного) накрытия формы, при котором определяют фактическую толщину верхней стенки. Высоту жеребеек подбирают по глиняным мушкам, речь о которых будет дальше. Количество и место установки жеребеек сверху определяет технология.

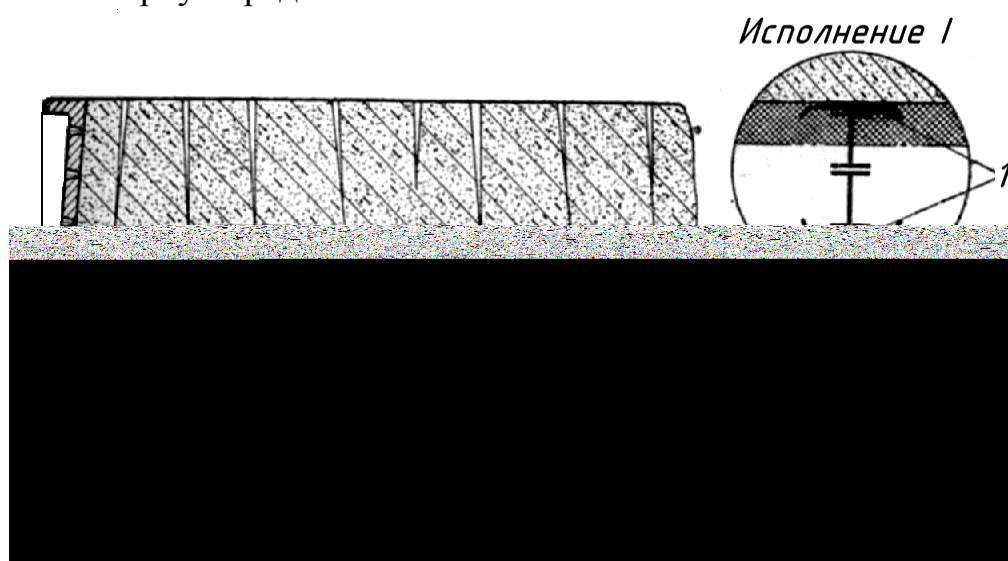


Рис. 9.10. Закрепление стержня в форме жеребейками:
I – правильное исполнение II – неправильное исполнение

Если у отливки толстые стенки и если нет жеребеек требуемой высоты, необходимый размер жеребейки может быть составлен из двух и более устанавливаемых друг на друга жеребеек. Все жеребейки должны быть прибиты к стержню литейными шпильками или гвоздями. При подборе жеребеек по высоте нужно знать величину припуска на механическую обработку на верхней поверхности, с тем, чтобы высота верхней в стопке жеребейки была больше или меньше величины припуска. Это необходимо для того, чтобы пластины жеребеек были расположены внутри стенки отливки (рис. 9.10, исполнение I) или внутри припуска, а не на их границе (рис. 9.10, исполнение II). Во втором случае жеребейки вскроются при механической обработке и будут видны на рабочей поверхности детали. Так как структура и твердость стальных пластин отличается от основной чугунной массы отливки и около пластин возможны газовые раковины, то отливка может быть забракована. При правильной установке жеребеек в стойки по высоте согласно указанному выше при механической обработке на рабочую поверхность детали выйдут только стойки жеребеек, площадь которых значительно меньше площади пластин.

При сборке форм для отливок, имеющих внутренние полости, которые заполняются жидкостями, работающими под обычным или избыточным давлением, устанавливать жеребейки не следует. Иногда при сборке таких форм чугунных отливок согласно технологии сборщик вынужден применять жеребейки. В этом случае жеребейки должны быть хорошо лужеными припоем ПОС-18.

Для предотвращения течи в отливках в местах установки жеребеек снизу и сверху их пластин иногда устанавливают специальные корытообразной формы пластины 1 из тонкой белой жести (рис. 9.10). Края пластин из жести, загнутые по всему периметру внутрь тела отливки, хорошо свариваются с основным металлом, и течь в этих местах наблюдается редко.

6. Закрепление средних и крупных стержней в верхних и нижних полуформах подвязкой в опоке.

Этот способ трудоемкий, так как рабочему в момент крепления приходится находиться под опокой в неудобном положении. Поэтому применяют его лишь в тех случаях, когда все ранее описанные способы по тем или иным причинам использовать нельзя, и когда установка жеребеек недопустима.

У стержня, закрепляемого подвязкой, должна быть относительно большая площадь знаковой части и примерно на оси ее должен лежать центр тяжести стержня. Подвязка стержня в верхней или в нижней полуформе выполняется при помощи стального крюка 2 (рис. 9.11, а), го-

ловкой которого зацепляют стержень за веску 1 каркаса в знаковой части. Цилиндрическая часть крюка с нарезкой под гайку 4 выходит через форму наружу и притягивается гайкой 4 к металлической планке 3, устойчиво лежащей не менее чем на двух крестовинах (или стенках) опоки. При завертывании гайки крюк подтягивается в сторону крестовин опоки и, увлекая за собой стержень, плотно сажает его в знаковую часть формы. Количество крюков для подвязки стержней и их сечение устанавливается технологией в зависимости от массы стержня, количества и площади знаковых частей. В отдельных случаях крюк заменяют стальной проволокой 2 (рис. 9.11, б), которую закручивают на металлический стержень 3. Стержень опирается на крестовины или стенки опоки. Металлический стержень подклинивают к опоке металлическими или деревянными клиньями 4.

В связи с тем, что при подвязке стержней сборщик форм работает, находясь под опокой, необходимо полуформу прочно устанавливать рабочей полостью кверху на стационарный стенд 5 (рис. 9.11). Высота стенда должна позволять сборщику удобно работать.

Стержни в полуформу устанавливают сверху, а их подвязка производится снизу под опокой.

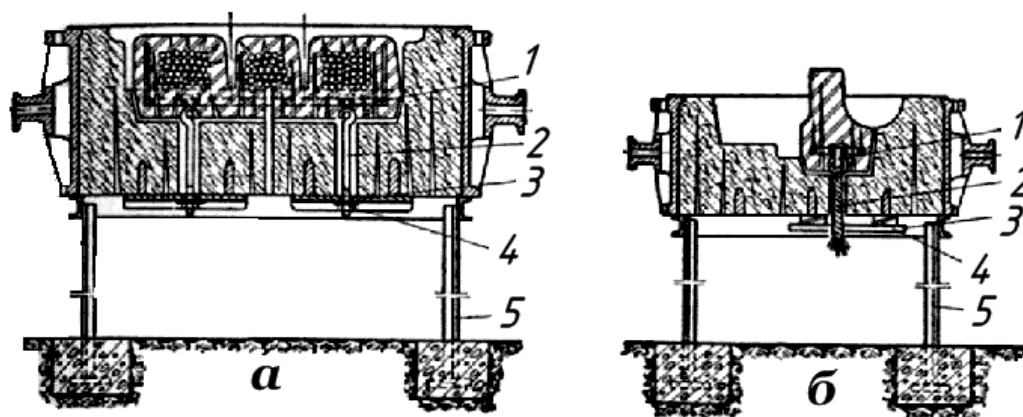


Рис. 9.11. Закрепление стержней в полуформе подвязкой:
а – при помощи крюка; б – проволокой

При заполнении литейной формы жидкий металл оказывает на стенки формы и стержней металлостатическое давление, равное, согласно закону Паскаля, весу столба жидкости, умноженному на площадь стенки. Под действием этого усилия стержни, образующие наружный контур отливки, могут быть выдавлены за пределы рабочей полости формы на величину технологического зазора между торцовыми поверхностями знаковых частей формы и стержня.

Наружные стержни, устанавливаемые в нижней полуформе, у которых большая часть расположена выше разъема формы, могут смещаться на значительную величину, так как технологические зазоры между торцами знаковых частей формы и стержня вверху выполняются намного большими, чем в нижней полуформе. Фактическая величина технологических зазоров между знаками формы и стержней в нижней и в верхней полуформах в результате осадки стержней, заглаживания знаковых частей, смещения стержней при сборке и др. получается в отдельных случаях больше запроектированной. Смещение стержня на эту величину может вызвать брак при изготовлении отливок или искажение геометрических форм и размеров.

Чтобы предотвратить боковое смещение стержня от выдавливания его металлом, необходимо устранить технологические зазоры в торцах знаковых частей. В сырых и поверхностно-подсушиваемых формах, в которых большая часть высоты знака стержня расположена в нижней полуформе, технологические зазоры между знаками форм и стержней забивают формовочной смесью. Забивают смесь трамбовкой со стороны разъема формы в непосредственной близости и в направлении знака стержня. В сухих и химически твердеющих формах забивать технологические зазоры формовочной смесью значительно труднее. В этих формах в зазор между знаком формы и стержня забивают металлические или деревянные клинья 1 (рис. 9.12, а).

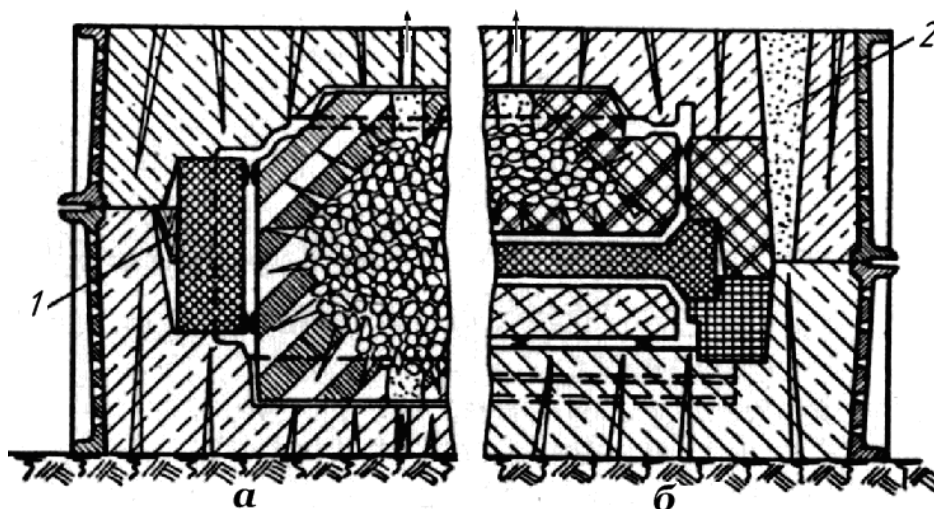


Рис. 9.12. Предотвращение смещения наружных стержней от выдавливания их металлом: а – расклиниванием; б – забивкой колодцев (стрелками обозначен вывод газов из формы)

В литейных формах, где большая часть высоты знака стержня расположена в верхней полуформе, возможное выдавливание стержня предотвращают забивкой формовочной смесью специальных колод-

цев. Для этого при изготовлении формы к знаку модели прикладывают необходимое количество стояков прямоугольного сечения, которые оставляют в верхней полуформе открытые сквозные колодцы. После сборки и окончательного накрытия низа верхней полуформой колодцы 2 забивают сверху формовочной смесью (рис. 9.12, б), которая, отжимая стержень внутрь формы, не дает ему возможности смещаться в сторону знака под давлением жидкого металла.

Закрепление стержня при помощи колодцев, забиваемых формовочной смесью, применяется и при горизонтальных знаках, расположенных большей своей частью внизу. Колодцы формируют при помощи прямоугольных стояков, набитых на торцовый знак модели. Прямоугольные стояки протягивают из формы вместе с моделью. После установки стержня колодцы со стороны разъема забивают формовочной смесью.

9.4. ВЫВОД ГАЗОВ ИЗ СОБРАННОЙ ФОРМЫ.

Образование песчаных и газовых раковин на обрабатываемых поверхностях отливок или в самой толще их – самый распространенный вид дефектов литья. Эти дефекты часто являются следствием затрудненного отвода большого количества газов из стержней и форм.

При заполнении формы жидким металлом соприкасающиеся с ним поверхности стержней и формы прогреваются, достигая почти температуры металла. При этом некоторые материалы, входящие в состав формовочных (стержневых) смесей, выгорают, образуя большое количество газов. Если эти газы, расширяющиеся от высокой температуры, быстро не вывести из стержня или формы через вентиляционные каналы наружу, то под большим давлением они начнут выходить по всем сечениям в полость формы. Быстрое расширение газа, подобно взрыву, способно разрушить наиболее слабые места формы и стержней и их поверхностные слои, окрашенные литейными красками. Оторванные частички стержней или формы вместе с газами попадают в металл, где в зависимости от конфигурации детали и состояния жидкого металла они всплывают к наружным поверхностям отливки или застревают в толще металла.

Если эти неметаллические включения в отливках выявляют на окончательно обработанных и трущихся поверхностях (типа направляющих) или же в стенках ответственных резервуаров, то такие отливки бракуют. При правильной и тщательно выполненной системе вентиляционных каналов, отводящих газы наружу формы, можно избежать этих видов и дефектов отливок. Жидкий металл не должен подходить близко к вентиляционным каналам с тем, чтобы не залить их, т. е. каналы должны быть изолированы от литниковых ходов.

Часть газов из формы и стержней отводится наружу благодаря газопроницаемости формовочных и стержневых смесей, но быстрый, направленный и надежный отвод газов из формы может быть достигнут главным образом при правильном устройстве искусственной вентиляционной системы. При устройстве вентиляционной системы нужно соблюдать следующие правила. Длина каналов и изменение их направлений, а следовательно, и путь прохождения газов из формы наружу должны быть минимальными и прямолинейными; направление вывода газов из формы предпочтительнее делать вверх, что совпадает с естественным направлением горячих газов снизу вверх. Вбок и вниз газы следует выводить лишь при необходимости или дополнительно к отводу вверх. Наиболее распространенными способами устройства искусственной вентиляционной системы являются следующие:

1. Из мелких стержней с вертикальными знаковыми частями газы через форму отводят по вертикальным сквозным каналам – наколам. Для этого они выполняются сборщиком с помощью металлического душлика максимального диаметра изнутри верхних и нижних знаковых частей сырой формы (рис. 9.13, а).

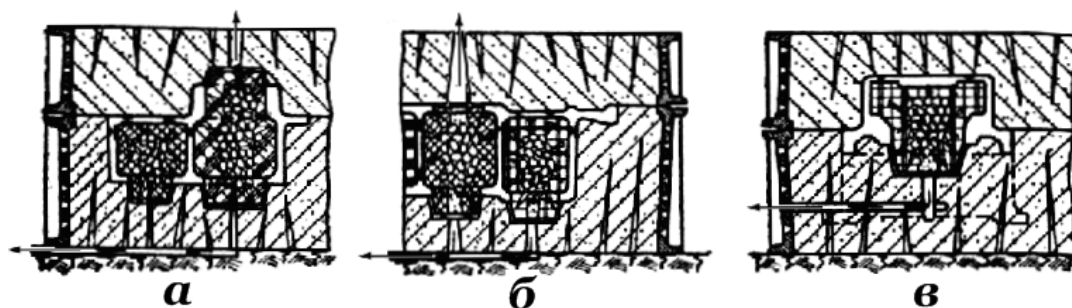


Рис. 9.13. Вывод газов из собранной формы при вертикальных знаковых частях: а – через наколы; б – через вентиляционные стояки; в – через каналы, образуемые шомполами

Желательно, чтобы эти наколы совпадали с соответствующими вентиляционными каналами в стержнях, которые должны проверяться сборщиком перед установкой стержня. В знаковых частях формы, в которых одновременно выполнено несколько каналов, газы из стержня сначала попадают в технологические зазоры между горизонтальными поверхностями знаковых частей формы и стержней и уже оттуда через каналы формы наружу. В сухих и поверхностно-подсушиваемых формах наколы в знаковых частях выполняют до сушки.

2. Из средних и крупных стержней с вертикальными знаками газы через форму отводят по вертикальным вентиляционным стоякам (рис. 9.13, б). Стояки эти выполняют или формовкой специальных моделей, установленных на соответствующие места знаковых частей, или же

пробивают ломиком при подготовке полуформ к сборке. Желательно вентиляционные стояки в нижней полуформе оставлять открытыми, но если есть опасение, что жидкий металл может проникнуть в них, стояки следует закрывать паклей, асбестом, засыпать крупным песком или отсеянной мелкой гарью. Вентиляционные стояки в верхней полуформе засыпают редко. В этих случаях должны быть приняты меры, предупреждающие попадание в стояки жидкого металла.

3. В массовом и крупносерийном производстве из стержней с вертикальными знаковыми частями иногда отводят газы через горизонтальные вентиляционные каналы, выполняемые при помощи шомполов, протягиваемых через стенки опоки (рис. 9.13, в). Для этого на знак модели устанавливают стальную шпильку, в которой просверлено отверстие на одной оси с аналогичным отверстием в стенках опоки. В эти отверстия перед заполнением опоки формовочной смесью вставляют металлический шомпол, опирающийся одним концом на шпильку и другим на стенку опоки. Перед протяжкой модели шомпол вытягивают через стенку опоки, и в набитой полуформе остается горизонтальный вентиляционный канал, отводящий газы из стержня наружу формы.

4. Из мелких и части средних стержней с горизонтальными знаковыми частями, расположенными в разъеме формы, газы отводят вбок по каналам, прорезанным по разъему нижней полуформы 1 (рис. 9.14, а). После установки стержня в форму сборщик концом гладилки или другим инструментом прорезает (процарапывает) по разъему нижней полуформы бороздку, являющуюся продолжением вентиляционного канала стержня и выходящую наружу по стыку обеих полуформ.

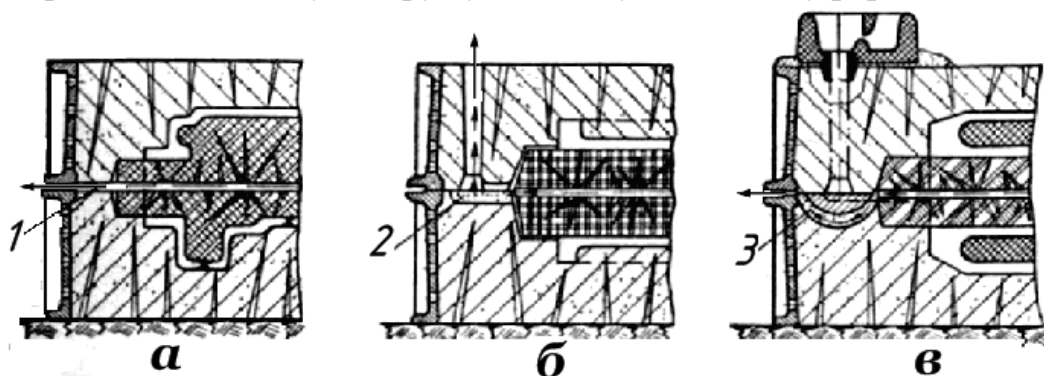


Рис. 9.14. Вывод газов из собранной формы при горизонтальных знаках: а – через каналы, прорезанные по разъему; б – через стояки и каналы, прорезанные по разъему; в – через каналы, проходящие под шлакоуловителем

При сборке более крупных стержней такая же бороздка, но большего сечения, прорезанная или отформованная в нижней полуформе, засыпается

крупным песком или мелкой гарью. Во всех случаях, где возможно, целесообразно отводить газы из прорезанных каналов наружу формы через вентиляционный стояк 2, выполненный в верхней полуформе (рис. 9.15, б).

В литейных формах, в которых вентиляционные каналы вынужденно пересекаются со шлакоуловителями литниковой системы, отводить газы из стержня наружу формы нужно особенно тщательно. Вентиляционный канал 3, проходящий под шлакоуловителем, прорезают на глубине от него минимум на 60 мм и на дно канала укладывают тонкий жгут пакли, крупный песок или мелкую гарь, которые сверху заделывают формовочной смесью заподлицо с разъемом (рис. 9.15, в). В сухих и поверхностно-подсушиваемых формах этот слой просушивается. Жидкий металл поступает в форму по шлакоуловителю, а под ним по вентиляционному каналу и газопроницаемой засыпке выходит газ. При неаккуратной заделке канала формовочной смесью или при недостаточной толщине слоя заделки газы могут прорваться в жидкий металл и вызвать его кипение. При таком прорыве газов возможно разрушение заделанных участков формы под шлакоуловителем и заливка вентиляционных каналов металлом. В ряде случаев это приводит к образованию в отливках засоров и вскипов, т. е. к браку литья.

Поэтому следует избегать применения описанного способа, вывода газов наружу.

5. Из средних и крупных стержней с горизонтальными знаковыми частями, расположенными в разьеме формы или ниже его, газы отводят наружу формы при помощи вытяжных стояков, примыкающих к торцам знаков (рис. 9.16, а). При серийном производстве отливок модели вытяжных стояков набивают на вертикальных поверхностях знаковых частей модели или стержневого ящика. В условиях единичного производства отливки вытяжные стояки прорезаются или формовщиком при отделке формы или сборщиком при сборке.

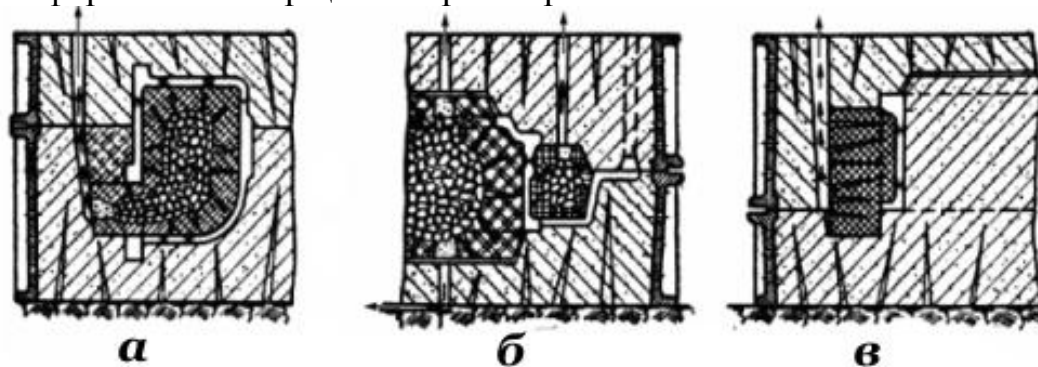


Рис. 9.15. Вывод газов из собранной формы при горизонтальных знаках: а – через вытяжные стояки; б – через вентиляционные стояки в стержнях и в верхней полуформе; в – через приставной вентиляционный стояк

Получаемый в нижней форме вертикальный канал доходит до линии разъема формы и соединяется с вертикальным каналом, выполненным в верхней полуформе. Если вертикальный канал в верхней полуформе не может быть выполнен как продолжение нижнего из-за неудачного расположения крестовин или по другим причинам, то от вытяжного стояка в нижней полуформе прорезают дополнительный горизонтальный вентиляционный канал, газы по которому отводятся вверх или вбок по разъему формы. Вентиляционные каналы в нижней полуформе засыпают крупным песком или мелкой гарью.

В крупных и средних стержнях, горизонтальные знаковые части которых расположены преимущественно в верхней полуформе, отводят газы из стержней наружу формы через вентиляционные стояки, выполненные частично в стержне, а частично в верхней полуформе (рис. 9.15, б). Такой способ отвода газов более надежен и лучше, чем другие способы, защищает вентиляционные каналы от попадания в них жидкого металла, но он требует больших размеров знаковых частей формы и стержней. В стержнях вертикальный канал образуется стояком, закрепленным наглухо на знаковой части стержневого ящика. К стояку подводится вся остальная вентиляционная система стержня. На знаковой части модели в этом же месте крепится металлическая шпилька или высверливается углубление для установки стояка.

В случаях, когда длину знаковых частей формы и стержней невозможно или нерационально увеличивать, вентиляционные каналы можно делать приставкой плоских стояков к торцам знаковых частей, расположенных в верхней полуформе. В стержнях у места вывода газов выполняют метку или вытяжной стояк, которые совпадают с вертикальным каналом формы. После окончательного спаривания формы вентиляционный канал сверху засыпают крупным песком или мелкой гарью (рис. 9.15, в), хорошо пропускающими выходящие наружу газы.

7. В средних и крупных стержнях с одним вертикальным знаком малой площади, расположенным вверху, газы из стержня через форму выводят металлическими трубками, один конец которых вставляют в стержень, а другой выходит наружу. На верхнюю поверхность знака модели устанавливают конусную деревянную болванку, у которой сечение внизу несколько меньше площади знака. С помощью болванки при формовке верхней полуформы образовывается сквозной колодец.

Стержень изготавливают с таким расчетом, чтобы вся его вентиляционная система имела выходной вертикальный канал в центре знака. Диаметр вентиляционного канала должен быть больше, чем наружный диаметр металлической трубки. На конце трубки, устанавливаемой непосредственно в стержень, просверливают отверстия диаметром 2–6 мм. После

закрепления в форме стержня в него вставляют трубку, длина которой подбирается с таким расчетом, чтобы конец ее выходил за пределы верхней полуформы. Для предотвращения проникновения металла внутрь стержня зазор у верхней плоскости знаковой части между вентиляционным каналом стержня и трубкой тщательно замазывают глиной или забивают формовочной смесью. После накрытия нижней полуформы верхней колодец вокруг трубки забивают формовочной смесью (рис. 9.16, а).

Чтобы смесь не попала в форму, зазор между колодцем и знаком стержня до набивки замазывают глиной. При значительной толщине слоя формовочной смеси над знаком стержня трубку можно не выводить за пределы верхней полуформы. В этом случае при помощи стояка, устанавливаемого на трубку, в смеси доверху выполняется канал, являющийся продолжением трубки.

Маленький колодец над знаком стержня в верхней полуформе затрудняет установку верхней полуформы на трубку, замазывание зазоров и набивку колодца формовочной смесью. В этом случае диаметр колодца можно увеличить, установив, дополнительный стержень в вентиляционный колодец (рис. 9.16, б), газы из формы выводятся так же, как и в описанных выше способах. После накрытия верхней полуформы в колодец устанавливают стержень, имеющий в центре отверстие под трубку. Свободную часть колодца над стержнем до верха опоки забивают формовочной смесью.

Способы вывода газов из стержня через металлические трубки надежны, дают хорошие результаты, но трудоемки, требуют аккуратности и тщательности в работе.

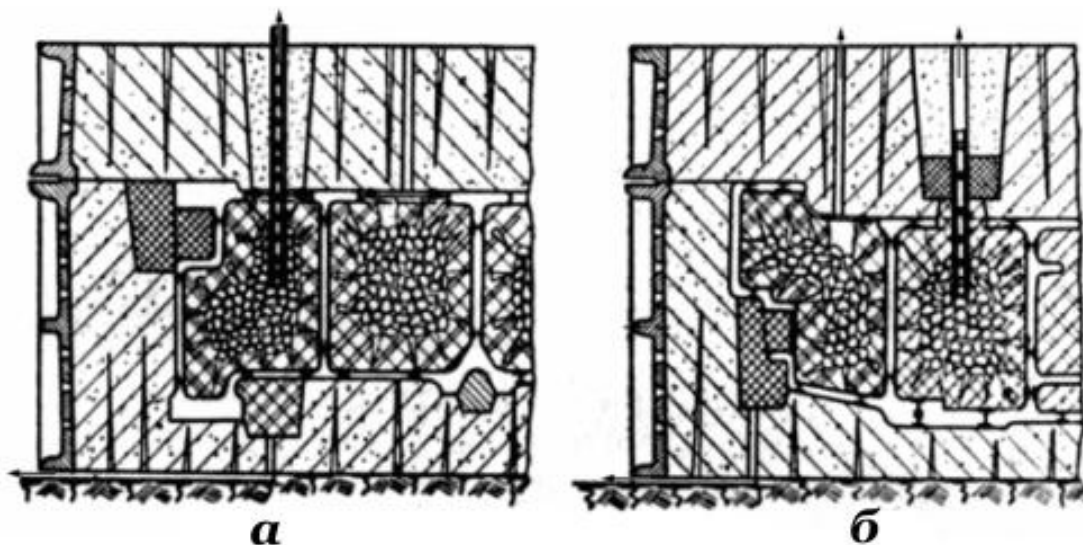


Рис. 9.16. Вывод газов из собранной формы через трубки: а – с засыпкой вентиляционного колодца; б – с установкой стержня в вентиляционный колодец

Вентиляционные каналы должны быть открыты и свободно выводить газы наружу в течение всего времени от заполнения жидким металлом формы до полного затвердевания отливки. Если же жидкий металл по технологическим зазорам между знаковыми частями или по щелям неплотного соединения формы и стержня проникнет в один из участков выхода вентиляционных каналов наружу и заполнит его, то он застынет там и закупорит отверстие для выхода газов. Заливка вентиляционных каналов металлом происходит при заполнении формы, т. е. в момент, когда образование газа в форме только начинается. При последующем прогревании стержня и выгорании в нем органических веществ количество газа в стержне резко возрастает. С повышением температуры в стержне объем газа все более увеличивается. Не имея выхода наружу, газ при резко увеличенном количестве и объеме развивает большое давление и прорывается в толщу металла. Часть жидкого металла, расположенного вблизи выпоров и литниковой системы, под действием этого давления выбрасывается наружу. Это может привести к сильным ожогам и к браку отливок. Чтобы этого не происходило, сборщик обязан особо тщательно выполнять работы по предупреждению попадания жидкого металла в вентиляционную систему. При этом необходимо соблюдать основное правило: выводить газы нужно в сторону, противоположную месту расположения литниковой системы, расстояние от жидкого металла до вентиляционных каналов в любой части формы должно быть максимальным.

Существует несколько способов, предохраняющих вентиляционные каналы от проникновения в них жидкого металла:

1. В литейных формах длиной до 1500 мм, заливаемых по-сырому, вентиляционные каналы защищают от попадания в них жидкого металла плотным соединением формы и стержня. Плотное соединение достигается путем подреза формы (рис. 9.17, а).

Для этого по периметру знаковой части или вокруг вентиляционного канала гладилкой или ланцетом под углом примерно в 45° подрезают верхний слой формы 1, приподнимая его над поверхностью знаковой части. При установке стержня в форму нижняя поверхность его знаковой части прижимает приподнятый слой формовочной смеси и создает при этом плотное соединение поверхностей формы и стержня вокруг вентиляционного канала.

В сухих и поверхностно-подсушиваемых формах подрезку выполняют редко. Она возможна лишь после предварительного смачивания водой подрезаемого слоя формовочной смеси.

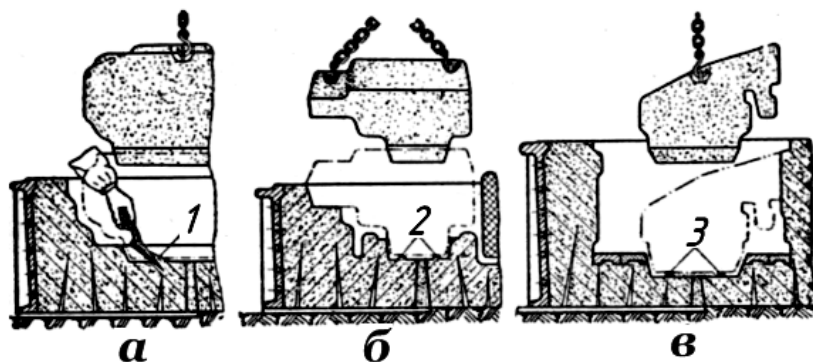


Рис. 9.17. Способы, предохраняющие попадание жидкого металла в вентиляционные каналы: а – подрезкой; б – обжимными кольцами; в – прокладкой пасты

2. В серийных отливках, изготовляемых по металлическим модельным комплектам и заливаемых в сырые формы, вентиляционные каналы защищают специальными обжимными кольцами 2, выполняемыми в форме (рис. 9.17, б). На горизонтальных поверхностях знаковых частей модели на некотором расстоянии от вентиляционных каналов протачивают или выфрезеровывают узкую канавку радиусом 2–5 мм, образующую в форме выступающее земляное кольцо. Стержень при окончательной посадке в знак формы садится на земляное кольцо и обжимает его своей тяжестью. В результате достигается плотное прилегание поверхностей формы и стержня по всему периметру обжатого кольца, предотвращающее попадание жидкого металла в вентиляционную систему. Для сухих и поверхностно-подсушиваемых форм обжимные кольца не применяют, так как после сушки они получают определенную прочность и под тяжестью стержня могут не обжаться.

3. Вентиляционные каналы стержней и форм мелких и части средних отливок предохраняют от проникновения в них жидкого металла, прокладывая вокруг каналов эластичную, легко раскатываемую в шнур глиняную пасту специального состава.

Глиняный шнур любой длины выдавливается из специальной машинки, устанавливаемой недалеко от сборки. В цилиндр машинки закладывают пасту, которая под давлением на нее поршня выдавливается в виде шнура, проходя через отверстие мундштука необходимого диаметра. Сборщик выжимает глиняный шнур нужной длины и укладывает его на знаковую часть на некотором расстоянии от вентиляционного канала. При установке стержня или верхней полуформы на глиняный шнур паста раздавливается и создает плотное соединение формы со стержнем.

В литейных цехах, где таких машинок нет, глиняные прокладочные шнуры раскатывают руками и подают на сборку на фанерных поддонах. Глиняные шнуры применяют для сырых, сухих и поверхностно-подсушиваемых форм любых размеров.

4. Вентиляционные каналы стержней и форм средних и крупных отливок, заливаемых в сухие и поверхностно-подсушиваемые формы, предохраняют прокладкой пасты кашеобразной консистенции. Это пока самый распространенный способ предохранения вентиляционных каналов. При этом способе сборщик, набрав в руку пасту, аккуратно выдавливает ее через пальцы, оставляя на знаковых частях формы или стержня ровный, нужной высоты и ширины валик пасты 3 примерно треугольного сечения (рис. 9.17, в). Пасту прокладывают с таким расчетом, чтобы она по всей длине обжималась стержнем или верхней полуформой и сплошным валиком располагалась вокруг вентиляционных каналов.

Чтобы убедиться, по всему ли периметру и достаточно ли плотно соединены формы и стержни вокруг вентиляционного канала, сборщик проверяет толщину и степень уплотнения слоя пасты путем предварительной установки стержня. Стержень в таких случаях устанавливают в два приема. Перед первой установкой на валик пасты накладывают полосу бумаги, чтобы паста не прилипла к стержню. После обжата стержнем глиняных валиков стержень приподнимают, визуально и по замерам толщин валика проверяют равномерность и степень уплотнения пасты. Добавив пасту в места недостаточного обжата, пространство между валиками пасты и вентиляционным стояком засыпают слоем крупного песка, и стержень устанавливают окончательно. На некоторых заводах вместо глиняного шнура применяют асбестовый шнур.

Вентиляционные каналы большого сечения в форме засыпают крупным песком или мелкой гарью, чтобы предохранить каналы от заливки металлом. Если жидкий металл проникнет в открытые вентиляционные каналы и зальет их, то залитым окажется все сечение канала и отвод газов по нему полностью прекратится. При засыпанном вентиляционном канале металл, прорвавшийся через предохранительное устройство, или останавливается у начала засыпки, плотно прижатой к стержню, или заливает тонким слоем только часть сечения вентиляционного канала, а другая его часть остается свободной для нормального отвода газов.

9.5. ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ СОБИРАЕМОЙ ФОРМЫ

Правильность геометрических форм и размеров литой детали и величины допускаемых отклонений зависят от точности изготовления

форм и их сборки. Класс точности, согласно ГОСТ, характеризующий величину допуска на размеры отливки, устанавливаются в зависимости от требований, предъявляемых к детали, и указывается на чертеже отливки или на чертеже детали с литейной технологической разработкой.

Точность сборки литейной формы, т. е. правильность установки и закрепления стержней в форме, проверяется при помощи линеек и специальных шаблонов. Проверка шаблонами производится от определенной исходной базы, представляющей собой поверхность или ось отливки, относительно которой требуется выдержать расположение других частей и обрабатываемых поверхностей отливки.

При сборке форм, особенно крупных и с большим количеством стержней, сборщик должен стремиться равномерно распределять возможные ошибки и отклонения по всем элементам отливки, не накапливая их в одном месте.

На геометрию отливок в большинстве случаев влияют технологические факторы, которые можно заранее не только предусмотреть, но и скорректировать на основании полученных результатов. И все же в отдельных случаях очень трудно выдержать в литых деталях все размеры с одинаковой точностью. Расстояния между отдельными частями отливки, расположенными в одной полуформе, всегда будут более точными, чем расстояния между частями отливки в разных полуформах или выполненными частично формой, частично стержнями. Связано это с тем, что в первом случае отклонения размеров между частями отливки зависят в основном только от точности изготовления модельных комплектов, от правильного назначения процента линейной усадки и ее колебаний. В других случаях на точность отливки еще влияют смещение одной полуформы относительно другой, смещение стержней при установке их в форму, неточность размеров стержней в результате их расталкивания, сглаживания, осадки, окраски, коробления и др. Эти факторы у сложных отливок весьма существенны и намного превышают отклонения, выявляемые в первом случае.

Чтобы получить относительно точные отливки, максимально приближающиеся к окончательному изделию, с минимальными припусками на механическую обработку и с отклонениями по размерам и массе в пределах ГОСТ, необходима правильная технологическая оснастка и контроль всех элементов технологического процесса. В этих условиях производства сборщик должен проверять контрольными приспособлениями (шаблонами) конфигурацию и линейные размеры отдельных частей формы и стержней и правильность положения стержней в форме.

Шаблонами жестко проверяют только один какой-нибудь размер и в одном направлении, а другие размеры, если их необходимо проверить одновременно, должны быть свободными, т. е. с большими допусками.

Правильность установки стержня в форме по высоте относительно ее нижних поверхностей или поверхности разъема и в горизонтальном направлении относительно боковых поверхностей проверяют следующими способами:

1. В открытой форме мелкие и часть средних стержней небольшой высоты и простой конфигурации проверяют от нижних или боковых поверхностей формы при помощи жеребеек (рис. 9.18, а). При этом установленный в форму стержень с одной или со всех сторон обводят жеребейкой, высота которой равна выступающей части стержня H , H_1 , H_2 . При правильной установке стержня его верхняя поверхность и поверхность пластины жеребейки должны лежать в одной плоскости. Проверяется это визуально или накладыванием линейки на обе плоскости. Указанный способ проверки применяют чаще всего при сборке единичных и мелкосерийных отливок.

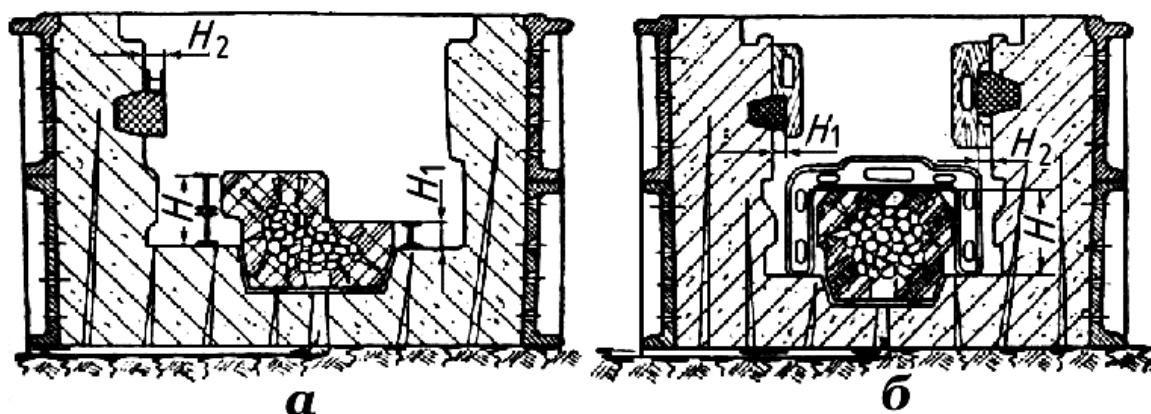


Рис. 9.18. Проверка правильности установки стержней по высоте от рабочей поверхности формы: а – при помощи жеребеек; б – шаблонами

2. Точность установки стержней любых размеров и конфигураций по высоте от нижних и боковых поверхностей формы проверяют шаблонами. Шаблоны изготавливают из дерева или металла. Они имеют форму скобы и реже Г-образную форму (рис. 9.18, б). Размер шаблона по ширине выполняют обычно больше ширины стержня минимум на 5–10 мм, а высота шаблона точно соответствует высоте стержня, выступающей над его опорной поверхностью. При правильной установке стержня шаблон опирается двумя площадками на форму и без зазора ложится на верхнюю поверхность стержня. При более высокой посадке стержня шаблон упирается в его верхнюю поверхность, а внизу

между шаблоном и горизонтальной или вертикальной поверхностями формы образуется зазор, который показывает, на какую величину стержень установлен выше. Такой стержень осаживают глубже в форму, для чего опиливают торец его знака. Если стержень установлен ниже, то зазор образуется между шаблоном и верхней поверхностью стержня. Такой стержень вынимают из формы и под его знак подкладывают глину или формовочную смесь на величину зазора, после чего стержень устанавливают снова.

Шаблоны, предназначенные для проверки высоты стержней, расположенных в форме по соседству с другими, ранее установленными стержнями, и образующих с ними стенки, выполняют с опорной частью, ширина которой несколько меньше толщины стенки между стержнями.

3. Высоту ярусно установленных друг на друге стержней и высоту стержней, проверка которых невозможна от нижней горизонтальной поверхности формы, проверяют шаблонами 1, 2, опирающимися на разъем формы или на рабочую плоскость опоки (рис. 9.19, а).

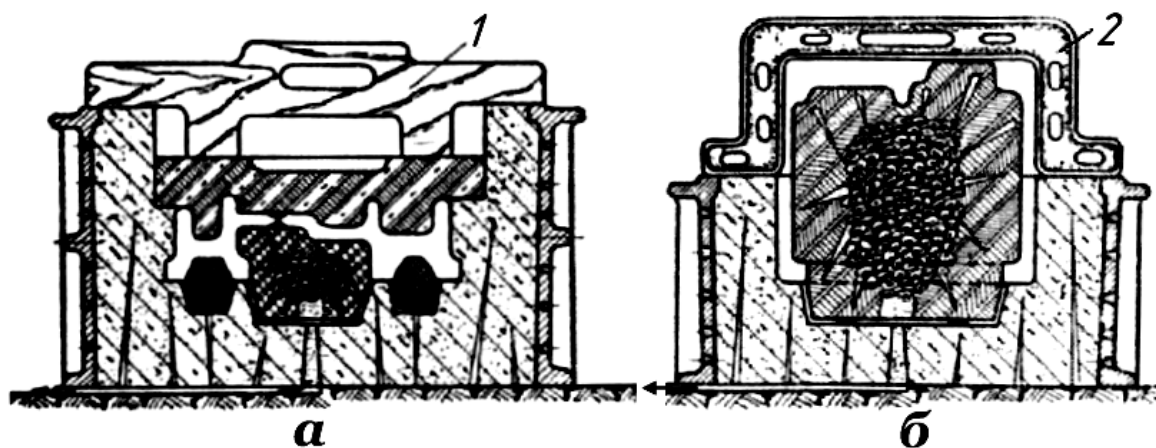


Рис. 9.19. Проверка правильности установки стержней по высоте при расположении стержней относительно поверхности разъема: а – ниже (шаблонами); б – выше (перекидным шаблоном)

Шаблоны изготовляют из дерева или металла. Они представляют собой линейку с выступающей частью, высота которой равна расстоянию от верхней поверхности стержня до разъема формы. При правильной установке стержня опорные поверхности шаблона (линейка) лежат на разъеме формы, а выступающая его часть соприкасается без зазора с верхней поверхностью стержня. Зазор между опорной частью шаблона и разъемом формы показывает, что стержень установлен выше, чем нужно, а зазор между стержнем и выступающей частью шаблона показывает, что стержень установлен ниже.

4. Высоту стержней, выступающих над поверхностью разъема нижней полуформы, проверяют при помощи перекидных шаблонов (рис. 9.19, б). Такие шаблоны фиксируются по плоскости разъема формы. Чаще всего перекидные шаблоны выполняют в виде скоб, охватывающих верхние горизонтальные поверхности стержней, но иногда их делают по контуру верхней части одного или нескольких стержней.

Перекидные шаблоны применяют при сборке форм отливок любой сложности и размеров вне зависимости от серийности заказа.

5. В отливках массового и крупносерийного выпуска точность установки стержней по высоте относительно разъема формы проверяют металлическим кондуктором, базирующимся на рабочую поверхность и на центрирующие отверстия опоки нижней полуформы.

В кондукторе предусмотрено необходимое количество наглухо закрепленных втулок, внутри которых легко по вертикали перемещаются пальцы. При правильной установке стержня нижние торцы пальцев кондуктора опираются на соответствующие места стержней, а верхние торцы пальцев располагаются заподлицо с верхними поверхностями втулок. Если стержень установлен в форме ниже, чем это требуется, то на эту же величину опускаются и пальцы во втулках. Величина занижения торцов пальцев во втулках сверху указывает на неточность посадки стержня по высоте. При более высокой посадке стержня в форме пальцы во втулках соответственно выходят вверх за пределы верхней поверхности втулок. Высота выступающего сверху пальца будет характеризовать величину завышения установки стержня в форме.

Точность посадки стержня в форме в горизонтальном направлении по длине и ширине от обусловленной базы проверяют следующими способами:

1. При сборке форм единичных отливок расстояние a от базы $\sqrt{\quad}$ в форме до стержня, а также расстояния между стержнями проверяют при небольших величинах жеребейками 1 (рис. 9.20, а) или штангельциркулем, а при больших – линейками с делениями, рулетками или складными метрами.

При замере линейками (рис. 9.20, б) измеряемый размер A обычно выносят за пределы формы. Это достигается при помощи двух дополнительных линеек или реек 2, которые прикладывают к измеряемым плоскостям с таким расчетом, чтобы часть линейки (рейки) выступала за их пределы. Одну линейку прикладывают к базовой поверхности формы, стержня, а другую – к плоскости другого стержня. Метр 3 прикладывают к выступающим частям линейки, по которым и ведут отсчет истинного размера.

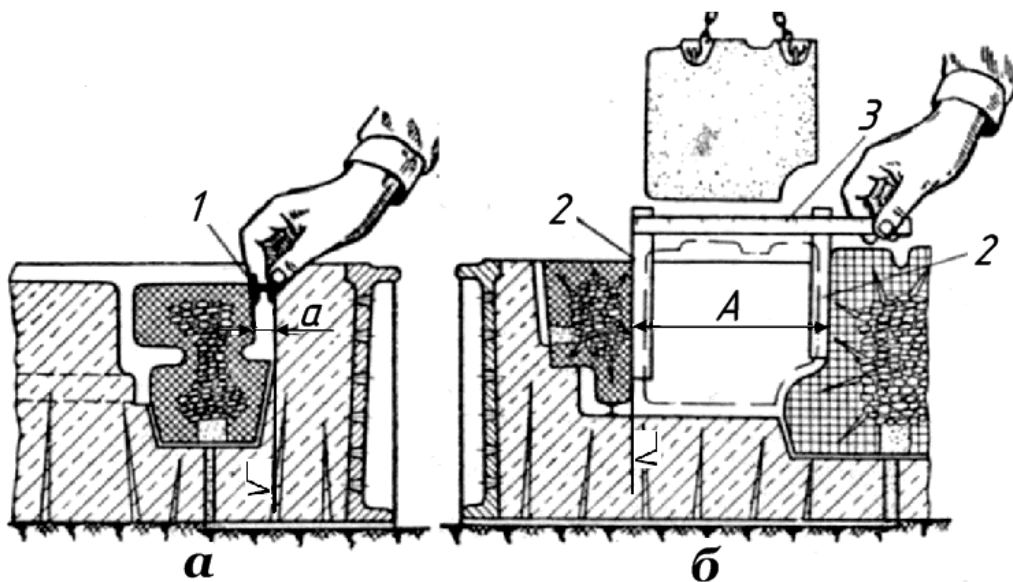


Рис. 9.20. Проверка правильности установки стержней по длине и ширине от обусловленной базы $\checkmark$: а – при помощи жереевок; б – линейкой или метром

2. В серийных отливках расстояние от базы формы до стержня проверяют шаблонами, изготавливаемыми по специальным чертежам или по модельному рабочему щитку. Шаблоны, учитывающие величину линейной усадки, припуски на механическую обработку, формовочные уклоны и пр., выполняют чаще в виде скоб, в которых рабочими плоскостями являются две наружные плоскости, прикладываемые к базовым поверхностям формы, обозначенным $\checkmark$, и две внутренние, охватывающие стержни (рис. 9.21, а).

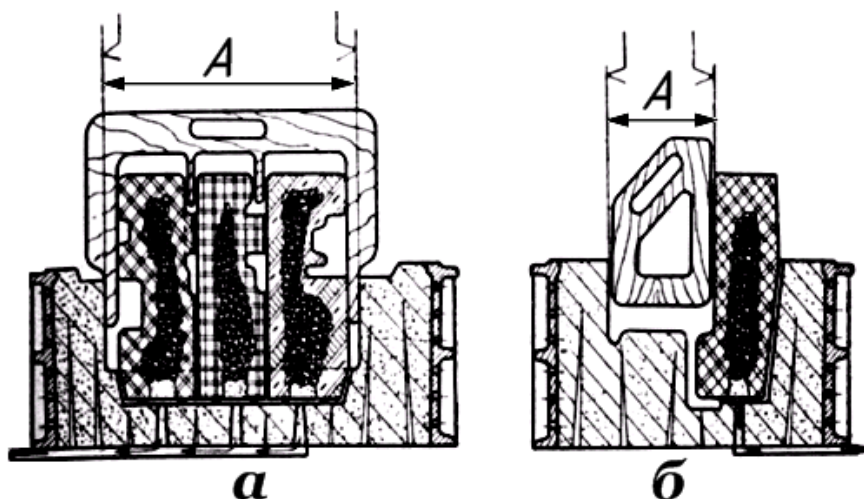


Рис. 9.21. Проверка правильности установки стержней по длине и ширине от обусловленной базы $\checkmark$: а – шаблонами с дополнительно выступающими ребрами; б – шаблонами с двумя наружными рабочими поверхностями

Между рабочими плоскостями шаблона иногда выполняют дополнительные выступающие ребра, измеряющие с несколько меньшей точностью расстояния между промежуточными стержнями и основной базой.

У других шаблонов рабочими плоскостями являются обе наружные поверхности, из которых одна прикладывается к базовой ∇ поверхности формы, а другая – к поверхности стержня (рис. 9.21, б).

Помимо указанных способов проверки точности установленных в форме стержней отдельно в вертикальном и горизонтальном положениях, существует способ одновременной проверки положения стержней в форме в двух и более направлениях. Для этого применяют комбинированные шаблоны или специальные кондукторы. В связи с их высокой стоимостью и значительной трудоемкостью изготовления, кондуктора и комбинированные шаблоны пока применяют сравнительно редко.

При проверке точности положения наружного стержня в форме следует уделить особое внимание прямолинейности сопряжения рабочих поверхностей стержня и формы, четкости и плавности конфигурации, выступающих и углубленных мест, выполняемых частично формой и частично стержнем. Точность установки таких наружных стержней в форме проверяют линейкой, накладываемой на стержень и форму. При правильной установке стержня линейка, приложенная к поверхности формы и стержня, без зазора лежит на поверхности стержня и на обоих участках плоскости формы (рис. 9.22, а). Если установленный в форме стержень углублен относительно плоскости формы, то между ним и линейкой, приложенной к форме, образуется зазор h , равный величине занижения стержня (рис. 9.22, б).

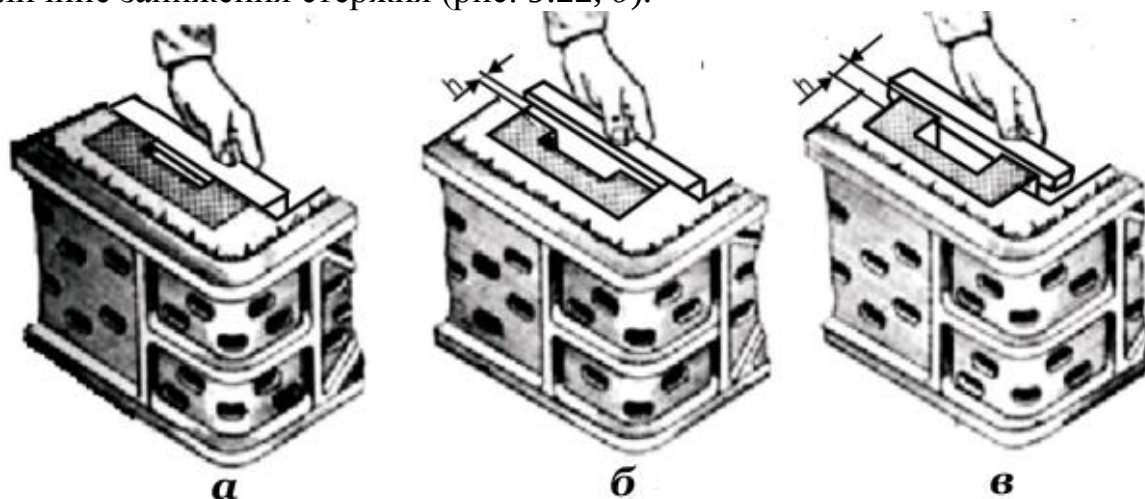


Рис. 9.22. Проверка правильности установленного в форму наружного стержня при помощи линейки: а – правильно установленный стержень; б – стержень углублен на величину h ; в – стержень выступает относительно поверхности формы на величину h

При завышенной установке стержня относительно плоскости формы между линейкой, приложенной к стержню, и формой образуется зазор h (рис. 9.23, в), равный величине завышения стержня.

Стержень, установленный в обоих случаях непараллельно поверхности формы, при проверке положения его линейкой покажет с каждой стороны разные по величине зазоры h .

Во всех случаях неверно установленные в форму стержни нужно вынуть, подогнать и посадить их на место заподлицо с формой, как это указано на рис. 9.23, а.

Установку стержней, выполняющих вместе с формой вдоль наружных поверхностей отливки поднутренные или выступающие места, проверяют или визуально или на ощупь. При правильной установке такого наружного стержня 1 выступающие или углубленные в нем участки должны точно совпадать с соответствующими частями в форме, образуя платики, бобышки, углубления правильной формы и четкой конфигурации (рис. 9.23, а).

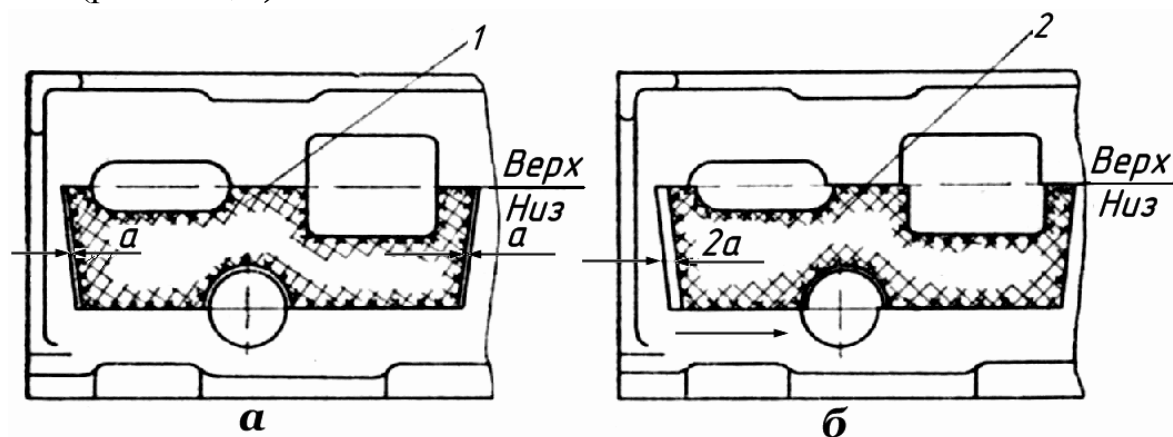


Рис. 9.23. Конфигурация выступающих и углубленных частей отливки при правильной (а) и неправильной (б) установке стержня в форме: 1 и 2 — стержни

При смещении стержня 2 вдоль формы (показано стрелкой) на величину зазора a часть платиков, бобышек, углублений, выполняемых в этом стержне, сместится относительно соответствующих частей, выполненных в форме (рис. 9.24, б), тоже на величину a . В результате выступающие и углубленные части отливки окажутся перекошенными, и будут иметь неправильную форму. Для того чтобы стержень не смещался, его необходимо приподнять и посадить правильно на свое место.

9.6. ЗАДЕЛКА ВЕСОК И ЗАЗОРОВ

После установки и закрепления стержней в форме необходимо тщательно заделать углубления под вески и все доступные зазоры в местах соединения формы со стержнями и между стержнями. Способ заделки углублений под вески выбирается в зависимости от места заделываемого участка и его контакта с жидким металлом. Вески в знаковых частях стержней и в местах, не соприкасающихся с жидким металлом, можно не заделывать или же их забивают песком или формовочной смесью заподлицо с общей поверхностью стержня.

Вески, расположенные на рабочих поверхностях стержня, образующих стенки и другие части отливки и соприкасающихся с жидким металлом, заделывают тщательно, соблюдая определенные правила, предотвращающие брак и дефекты отливок. Участки, в которых выемки под вески заделаны неправильно или неаккуратно, соприкасаясь с жидким металлом, могут интенсивно и в большом количестве выделять газы и пары, которые, вырвав часть формовочной смеси из мест заделки, разнесут ее по всей отливке. В отдельных случаях жидкий металл, проникая через трещины в местах заделки весок внутрь стержня, заливает вентиляционную систему. Это приводит к тому, что в отливках образуются газовые раковины или другие дефекты литья.

Заделывают вески в стержнях следующими способами:

1. В стержнях серийных отливок и в стержнях, где вески расположены внизу или сбоку относительно плоскости набивки стержня и постоянно находятся в одном определенном месте, выемки заделывают при помощи специального стержня 3 (рис. 9.24, *а*). Для этого на стенке стержневого ящика устанавливают или сверху при изготовлении стержня осаживают знаковую часть прямоугольной или круглой формы, в середине которой выбрана выемка под веску каркаса.

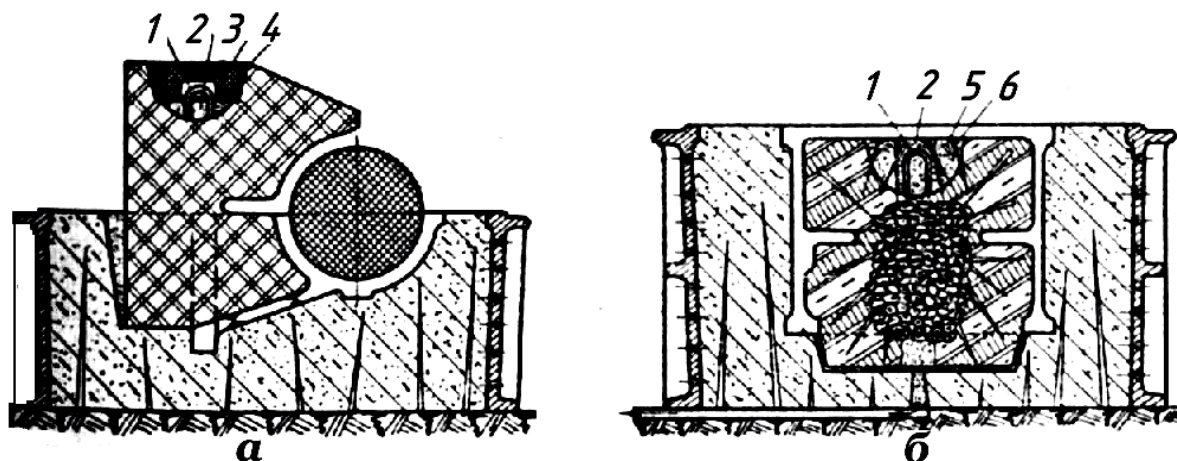


Рис. 9.24. Способы заделки весок: *а* – при помощи стержня, *б* – формовочной смесью

При изготовлении стержня веску каркаса для армирования размещают в выемке знака и заформовывают примерно по его центру. Размеры выемки должны быть достаточными для удобного зачаливания и транспортировки стержня крюком; обычно эти размеры не меньше 70х35 мм, а с учетом знаковых частей стержня – 100х60 мм. Верхний край вески располагают ниже поверхности стержня минимум на 15 мм, что является достаточным для соответствующей толщины стержня-лепешки в его средней, наиболее тонкой части. После установки и закрепления основного стержня в знаковую часть выемки под веску 1 забивают формовочную смесь 2 до опорных поверхностей знака, после чего вклеивают стержень-лепешку 3. Нижние и боковые знаковые части стержня предварительно смазывают тонким слоем клея или раствора глины. Технологические зазоры в знаковых частях основного стержня и стержня-лепешки выполняют минимальными или нулевыми и заделывают специальными замазками 4. Клей и замазки подсыхают в процессе сборки и заливки, а в отдельных случаях подсушиваются горелкой. Во всех допустимых случаях на стержень-лепешку устанавливают жеребейку, предохраняющую его от всплывания.

2. В стержнях для мелкосерийных, единичных и значительной части крупносерийных отливок выемки у весок 1 заделывают стержневой или наполнительной формовочной смесью 2 (рис. 9.24, б). Для лучшей связи заделываемого места с основной массой стержня выемку под веску предварительно смачивают литейной краской, клеем или жидким раствором глины. Выемку аккуратно заполняют смесью, обжимают руками и уплотняют. Выемку заделывают наполнительной формовочной или стержневой смесью, состав которой одинаков с составом смеси, из которой выполнен основной стержень. Заделанную доверху выемку часто проशीвливают длинными литейными шпильками или гвоздями 6, вентилируют сверху наколами душника 5, после чего заглаживают гладилкой заподлицо с верхней поверхностью стержня. У ответственных отливок, заливаемых в сухие или поверхностно-подсушиваемые формы, заделанные выемки в ответственных местах закрашивают литейной краской и тщательно подсушивают горелкой. В менее ответственных местах заделанные вески не подсушивают, но заклеивают листовым асбестом. В формах, заливаемых по-сырому, и в отдельных случаях у менее ответственных сухих и поверхностно-подсушиваемых форм заделанные выемки у чугунных отливок затирают сверху серебристым графитом или графитовой пастой.

Из-за неточной установки каркаса иногда на сборку подаются стержни с высоко установленными весками, выходящими за пределы верхней поверхности стержня. В таких случаях сборщик перед заделкой

весок обязан аккуратно, не нарушая целостности стержня, пригнуть их. Если же они не гнутся или пружинят, то их перед изгибом необходимо предварительно нагреть горелкой до красного цвета. Для предохранения формы от попадания в нее смеси в момент заделки весок все промежутки между стержнями и формой и зазоры на участке, где заделывают вески, закрывают паклей или концами. Последние удаляют из формы после окончательной заделки весок.

Внешний вид литой детали и трудоемкость обрубki и обдирки ее абразивами в значительной мере зависят от тщательности заделки зазоров, образующихся в местах соединения стержней и стержней с формой. Все зазоры, оставшиеся не заделанными при сборке, в процессе заливки формы заполняются жидким металлом, который, остывая, образует в отливке заливки. Толщина заливов равна ширине зазоров, а их протяженность — периметру знаковой части. При сборке формы заделывают обычно лишь те зазоры, доступ к которым свободен и удобен в процессе работы и которым после заделки не грозит разрушение или выталкивание его жидким металлом (рис. 9.25).

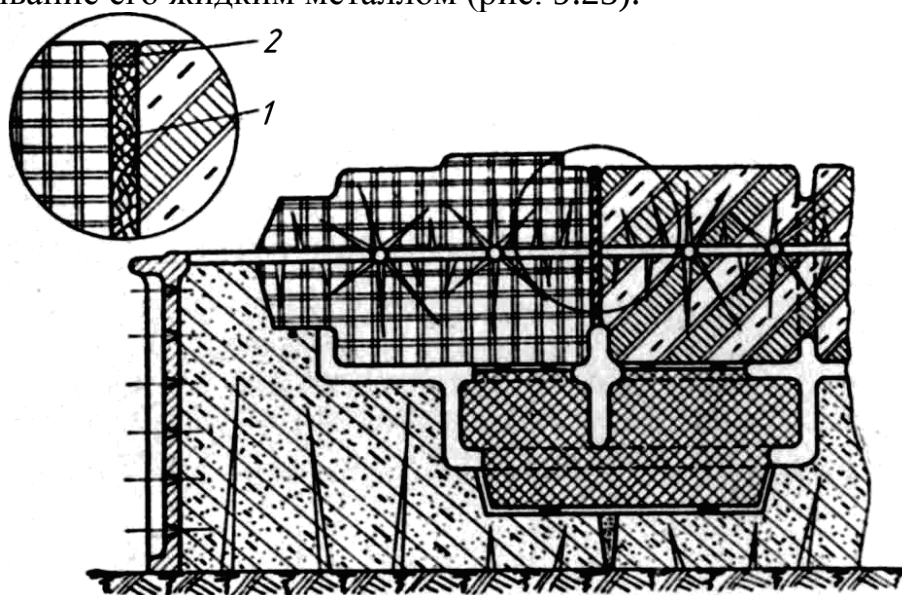


Рис. 9.25. Заделка зазоров на стыке двух стержней

Заделывают обычно зазоры у всех наружных стержней, устанавливаемых в форму первыми, а также стыки стержней, образующих внутренние полости, к которым есть свободный подход сверху или сбоку. Зазоры между стержнями, расположенные снизу, не заделывают. Зазоры в стержнях и между формой и стержнем шириной до 3 мм заделывают специальной тестообразной пастой, которую вдавливают в зазоры на максимальную глубину, после чего ее заглаживают рукой или каким-либо инструментом. Зазоры шириной более 3 мм заделывают жгутами

пакли или обтирочной ветошью. Тонкие жгуты пакли или ветоши 1 заделывают на возможно большую глубину в зазор между стержнями и при помощи гладилки или крючка проталкивают и уплотняют ее по всей площади знаковой части. Сверху и во всех доступных местах зазор промазывают пастой 2. Зазоры больших размеров целесообразно заделывать листовым или шнуровым асбестом.

9.7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕРЕБЕЕК

В условиях серийного и индивидуального производства при сборке форм используют жеребейки (рис. 9.26). Высота жеребеек соответствует толщине отливки. Сплав для изготовления жеребеек подбирают в соответствии с заливаемым в форму сплавом.

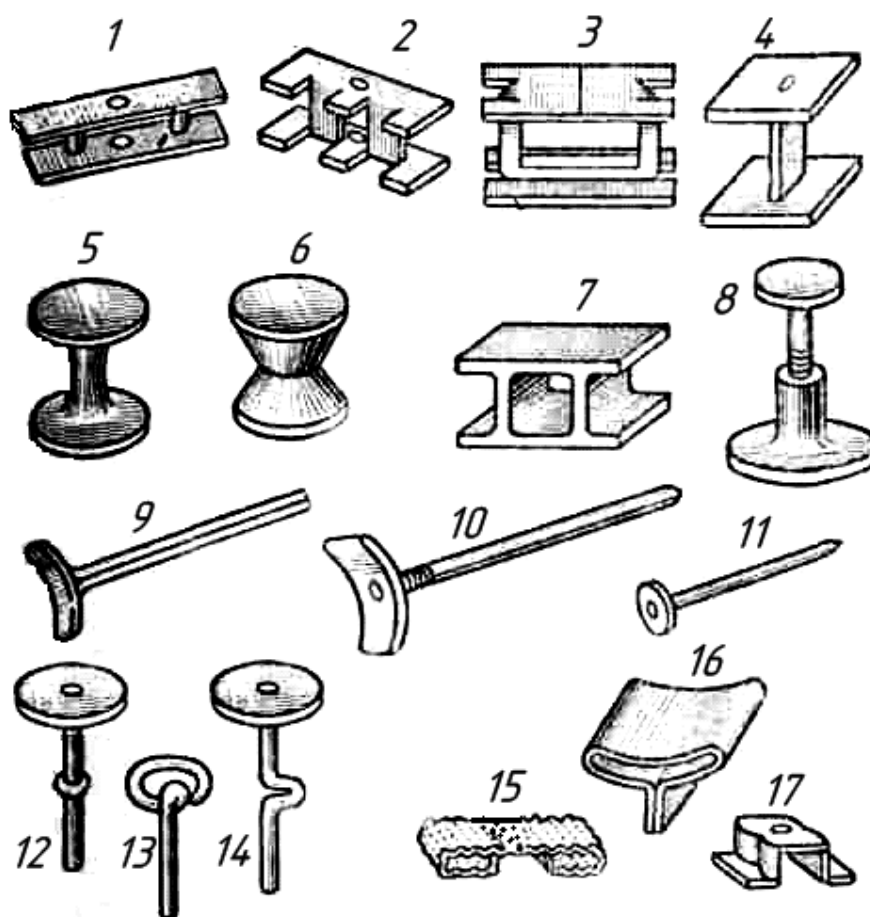


Рис. 9.26. Типы жеребеек: 1–4 — стальные с двумя пластинками для средних и крупных отливок; 5–7 — литые для крупных отливок; 8 — винтовые с регулируемой высотой; 9–14 — с одной опорой; 15–17 — фасонные для мелких отливок.

В качестве подготовки жеребейки подвергают дробеструйной обработке, иногда лудят, меднят или пассивируют. Для отливок, к которым предъявляются требования к герметичности, применение жеребеек нежелательно. Кроме того, жеребейки не применяются в массовом производстве, поскольку резко снижается производительность работы литейных конвейеров. В некоторых случаях жеребейка заформовывается в формовочную смесь. На рис. 9.27, а для примера приведена жеребейка 3 для отливки 1 патрубка. Жеребейка 3 необходима, чтобы стержень 2 был устойчивым и не поворачивался под действием собственного веса.

При формовке жеребейка устанавливается в модель низа, а после выема модели остается в форме и служит опорой для стержня 2.

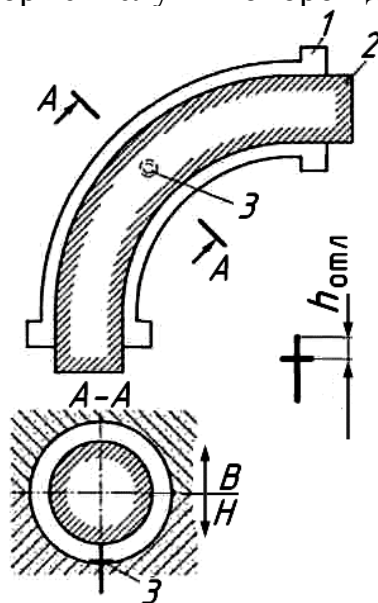


Рис. 9.27. Фиксация стержня отливки патрубка жеребейкой: а – стержень, установленный в форму с использованием жеребейки; б – схематическое изображение жеребейки; 1 – отливка; 2 – стержень; 3 – жеребейка; $h_{отл}$ – толщина стенки отливки; В, Н – верх и низ формы

9.8. СПАРИВАНИЕ ПОЛУФОРМ

Технологическая операция спаривания литейных полуформ заключается в накладывании верхней половины формы на ее нижнюю половину. Формы для простых отливок, изготавливаемых без применения стержней, спаривают непосредственно после их изготовления и просушки (в случае формовки по-сухому). Формы для сложных стержневых отливок спаривают после установки и закрепления стержней, устройства искусственной вентиляционной системы и других операций. Обычно спаривают полуформы вне зависимости от их размеров и сложности не меньше двух сборщиков, с тем, чтобы обеспечивалось точное

центрирование обеих полуформ и, следовательно, сохранялось взаимное расположение частей отливки, выполненных в обеих полуформах.

Все формы для простых и часть форм для сложных отливок массового и мелкосерийного производства спаривают обычно в один прием. Все остальные формы спаривают в два приема. Сначала производят предварительное контрольное накрытие и уже после соответствующей проверки и устранения выявленных недостатков форму спаривают окончательно. Сухие и поверхностно-подсушиваемые формы спаривают только после того, как они остынут до температуры 45 °С и ниже, т. е. до температуры, которую выдерживает тыльная сторона руки.

При спаривании полуформ, особенно двухсторонних, и форм, где отливка расположена в верхней полуформе, особое внимание уделяется предупреждению ухода жидкого металла из формы по разьему. В сырых формах плотное прилегание полуформ друг к другу достигается за счет подрезки верхнего слоя формовочной смеси нижней полуформы, в сухих и поверхностно-подсушиваемых формах – за счет прокладки по всему периметру разьема собранной формы сплошного валика прокладочной пасты или шнурового асбеста. Эти способы предупреждения ухода металла по разьему формы аналогичны способам, описанным выше (рис. 9.17).

Центрирование спариваемых полуформ производят контрольными штырями по соответствующим отверстиям в ушках опок по системе «штырем» или «на штырь», длина штырей должна быть больше высоты стержней или болванов, выступающих над разъемом формы. Необходимо следить, чтобы полуформа опускалась строго горизонтально, а цилиндрическая часть штырей входила в контрольное отверстие нижней опоки. При ручной формовке применяется «сборка штырем» (рис. 9.28, а), а в точно-механизированном производстве — «сборка на штырь» (рис. 9.28, б).

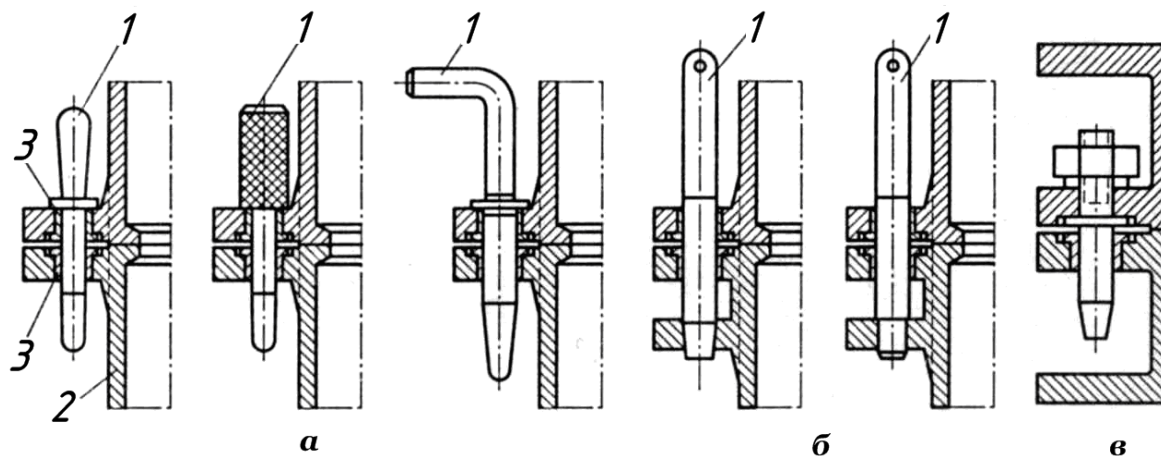


Рис. 9.28. Примеры спаривания опок при помощи штырей: а — опоки небольшого размера; б — средние и крупные опоки; в — опоки для АФЛ; 1 — контрольный штырь; 2 — опока; 3 — втулка

Штыри 1 вставляются во втулки 3 верхней или нижней опоки 2, и рабочий с помощью грузоподъемного механизма накрывает нижнюю полуформу верхней по штырям. На автоматизированных линиях сборка выполняется специальным механизмом – сборщиком в автоматическом режиме по штырям, которые жестко закреплены в верхней опоке (рис. 9.28, в).

Предварительное, или контрольное, накрытие форм производят чаще всего для того, чтобы установить фактическую толщину верхних горизонтальных стенок отливки и подобрать жеребейки соответствующей высоты. Одновременно проверяют плотность посадки верхней полуформы на нижнюю и смотрят, нет ли перекоса и обжима формы.

Для предохранения собранной формы от попадания в нее сора извне или кусочков смеси при поломке формы и стержней в момент контрольного спаривания полуформ все открытые места между нижней полуформой и установленными в ней стержнями, а также между стержнями закрывают сверху паклей, ветошью, обтирочной или мягкой бумагой. На все верхние горизонтальные поверхности стержней, где предусмотрена установка жеребеек, и на все горизонтальные, подвергаемые проверке по толщине, устанавливают специальные цилиндрические или конусные «мушки» из густой, тестообразной пасты (рис 9.29), которые сдавливаются под действием веса полуформы или стержня. Путем измерения высоты «мушек» определяют получающуюся толщину стенки отливки.



Рис. 9.29. Проверка толщины тела по глиняным конусам («мушкам»)

Торцы «мушек», соприкасающиеся с верхней полуформой, во избежание прилипания к форме погружают в сухой песок или накрывают сверху кусками бумаги. По разьему сухой формы вокруг отливки и по знаковым частям стержня прокладывают валик специальной пасты, толщина слоя которой не должна превышать величины, предусмотрен-

ной по технологии. Прокладочную пасту по разъему формы и по знаковым частям стержней прикрывают широкими (до 100 мм) полосками бумаги или дешевого материала, предохраняющими пасту от прилипания к верхней полуформе при контрольном спаривании.

В формах отливок, расположенных в нижней и верхней полуформах, при необходимости проверяют, нет ли перекоса. Для этого по контуру отливки на плоскость разъема в нижней полуформе прикладывают листки бумаги с небольшим количеством клея со стороны верхней полуформы. При раскрытии собранной формы по листкам бумаги, которые приклеились к верхней полуформе, судят о наличии и величине смещения одной полуформы относительно другой.

Перед контрольным накрытием (рис. 9.30) верхнюю полуформу 3 поворачивают (кантуют) на 180° рабочей поверхностью вниз, после чего ее по контрольным штырям накладывают на подготовленную нижнюю полуформу 5. Поднимают и транспортируют верхние полуформы средних и крупных отливок при помощи балансира 1 с бесконечными цепями 2, грузоподъемность которых должна всегда превышать массу поднимаемого груза. На кранах с дополнительным подъемным механизмом поворот опоки осуществляется цепью с крюком, навешенной на дополнительный крюк крана. Если на кране нет дополнительного подъемного механизма, полуформу поворачивают вручную.

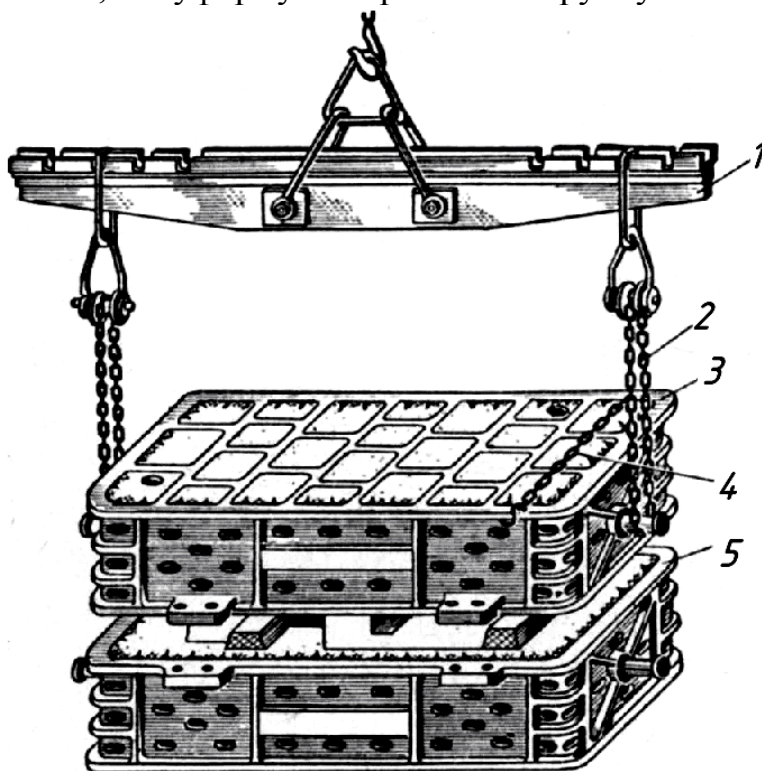


Рис. 9.30. Спаривание полуформ

Повернутая верхняя полуформа в подвешенном состоянии должна во время работы с ней и во время накрытия занимать строго горизонтальное положение. Для этого более тяжелая, перевешивающая сторона формы уравнивается за борт опоки специальной одноконцевой цепью 4, зацепленной за бесконечную цепь 2, на балансирах 1.

При спаривании полуформ особое внимание обращается на правильность их взаимного расположения, т. е. на то, чтобы обе полуформы не были развернуты одна относительно другой, чтобы литниковый ход, выполненный в верхней полуформе, перекрывал питатели литниковой системы, выполненные в нижней полуформе. При предварительном или контрольном спаривании проверяют также, нет ли зависания верхней полуформы на контрольных штырях или на знаковых частях стержней.

После контрольного спаривания и снятия верхней полуформы по плотности и равномерности расплющенного слоя прокладочной пасты, нанесенной по разьему и знаковым частям, проверяют плотность посадки верхней полуформы на нижней. По размеру «мушек», придавленных верхней полуформой, определяют толщину стенок отливки и устанавливают соответствующие жеребейки. Подбор высоты жеребеек по «мушкам» производят очень тщательно, приближая каждую жеребейку непосредственно к «мушке». Сборщик должен проверить, чтобы все «мушки» были сняты с полуформ. Забытые в форме «мушки» образуют в отливке отверстия, аналогичные отверстиям, выполняемым стержнями, и вызывают дефекты литья. После того как подобраны жеребейки, сборщик исправляет поломки формы и стержней и устраняет дефекты, обнаруженные при контрольном накрытии. В местах, где стенки отливки получились меньше чертежных, допускается местная подпиловка стержня или формы. Перед окончательным спариванием полуформ положенные ранее по разьему и знаковым частям полоски бумаги или материала (в сухих формах) снимают. Вынимают паклю, прикрывающую открытые места формы, и убирают прокладочную пасту, выдавленную в рабочую полость формы.

В местах неплотного прилегания полуформ добавляют слой прокладочной пасты, устанавливают контрольные штыри и окончательно накрывают (спаривают) полуформы.

9.9. ПОДГОТОВКА СОБРАННОЙ ФОРМЫ К ЗАЛИВКЕ

Жидкий металл при заполнении собранной формы в соответствии с законами гидравлики оказывает большое гидростатическое давление на

стенки формы и стержней, равное весу столба жидкости, умноженному на площадь стенки. Это давление и гидравлический удар в конце заливки при подходе жидкого металла к верхним горизонтальным стенкам формы стремятся поднять верхнюю полуформу. Во избежание этого обе полуформы скрепляют друг с другом болтами, скобами, струбцинами, стяжками или же накладывают сверху груз. Скрепляют полуформы во всех случаях обязательно при помощи контрольных штырей, находящихся в центрирующих отверстиях.

Способы крепления полуформ показаны выше. Ниже даются разъяснения способов их осуществления (рис. 9.31).

1. Накладывают груз 1 на собранную форму чаще всего для мелких отливок изготавливаемых в опоках габаритами в свету до 600х500 мм, и для очень больших и тяжелых отливок, формуемых в почве под верхом, в кессонах, а иногда и в опоках. Во всех случаях масса накладываемого груза вместе с массой верхней полуформы должны быть больше, чем давление, испытываемое верхней полуформой. Груз отливают из чугуна, а в сталелитейных цехах – из стали. Для мелких форм он выполнен в виде плиты или рамки, соответствующей размеру опоки, имеет ручки для подъема и отверстия под воронки литниковых и выпорных систем. Часто груз выполняют в виде прямоугольного параллелепипеда. Масса его редко превышает 16 кг, при необходимости на одну форму ставят два и более груза. Накладывают груз аккуратно, без толчков и ударов, равномерно по всей площади верхней полуформы так, чтобы он опирался на обе стенки опоки. Груз не должен закрывать литниковой воронки и мешать заливке формы. Если формовочная смесь выступает над верхней плоскостью опоки, то, во избежание обжима формы, в местах опоры груза на стенки опок помещают деревянные или металлические подкладки.

В конвейерных литейных операции наложения груза на формы и снятия с них механизированы. В этом случае груз 2, подвешенный на горизонтально замкнутой конвейерной цепи, передвигается над сборочно-заливочным конвейером, спускается в определенной зоне и ложится на проходящую под ним форму. После заливки форма с грузом продолжает свой путь, затем груз постепенно начинает подниматься вверх и в определенном месте отрывается, продолжая двигаться на подвесной конвейерной цепи.

Крупные формы скрепляют набором грузов массой одна, две и больше тонн каждый, аккуратно накладываемых при помощи мостового

крана. Груз укладывают равномерно по площади верхней опоки с таким расчетом, чтобы он не мешал подходу ковша с жидким металлом для заливки формы. Нужную массу груза указывают в литейной технологической карте.

2. Средние полуформы скрепляют чаще всего четырьмя скобами. Для этого к боковым сторонам опоки каждой полуформы внизу, около разъема, приливается по два клиновых прилива типа «ласточкин хвост», на которые надевают специальные литые чугунные или стальные скобы 3 соответствующего профиля. В опоках без клиновых приливов полуформы скрепляют по ушкам или бортам опок, на которые набрасывают металлические скобы. Высота скоб любой конструкции выбирается несколько большей, чем толщина обоих ушков или бортов двух опок в собранном виде. Зазор между скобой и ушками или бортами опок расклинивают деревянными или металлическими клиньями. Усовершенствованная конструкция стальной скобы 4 показана на рис. 9.29. Такая скоба выполнена вместе с клином, который перемещается в специальном Т-образном пазу.

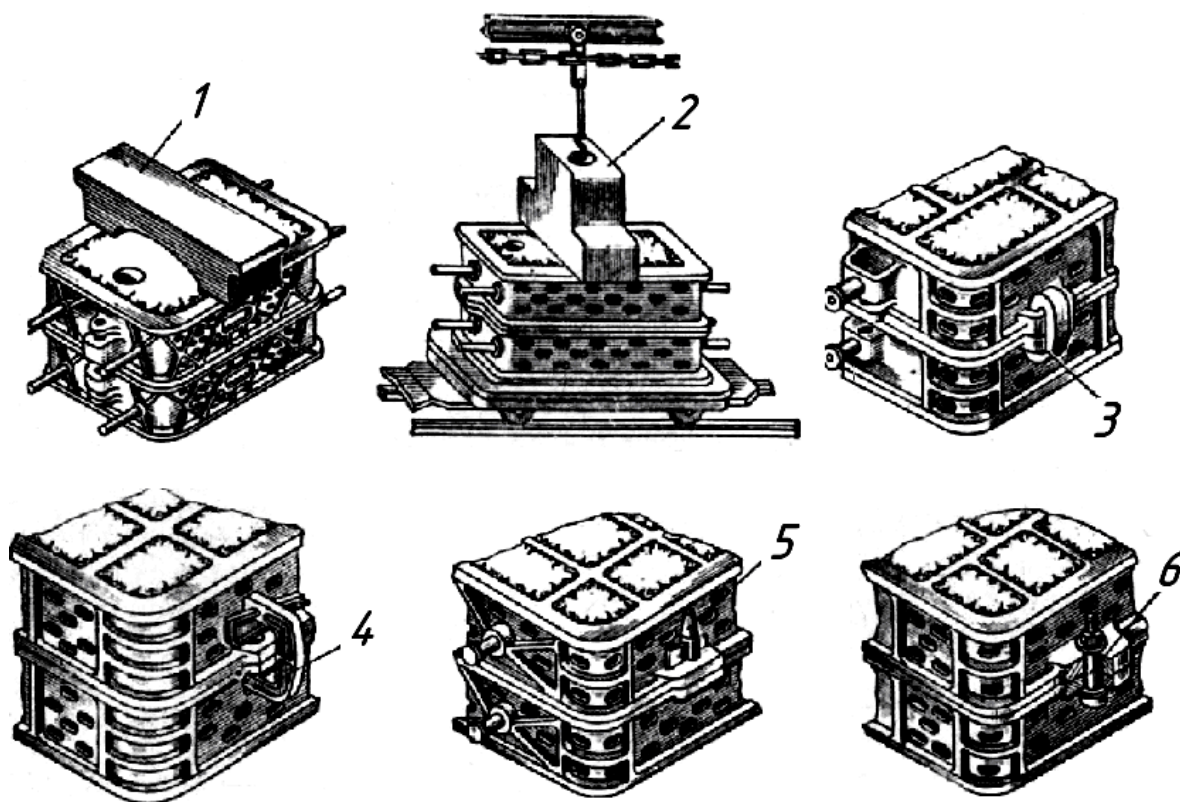


Рис. 9.29. Скрепление полуформ под заливку

Во избежание чрезмерного натяга одной стороны формы и ее смятия опоки скрепляют одновременно два сборщика с двух противоположно расположенных по диагонали сторон 3. Средние и крупные полуформы, выполненные в опоках, имеющих ушки с дополнительными отверстиями, скрепляют болтом с чекой (клином) 5 или болтом с гайкой 6. Способ скрепления полуформ болтом с чекой (клином) практически мало отличается от описанных способов скрепления полуформ скобами. Чеку (клин) изготавливают из листовой стали толщиной 6–10 мм с конусностью 5–8°.

В стальном болте выфрезеровывают или прошивают овальное щелевое отверстие с уклоном по высоте от центра наружу. Величина уклона в отверстии равна конусности чеки. Расстояние от головки болта до нижнего края овального отверстия должно быть меньше, чем толщина обоих ушков в опоках. При скреплении полуформ болт продевают в соосные отверстия обеих опок. В овальное щелевое отверстие болта, выходящее над ушком, вставляют чеку и ударом молотка заклинивают ушки опок. Если овальное щелевое отверстие полностью расположено над ушками спариваемых опок, то скрепления опок не произойдет. В таком случае болты необходимо заменить.

Скрепление полуформ болтом с гайкой широко распространено при изготовлении крупных форм, а также всех форм, кантуемых под заливку на 90°. Необходимое количество болтов рассчитывают в соответствии с подъемной силой металла в форме. Чаще всего диаметр болтов равен 25 мм. Практически в крупных опоках через каждые 1000–1200 мм приливают специальные ушки под крепежные отверстия. Их количество в опоках любых размеров не должно быть меньше четырех. Под головку болта и под гайку при скреплении болтами подкладываются шайбы.

Скрепляют опоки болтами равномерно, без перетяжки с одной стороны. При скреплении болты затягивают равномерно по диагонали, обязательно применяя контрольные штыри. Перед окончательной затяжкой болтов при скреплении полуформ, разъем которых расположен выше плоскости опок вследствие подрезки, под все углы между спариваемыми плоскостями опок подкладывают шайбы, гайки или куски металла, которые препятствуют смятию формовочной смеси полуформ после их плотного соединения.

Кроме указанных способов скрепления полуформ существуют еще крепления струбцинами с болтом, стяжками разных конструкций, набрасываемых на цапфы, эксцентриковыми и рамочными зажимами, ложным грузом с подклиниванием и др. Для предохранения крепежных приспособлений, особенно резьбовых, от заливки жидким металлом или

от брызг металла в процессе заполнения формы верхние части болтов, струбцин и др. перед заливкой формы прикрывают сырой формовочной смесью или обмазывают глиной.

После скрепления полуформ на верхнюю поверхность формы в местах, предусмотренных технологией, устанавливают литниковые и выпорные чаши, выполняемые в специальных опоках или в стержнях. Для предохранения формы от попадания сора извне стояки литниковой и выпорной систем закрывают сверху паклей, ветошью обтирочной или же прикрывают специальными крышками, фанерой или плотной бумагой. В верхнюю часть стояка литниковой системы устанавливают одно- или двухстороннее кольцо-стержень, соединяющее литниковую чашу со стояком в форме. Площадки вокруг стояков под литниковую и выпорные чаши на собранной форме выравнивают, для чего вокруг них засыпают и разравнивают формовочную смесь. На подготовленную таким образом постель аккуратно устанавливают литниковые и выпорные чаши. Отверстия чаш должны совпадать с отверстиями стояков, а дно чаши должно плотно прилегать к поверхности формы. Последнее требование необходимо для того, чтобы предупредить поломку литниковой чаши и чтобы не просачивался из-под нее металл при заливке. Высота литниковой и выпорной чаш должна быть одинакова. Количество литниковых и выпорных чаш в форме устанавливается литейной технологией в зависимости от размеров, массы и конфигурации отливки.

Литниковые чаши на форме должны располагаться с краю опоки с таким расчетом, чтобы струя жидкого металла из заливочного ковша подавалась с длинной стороны чаши. Расположение литниковых чаш нормальных размеров в центре крупных форм для чугунных отливок недопустимо, так как при заполнении металлом форма будет препятствовать опусканию и развороту заливочного ковша, при заливке через носок и заливку придется вести с очень большой высоты. При такой заливке увеличивается динамический удар в чаше, разбрызгивается жидкий металл, ухудшаются условия заливки формы и безопасности работы. Если крупные формы для чугунных отливок по технологическим соображениям все-таки заливают по центру формы, то в таких случаях применяют удлиненные чаши, заливочная часть которых располагается с краю формы, а стояк – в центре.

Положение литниковой воронки в формах для стальных отливок, если разливка стали производится из стопорных ковшей, может быть любым.

Стояки выпоров перед заливкой, особенно крупных и средних форм, плотно прикрывают специальными стержнями. При закрытых выпорах горячие пары и газы, образующиеся в форме от испарения вла-

ги и выгорания органических веществ в момент заливки ее жидким металлом, равномерно удаляются из формы по всей ее поверхности и по ее разьему, не разрушая при этом самой формы. При открытых выпорах горячие пары и газы устремляются к стоякам выпоров, вызывая сильное обгорание формы, что приводит к браку и дефектам отливок. Чтобы жидкий металл не попал в газоотводящие стояки и каналы, идущие из стержней через форму, их обкладывают сверху формовочной смесью или закрывают паклей, а затем засыпают крупным песком. В отдельных случаях газоотводящие каналы сверху наращивают, чтобы создать большую тягу выходящим газам.

У наружных выходов наиболее крупных газоотводящих каналов снизу, по разьему полуформ и сверху формы укладывают легковоспламеняющийся материал или куски пакли, которые при заливке формы поджигают. Вначале поджигают газы снизу, затем по разьему и уже потом сверху. В процессе заливки и после окончания ее у этих мест непрерывно горит огонь за счет догорания окиси углерода (СО), выходящей из формы. Горение газов во время заливки создает некоторое разрежение у выходов каналов, способствующее более интенсивному отводу газов из формы наружу. Кроме того, горение окиси углерода (угарный газ) уменьшает количество газов в цехе, выделяющихся при заливке формы, и улучшает его санитарно-гигиенические условия.

Отдельные отливки, формуемые и собираемые в одном положении под заливку, кантуют на 90° и устанавливают строго вертикально и устойчиво на мягкую постель. Установка таких форм на площадки конвейера недопустима. Кантуют формы электромостовыми кранами, соблюдая большую осторожность и аккуратность и по возможности не поднимая форму над полом литейной. Крепят стержни в такой форме и скрепляют полуформы особо тщательно и надежно во избежание смещения стержней в момент поворота формы и ухода жидкого металла по разьему формы под воздействием большого металлостатического напора. Форму, имеющую большую высоту в повернутом под заливку виде, устанавливают в специальную яму (кессон) в полу литейной.

Для лучшего использования формовочно-сборочной площади при сборке на плацу или на стенде мелких и средних форм одинаковых габаритных размеров применяют сифонно-стопочную, ступенчатую сборку и заливку форм.

При сифонно-стопочной заливке формы собирают в стопку из 10–15 полуформ и заливают через общий стояк, проходящий через все полуформы (кроме самой нижней).

При ступенчатой заливке предварительно собранные формы второго и последующих этажей устанавливают на собранные формы первого эта-

жа. При этом формы второго и других этажей (а чаще всего два этажа) сдвигают по отношению к нижележащему этажу на величину, равную ширине литниковой чаши. Формы каждого этажа заливают отдельно. Сначала заливают нижний этаж, а затем поочередно второй, третий и т. д.

Все формы нижележащих этажей не должны иметь наростных литниковых и выпорных чаш, так как последние будут препятствовать нормальной установке форм вышележащих этажей.

При мелкосерийном и единичном выпуске средних и крупных отливок в литейных цехах с большим разнообразием марок и шихт металла на литниковой чаше и на стенке опоки каждой формы пишется мелом номер детали, необходимое количество жидкого металла, его марка и шихта. Указанные сведения необходимы для правильной заливки формы и соблюдения заданных для данной отливки технических условий.

9.10. ОСОБЕННОСТИ СБОРКИ ПЕРВОЙ ОПЫТНОЙ ФОРМЫ

Сборка первой опытной формы для отливок серийного выпуска и отливок разового заказа сложнее и ответственнее повторных сборок для серийных отливок. Она требует от сборщика более высокой квалификации, большей аккуратности в работе, умения быстро определить и в отдельных случаях с разрешения технолога быстро исправить дефекты, выявленные в процессе сборки. Последние в ряде случаев вызваны неудачными технологическими решениями изготовления литейной формы, ошибками и неточностями, допускаемыми модельщиками при изготовлении модельных комплектов и технологической оснастки. Ряд дефектов, выявляемых при сборке формы, связан с изменениями размеров и конфигурации формы и стержней, вызванными их деформацией в процессе набивки, отделки, транспортировки и сушки. Эти изменения, мешающие нормальной сборке первых форм, в последующем устраняются. Обнаруженные ошибки в модельном комплекте и технологической оснастке исправляют, а отклонения корректируют в соответствии с фактически получившимися данными. По результатам разметки первой опытной отливки на контрольно-разметочной плите и по данным предварительной механической обработки детали с учетом корректив, введенных при сборке, производится полная технологическая отладка всех звеньев технологического процесса.

При сборке первой опытной формы нужно возможно полнее и объективнее выявить неполадки, мешающие нормальной сборке формы, и дефекты, оказывающие влияние на качество, геометрию и внешний вид отливки.

Нужно установить истинные причины обнаруженных дефектов и наметить конкретные мероприятия для их устранения. В отдельных слу-

чаях даже при трудно исправимых дефектах от сборщика литейной формы по распоряжению может потребоваться оперативное и квалифицированное устранение выявленных неполадок и обязательное получение относительно годной отливки с первого раза. Такая отливка иногда необходима для тщательной проверки всех или отдельных ее геометрических размеров на контрольно-разметочной плите, а также для проверки качества металла в отливке при контрольной строжке, сверлении и шлифовании. В условиях же единичного (разового) заказа, когда требуется всего одна деталь, такая первая отливка может пойти в производство.

В процессе сборки первой опытной формы намечают более рациональные и совершенные технологические решения по изготовлению данной отливки и устанавливают очередность исправлений запроектированной технологии и технологической оснастки, улучшающих качество, геометрию и внешний вид отливки. Большое внимание уделяется тому, чтобы облегчить и оздоровить условия труда при минимальной трудоемкости всех технологических операций.

Собирают первую опытную форму в присутствии и под наблюдением мастера и технолога цеха с обязательным использованием всей технологической документации – чертежа детали с разработанной на нем литейной технологией, технологической карты, технологических инструкций и дополнительных технических указаний.

При сборке первой формы тщательно проводят визуальную проверку формы, стержней и их сборки и обязательно измеряют намеченные чертежом и технологией основные места будущей отливки. При этом выполняют следующие работы:

1. Устанавливают соответствие конфигурации и отдельных наиболее важных размеров литейной формы и каждого стержня чертежу отливки и литейной технологии. Проверяют возможность свободной установки каждого стержня в назначенную для него часть формы и получение обусловленных толщин стенок и конфигурации наружных частей и внутренних полостей. Установка стержней в форму не должна вызывать поломки формы, стержней, задиоров в знаковых частях и стыках стержня со стержнем и стержня с формой.

2. Контролируется удобство сборки формы и правильность установленной технологией очередности установки стержней в форму. При этом проверяют количество и расположение весов в стержне, удобство зачаливания стержня за вески, возможность придания стержню горизонтального положения и трудоемкость его опускания в форму. При установке стержня в предназначенное для него место в форме проверяют, свободно ли он проходит между формой и ранее установлен-

ными стержнями и не мешает ли этот стержень дальнейшей установке стержней. В результате устанавливают новую или окончательно утверждают запроектированную очередность установки стержней в форму. При необходимости стержень может быть разделен на два и более стержней или от него могут быть отделены выступающие части.

3. Проверяют надежность установки и закрепления стержней в форме и достаточность запроектированных размеров знаковых частей формы и стержней. Проверяют также, нет ли обжимов знаковых частей формы и стержней; наличие оптимальных технологических зазоров, обеспечивающих, с одной стороны, посадку стержней в знаках без опиловки формы и стержня, а с другой – отсутствие смещения и заливов. Устанавливают, нужны ли дополнительные фиксаторы и метки в знаковых частях форм и стержней для предупреждения неправильной установки стержня в форму. Определяют места установки жеребеек для дополнительной опоры стержней, их количество и размеры. Кроме того, проверяют соответствие толщины стенок горизонтальных нижних и некоторых вертикальных поверхностей, скрытых от взгляда сборщика, размерам, заданным на чертеже. Проверяют стенки отливки под стержнями при помощи глиняных «мушек», устанавливаемых на нижние поверхности формы (стержней) перед предварительной установкой стержня в форму. В связи с этим при сборке первых опытных форм почти все стержни устанавливают в два приема. Дефекты, выявленные при предварительной установке стержня, устраняют по возможности на месте. В модельный комплект и в технологию вносят по необходимости соответствующие изменения.

4. Проверяют правильность, надежность и достаточность вентиляционной системы собранной формы, ее соответствие запроектированной литейной технологии. Тщательно контролируют совпадение вентиляционных каналов стержня с соответствующими им каналами в форме и устанавливают возможность замены нижнего отвода газов верхним или боковым. Определяют возможность и надежность отсечения вентиляционной системы прокладочной пастой или другими способами и достаточны ли для этого размеры знаковых частей. Выявляют и по возможности устраняют близкое расположение к жидкому металлу элементов вентиляционной системы. В частности, контролируют выбор места подвода литниковой системы к отливке, если в этом месте находится единственный канал для вывода газов из формы. Проверяют расстояния от шлакоуловителя и вытяжных стояков литниковой системы до вентиляционных каналов. При установке литниковых чаш необходимо убедиться в том, что они не закрывают стояков вентиляционной системы.

5. Выявляют нужные дополнительные шаблоны для проверки формы, стержней и сборки. Устанавливают их конфигурацию и размеры. Шаблоны должны обеспечивать как предварительную отдельную проверку отдельных элементов формы и стержней, так и окончательный контроль собранной формы. Применение всех этих шаблонов должно способствовать получению годной отливки, соответствующей чертежу.

6. При заливке первой опытной формы проверяют, правильно ли расположены литниковые и выпорные чаши на форме и удобно ли заливщику подходить с ковшом жидкого металла к литниковой чаше. Определяют весовое или объемное количество металла, необходимое для заполнения формы, и продолжительность заливки формы в секундах.

9.11. СБОРКА ФОРМ СЛОЖНЫХ ОТЛИВОК В УСЛОВИЯХ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Принципиальной особенностью сборки форм сложных отливок в условиях массового производства является предварительная сборка ряда стержней и установка их в форму в виде готового узла-комплекта. Собирают такие узлы в стержневом отделении или непосредственно на участке сборки форм и тщательно проверяют шаблонами и специальными кондукторами.

Предварительная, вне формы, сборка стержней в готовые узлы имеет преимущества перед сборкой непосредственно в форме. Прежде всего, сокращается до минимума количество отдельных стержней, устанавливаемых в форму, упрощается и ускоряется работа сборщиков форм, снижается общая трудоемкость сборки в условиях поточного производства, увеличивается пропускная способность участка. Кроме того, повышается точность отливки. Этот метод сборки широко применяют при производстве тонкостенного литья со сложными очертаниями наружных контуров и внутренних полостей.

Пример предварительной сборки стержней угольника и водяной рубашки блока-цилиндра, выполняемой на заводе им. Лихачева, показан на рис. 9.30.



Рис. 9.30. Предварительная сборка стержней в комплект: а – угольника, б – водяной рубашки блока цилиндра

Все стержни собирают на специально введенном вспомогательном стержне, фиксирующем положение всего узла непосредственно в форме. Стержни узла предварительно тщательно проверяют и зачищают в кондукторах. Стержни, выполняющие клапанные каналы, подбирают и устанавливают в стержень угольника, на который затем устанавливают нижний стержень и вклеивают средний и верхний стержни кожуха.

Требуемая толщина стенок отливки, образующихся между стержнем угольника и нижним стержнем кожуха, достигается установкой металлических прокладок соответствующей толщины, которые вынимают из собранного узла стержней перед подачей его к месту сборки.

Применение предварительной, вне формы, сборки стержней в узел рационально для любой сложной отливки. В качестве примера рассмотрим описание сборки стержней отливки блока цилиндров автомобильного двигателя. В этой отливке для сборки большого количества сложных стержней и узлов применяют два специальных кондуктора: сборочный для предварительной сборки стержней и транспортно-контрольный для транспортировки собранного узла и установки его в форму (рис. 9.31).

Сборочный кондуктор I (рис. 9.31, а) представляет собой чугунную литую конструкцию, которая имеет ряд упоров и базовых площадок, соответствующих знакам формы и точно расположенных относительно центрирующих штырей.

Штыри кондуктора I увязаны с центрирующими узлами подмодельных плит, опок и транспортно-контрольного кондуктора II.

Базовые площадки, упоры и контрольные элементы кондукторов расположены таким образом, чтобы установка стержней гарантировала получение в отливках указанной в чертеже базы механической обработки. При таком способе установки достигается более равномерное распределение неточностей стержней и концентрация возможных ошибок в неотвеченных и необрабатываемых частях отливки.

Порядок сборки узла в сборочном кондукторе I следующий. Все стержни в порядке технологической последовательности установки их в кондукторе комплектуют в стержневом отделении и подвесным конвейером подают к месту сборки. Стержень Е устанавливают на площадку 1 и прижимают к упорам 2 и 3 сборочного кондуктора I. Затем на площадки 4 и 5 до упора 6 устанавливают поочередно 12 центровых кусков стержней A_1-A_{12} , которые образуют внутреннюю поверхность цилиндров и картера. При этом задний упор 7 находится в откинутом положении, как это показано стрелкой (рис. 9.31, а).

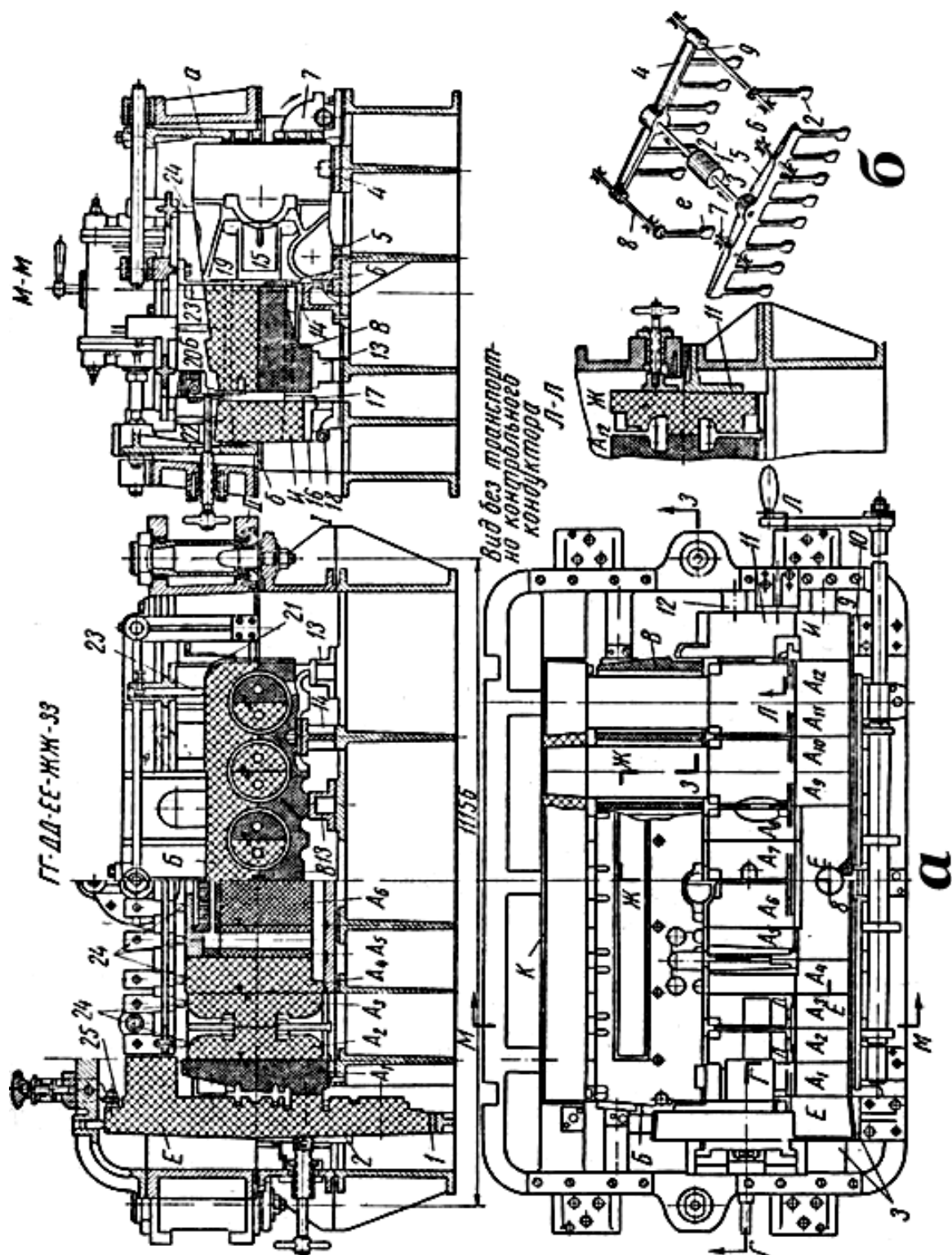


Рис. 9.31. Сборка стержней отливки блока цилиндров автомобильного двигателя: а – сборка стержней блока цилиндров в кондукторе; б – кинематическая схема контрольно-транспортного кондуктора

Для уменьшения возможного смещения крайнего стержня A_{12} и соседних с ним стержней A_{11} , A_{10} при последовательной установке для двух средних стержней A_6 и A_7 в сборочном кондукторе предусмотрен дополнительный упор 8. Этот упор уменьшает смещение крайних стержней A_{10} – A_{12} в два раза.

Стержень Ж устанавливают на площадки 9 и 12 и прижимают к упорам 10 и 11. Стержень, склеенный из двух половин B и B , образует водяную рубашку. Его устанавливают на площадки 13 и 14 и прижимают к упорам 15.

Последним устанавливают стержень К. Стержень К, надетый на конические знаки центровых стержней A_1 – A_{12} , опирается на площадки 16 и придвигается до упора 17. При этом толщина стенок отливки, образуемая стержнями К, Б и В, должна соответствовать размерам, заданным на чертежах.

Для установки стержней Б и В, высота которых от разъема до нижней плоскости больше, чем у стержня К, базовую площадку 16 сборочного кондуктора I можно откидывать, поворачивая вокруг оси 18.

После того как стержни в сборочном кондукторе I собраны, на кондуктор устанавливают по штырям транспортно-контрольный кондуктор II.

Транспортно-контрольный кондуктор представляет собой жесткую алюминиевую раму, которая подвешивается к подъемнику и перемещается по монорельсу.

На раме кондуктора установлен пневматический цилиндр, приводящий в движение две траверсы с выступающими лапами. Последними захватывают, зажимают и удерживают в кондукторе II на весу стержни при переносе узла из сборочного кондуктора в нижнюю полуформу.

Кинематическая схема транспортно-контрольного кондуктора показана на рис. 9.31, б. Цилиндр двойного действия 1 имеет два поршня, соединенных посредством тяг 2 и 3 с траверсами 4 и 5. При включении воздуха поршни траверсы одновременно с обеих сторон перемещаются к центру (перемещение на рис. 9.31, б показано стрелками). Выступающие лапы обеих траверс, упираясь в знаковые части стержней A_1 – A_{12} , в стержни К, Б и Ж, зажимают их с достаточной для подъема силой. Стержни Е и Ж с боковых сторон дополнительно зажимают винтовыми зажимами (разрез по Л–Л, рис. 9.31, а).

Параллельность перемещения траверс 4 и 5 при зажиме и разжиме стержней достигается с помощью жестко соединенных с траверсами штанг 6, 7, 8 и 9, направляемых подшипниками, установленными в раме кондуктора.

Для предотвращения смещения стержней при их зажиме и транспортировании к форме кондуктор II имеет упоры 19, 20 и 21 (рис. 9.31, а).

Во избежание поломки нижней части стержня *E* перед подъемом транспортно-контрольного кондуктора с зажатым в нем узлом стержней упор 2 следует отвести влево. После этого кондуктор II со стержнями поднимается, перемещается при помощи подъемника по монорельсу к месту сборки и по контрольным штырям, установленным во втулках опоки, устанавливается на нижнюю полуформу. Правильность установки стержней в форме проверяют подвижными фиксаторами. Фиксаторами 22 проверяют стержень *K*, фиксаторами 23 – стержень *B*, фиксаторами 24 – стержни A_1 – A_{12} . Стержень *E* фиксируется в форме упором 25. Перед снятием кондуктора этот упор откидывается по направлению, указанному стрелкой. После проверки установленных стержней кондуктор II снимают с нижней полуформы и подают к месту сборки узла за новым комплектом стержней.

9.12. ВЫБОР СПОСОБОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

Практика производства мелкосерийного среднего и крупного литья показывает, что если габариты модели отливки вписываются в размеры опоки для машинной формовки, то ее рентабельно изготовлять на формовочной машине. Этого достигают применением быстросменной оснастки с применением координатных модельных вкладышей и подмодельных плит.

Для изготовления отливок большими сериями современное литейное производство располагает широким спектром автоматических формовочных линий с различными способами уплотнения и упрочнения формовочных смесей. Полная автоматизация всех процессов производства литья и применение высококачественных материалов позволяют получать отливки высокого качества.

В настоящее время конкурируют традиционные процессы изготовления литейных форм с применением песчано-глинистых, песчано-смоляных, песчано-жидкостекольных и др. смесей с процессами, в которых используют чистый формовочный песок без связующего. К ним относятся вакуумно-пленочная, магнитная формовка и формовка по выжигаемым газифицируемым моделям.

Современные процессы формообразования в достаточной степени универсальны, но в зависимости от серийности и массы производимых отливок могут быть разграничены.

Мелкие отливки большими сериями рентабельнее изготовлять на линиях и автоматах безопочной формовки с применением песчано-глинистых смесей.

Средние отливки из различных сплавов малыми и большими сериями изготавливают преимущественно с применением импульсной формовки. Конкуренцию этому способу составляет вакуум-пленочная формовка, которая имеет реальную перспективу.

Крупное литье и другие единичные отливки целесообразно изготавливать с применением холоднотвердеющих смесей.

Импульсная формовка. При изготовлении серийных отливок из различных сплавов развесом до 200 кг перспективной остается формовка с применением воздушно-импульсного уплотнения песчано-глинистой смеси в сочетании с различными способами дополнительного уплотнения, которые позволяют достигать высокой равномерной плотности и газопроницаемости формы по всему объему независимо от конфигурации модели.

Современные технологии импульсного уплотнения включают процессы создания мощного направленного потока воздуха, увлекающего и распределяющего частицы смеси в опоке и уплотняющего их в процессе фильтрации. Для повышения эффективности уплотнения используют дополнительное вакуумирование через модельную оснастку и др. различные известные способы прессования. Например, используют мультиплунжерную прессовую головку, состоящую из нескольких прессующих зон, с помощью которых достигается точное, индивидуальное по каждому модельному комплекту формообразование.

Основными достоинствами этого способа изготовления форм, кроме указанных, является универсальность, достаточно высокая производительность (в пределах 140 форм в час), бесшумность, отсутствие массивных фундаментов.

Применение систем быстрой смены оснастки на данных автоматических линиях значительно повышает их конкурентоспособность.

Безопочная формовка. Мелкие отливки (до 30 кг) большими сериями предпочтительнее изготавливать на автоматических линиях безопочной формовки с горизонтальной или вертикальной плоскостями разъема. Такие линии отличаются высокой производительностью и используются наиболее эффективно при производстве чугунного литья. Наиболее прогрессивны автоматизированные линии с вертикальной плоскостью разъема. Например, программа управления линий позволяет автоматически устанавливать до 100 параметров работы механизмов. Для быстрой смены оснастки используют блок-устройство для полуавтоматической смены моделей в течение 3... 10 мин. Достигнута производительность формовочной линии с автоматической простановкой стержней до 300 форм в час.

Формовка с использованием холоднотвердеющих смесей. Средние и относительно крупные отливки из черных сплавов (некоторые отливки из алюминиевых сплавов, например поддоны двигателей, крыльчатки вентиляторов) изготавливают преимущественно на автоматических формовочных линиях с использованием холоднотвердеющих смесей (ХТС).

Достоинством этих линий является их универсальность по сплавам и процессам, легкая переналаживаемость, возможность производить точные, сложные, разностенные высококачественные отливки.

В некоторых случаях при изготовлении определенной номенклатуры отливок формы изготавливают без опок. Отмечены положительные экономические показатели эксплуатации подобных линий, такие как повышение производительности труда, снижение затрат на формовочные пески и смолы, на оплату труда, небольшие капитальные затраты.

Линии с использованием ХТС обеспечивают автоматизацию управления процессами даже при мелкосерийном производстве. Линии состоят, как правило, из автоматического конвейера, блоков накопления форм под сборку, заливку и охлаждение, шнекового смесителя, вибростола, протяжной установки, гидравлических манипуляторов для окраски, простановки стержней и спаривания полуформ. Последовательность всех операций и качество технологических операций, включая заливку и охлаждение, контролируются автоматически.

Особое внимание уделено высокопроизводительным миксерам, которыми управляют программы, позволяющие автоматически выбирать различные типы смесей и изготавливать их по необходимым режимам. Конструкции смесителей предусматривают легкую очистку агрегата, а для увеличения срока службы изнашивающихся деталей их покрывают карбидами вольфрама.

Созданы линии ХТС, на которых возможно делать средние и крупные формы различных размеров, размещаемые на одном моделиносителе. Например, формы размером от 1100х1100х200 до 1940х2070х450 мм могут быть размещены на моделиносителе размером 2100х2800 мм; производительность такой линии 14 форм/ч. Количество замен оснастки в день – до 24. Для обеспечения линии используют шнековый смеситель производительностью 60 т/ч.

На подобных линиях с сокращенным перечнем механизированных операций изготавливают средние и крупные отливки мелкими сериями. Чем меньше серия, тем меньше степень автоматизации.

Вакуумная формовка. Конкурентоспособным в настоящее время является вакуум-процесс, при котором формы упрочняются под воздействием вакуума. Вакуумно-пленочная формовка считается особенно эффективной при производстве протяженных, сложных отливок из чу-

гуна и стали. При этом отношение массы заливаемого металла к массе наполнителя формы должно быть минимальным для достижения оптимальных теплофизических и экономических параметров процесса.

Освоено серийное производство чугунных ванн с толщиной стенки 4 мм, стальных отливок конструкций железнодорожных вагонов (равностенных и протяженных заготовок типа рам и надрессорных балок), а также автомобильных задних мостов и других ответственных деталей типа задвижек для нефтяной и газовой промышленности.

Преимущества линий вакуумной формовки очевидны. Основными достоинствами являются: экологичность процесса, отсутствие связующего в составе смеси и традиционных систем приготовления и регенерации смесей, повышенная точность литья и более высокий общий уровень качества. Высокое качество поверхности отливки обеспечивается за счет снижения уровня перегрева сплава, так как воздействие вакуума способствует лучшему заполнению формы.

По сравнению с сырой формой из песчано-глинистой смеси заполняемость вакуумной формы выше на 30 %. Кроме того, высокому качеству отпечатка модели способствует применение мелкого огнеупорного песка соответствующего гранулометрического состава.

Воздействие вакуума в процессе заливки, отсос образующихся газов позволяют получать отливки, свободные от газовых дефектов, а податливая форма способствует получению заготовок без горячих трещин. Кроме того, достигается экономический эффект за счет снижения расхода материалов, в том числе снижения массы отливок на 5 %, доли образования отходов, трудоемкости на финишных операциях и повышения срока службы моделей.

К недостаткам, которые сдерживают внедрение технологии вакуумной формовки, следует отнести высокие разовые капитальные затраты на оборудование и оснастку, большой расход электроэнергии при эксплуатации оборудования (в основном на поддержание вакуума в системах).

Высокие капитальные затраты обусловлены большой металлоемкостью оборудования и сложностью опоки, которые имеют двойные герметичные стенки, оснащенные вакуумными вентами, специальными вентиляционными трубами, обратными клапанами, соединительными конусами и другими специальными устройствами, необходимыми для создания вакуума внутри опоки и при проведении различных манипуляций с полуформами.

Габаритные размеры опоки и подмодельных плит для вакуумной формовки значительно больше обычных, что влечет увеличение размеров всех систем линий. Кроме того, обстановку в цехе осложняет наличие различных вакуум-проводов.

При изготовлении форм для стальных отливок массой более 200 кг

необходимо выполнять литниковую систему в керамических трубках.

Существенным недостатком вакуумной технологии является то, что система не допускает случайных отключений электроэнергии, так как это может привести к серьезной аварии.

Общий итоговый экономический эффект от внедрения технологии вакуумной формовки при изготовлении отливок является положительным и позволяет снижать себестоимость отливок на 20...30 %.

В своем развитии литейное производство должно двигаться синхронно с тенденциями развития машиностроения. Учитывая то, что ключевыми параметрами развития в настоящее время являются бережливая концепция организации производства, то и применяемые технологии должны вписываться в эти рамки. Основными пунктами концепции являются гибкие, переналаживаемые системы для выпуска продукции ограниченными сериями, сокращение складских помещений, объемов незавершенного производства, людских ресурсов за счет внедрения частичной или полной автоматизации. Этим требованиям отвечают рассмотренные выше процессы получения литейной формы.

ГЛАВА 10

ЗАЛИВКА ФОРМ

Заливка является одной из операций изготовления отливок, назначение которой заключается в заполнении полости формы расплавленным металлом. При заливке, а также при проведении других технологических операций может возникать брак отливок. Важным контролируемым параметром операции является температура заливки. «Холодный» металл плохо заполняет полость формы и в отливке образуются дефекты: недоливы, неспай, неслитины. При этом может быть также затруднен выход газовых пузырей из отливки, что способствует образованию газовых раковин.

Температуру заливки конкретного литейного сплава определяют по его перегреву относительно температуры ликвидуса. Выбор перегрева зависит от его влияния на структуру и механические свойства сплава, толщины (минимальной, преобладающей) и протяженности стенок отливки, склонности сплава к пленообразованию, теплофизических свойств материала формы и ее начальной температуры, движущей силы, определяющей перемещение сплава в полости литейной формы, и других факторов. Для обеспечения удовлетворительного заполнения форм при изготовлении отливок из углеродистых и низколегированных сталей обычно достаточно перегреть расплав на 30–60 °С. При изготовлении тонкостенных стальных отливок перегрев увеличивают до 100 °С. Еще больший перегрев назначают при разливке высоколегированных сталей, склонных к пленообразованию. Абсолютные значения температур заливки сталей обычно колеблются от 1520 до 1620 °С.

Чугуны возможно и целесообразно заливать в формы при перегревах, составляющих сотни градусов. В зависимости от толщины стенки отливки серый чугун разливают при 1300–1450 °С. Температура разлива ковкого и высокопрочного чугунов при тех же толщинах отливки выше соответственно на 30–60 и 50–70 °С.

Бронзы, алюминиевые и магниевые сплавы из-за пленообразования перегревают на 100–200 °С. Температура разлива латуней и бронз составляет 1000–1200 °С, алюминиевых и магниевых сплавов соответственно 680–770 и 700–800 °С.

Качество литых деталей зависит также от техники заливки. Поэтому с целью устранения возможности появления брака необходимо со-

блюдать следующие правила:

- при заливке чаша должна быть заполненной («держи чашу полной»), следует предотвращать падение уровня металла в чаше, которое может привести к завихрениям расплава и захвату воздуха в полость формы;
- высота ковша над контрладом опоки должна быть минимальной: для небольших форм не более 150 мм, а для больших форм не более 200...250 мм. При больших высотах кинетическая энергия струи металла, пробивая зеркало в чаше, будет оказывать влияние на расчетный расход литниковой системы;
- необходимо поддерживать носок ковша в исправном состоянии;
- емкость ковша подбирать такой, чтобы она несколько превышала емкость формы (или нескольких форм);
- при заливке металла в форму следить, чтобы струя была непрерывной.

10.1. РАЗЛИВОЧНЫЕ КОВШИ

Ковши – это емкости, металлический кожух которых изнутри футерован огнеупорным материалом. Ковши предназначены для кратковременного хранения и транспортирования жидкого металла, а также для заливки его в литейную форму. В ковшах осуществляют и ряд металлургических операций: рафинирование, модифицирование и легирование.

В качестве материала для футеровки применяют шамотный кирпич и смесь огнеупорной глины с песком, футеровка ковша, помимо сушки, должна быть подвергнута прокаливанию нагревом до температуры 700...800 °С, как правило, газом.

Ковши вместимостью до 500 кг футеруют огнеупорным составом из 75 % кварцевого песка и 25 % огнеупорной глины. Кварцевый песок на 2/3 может быть заменен шамотным порошком. Ковши вместимостью более 500 кг футеруют шамотным кирпичом. Кладку футеровки проводят с использованием увлажненной огнеупорной массы из наполнителя, идентичного или близкого по природе футеровочному кирпичу и огнеупорной глины. При футеровке носка вместо огнеупорной глины применяют жидкое стекло. Футеровку стенок рекомендуется выполнять толщиной 0,14 R , а днища – толщиной 0,2 R , где R – внутренний радиус ковша у верхней кромки.

После футеровки ковши сушат при температуре 300–350 °С в течение 3–8, а перед наполнением расплавом разогревают до 700–1000 °С для полного удаления свободной и связанной влаги, а также снижения потерь теплоты заливаемого сплава. Недостаточно просушенная футеровка ковша является причиной насыщения металла водородом. Ковши

большой вместимости сушат в две стадии: сначала в течение 8–10 ч просушивают арматурный слой футеровки, прогревая его до 700–900 °С; после остывания арматурного слоя выкладывают рабочий слой и сушат его в течение 10–15 ч, постепенно прогревая до 900 °С.

Разливочные ковши классифицируют по способу регулирования расхода металла при разливке, по геометрии рабочей полости и способу транспортирования. По способу регулирования расхода металла при разливке, различают поворотные и стопорные ковши. Из поворотных ковшей (рис. 10.1, а) расплав разливают в формы через сливной носок 1, расход металла регулируют поворотом ковша вокруг горизонтальной оси.

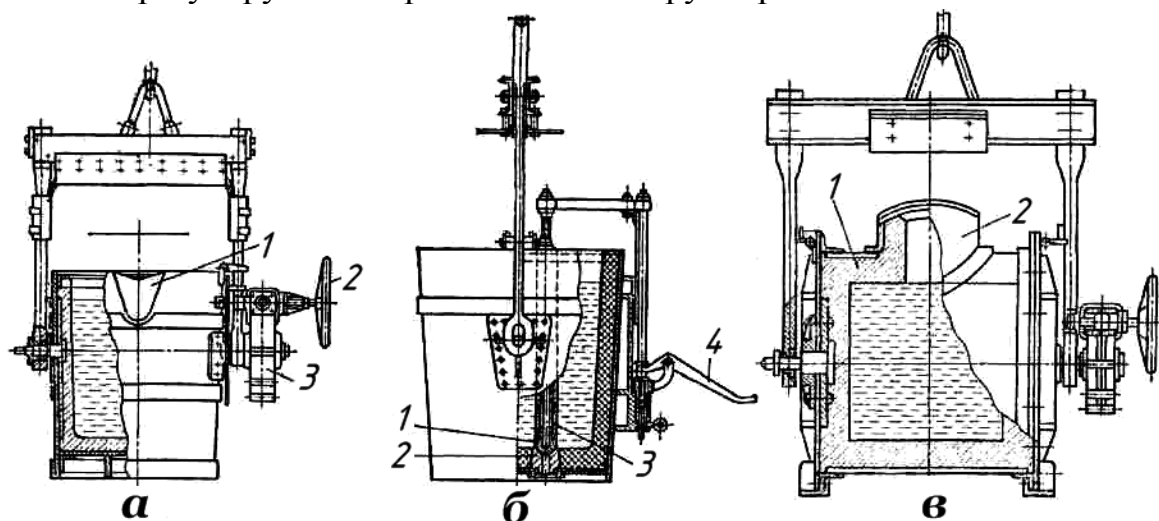


Рис. 10.1. Разливочные ковши

Наклоняют их с помощью ручных рычажных систем или самотормозящихся червячных механизмов 3, приводимых в действие от ручного штурвала 2 или электродвигателя. При разливке из поворотных ковшей возможен слив вместе с металлом шлака и попадание его в полость формы. Для устранения этого в ковшах устанавливают перегородки или керамические трубки, обеспечивающие поступление чистого металла из нижних уровней. Такие ковши называют чайниковыми

Из стопорных ковшей (рис. 10.1, б) расплав разливают через отверстие огнеупорного стакана 2, размещенного в днище ковша. Отверстие открывают и перекрывают с помощью стопора – стального штока с пробкой 1 на конце, футерованного керамическими трубками 3 и жестко связанного с механизмом его подъема и опускания 4. Ковши вместимостью 1–6 т оборудованы одним стопором, более вместительные – двумя стопорами. При разливке из стопорных ковшей в полость формы всегда поступает расплав, свободный от шлака. Расход металла определяется металлостатическим напором в ковше и площадью поперечного сечения

стопорного стакана. Поэтому вначале разливки расход металла всегда больше, чем в конце, что является существенным недостатком стопорных ковшей. Частично расход металла можно регулировать торможением струи стопором. Однако в этом случае быстро размывается пробка стопора, поэтому этот метод регулирования расхода металла применяется ограниченно. Стопорные ковши чаще используют при получении стальных отливок, реже – крупных чугуновых.

По геометрии рабочей полости литейные ковши подразделяют на конические и барабанные. Конические ковши имеют форму усеченного конуса, уширенного кверху, и могут быть поворотными (рис. 10.1, *а*) и стопорными (рис. 10.1, *б*). Барабанный ковш является поворотным и представляет собой горизонтальный цилиндр 1, диаметр рабочей полости которого равен длине (рис. 10.1, *в*). Он имеет небольшую горловину 2 для заполнения расплавом и разливки. Поэтому в нем расплав остывает медленнее. Относительно малая высота ковшей обеспечивает удобство заливки форм. Но их труднее футеровать. Наиболее широко барабанные ковши применяют для разливки чугуна, значительно реже – для разливки стали и бронзы.

По способу транспортирования различают ручные, монорельсовые и крановые ковши. Вместимость ручных ковшей составляет 6–60 кг, монорельсовых 100–800 кг, крановых 1–70 т. Ручные ковши являются поворотными коническими. Их применяют при производстве мелких отливок (при металлоемкости формы до 30 кг) в условиях единичного и мелкосерийного производства. Из монорельсовых ковшей, которые могут быть поворотными коническими и барабанными, заливают формы на конвейерах при производстве мелких и средних отливок.

Крановые ковши (конические и барабанные, поворотные и стопорные) применяют в единичном и серийном производстве отливок из чугуна, стали и сплавов цветных металлов.

При производстве мелкого литья на конвейере расплав из печи предварительно выпускают в раздаточный ковш большой вместимости, который устанавливают на специальном стенде заливочного участка. Из раздаточного ковша жидкий металл переливают в разливочный ковш малой вместимости.

Основным фактором, определяющим размеры ковшей, является металлоемкость форм. Так, для разливки чугуна рекомендуют применять ковши вместимостью, в 2–10 раз превышающей металлоемкость формы. При производстве мелкого стального литья применяют конические ковши с перегородками (чайниковые) вместимостью до 800 кг. Вместимость стопорных сталеразливочных ковшей наряду с металлоемкостью форм регламентируется допустимой кратностью открытия и закрытия отверстия стопорного стакана. Она обычно составляет 30–50 и

лишь в отдельных случаях 70–120. При заливке из двустопорных ковшей десяти и более форм второе стопорное устройство используют как резервное. Меньшее число форм можно заливать одновременно через оба отверстия стопорного стакана. В сталелитейных цехах при заливке форм металлоемкостью более 90 т рекомендуют одновременно использовать несколько ковшей меньшей вместимости.

Из стопорных ковшей (рис. 10.1, б) расплав разливают через отверстие огнеупорного стакана 2, размещенного в днище ковша. Отверстие открывают и перекрывают с помощью стопора – стального штока с пробкой 1 на конце, футерованного керамическими трубками 3 и жестко связанного с механизмом его подъема и опускания 4. Ковши вместимостью 1–6 т оборудованы одним стопором, более вместительные – двумя стопорами. При разливке из стопорных ковшей в полость формы всегда поступает расплав, свободный от шлака. Расход металла определяется металлостатическим напором в ковше и площадью поперечного сечения стопорного стакана. Поэтому вначале разливки расход металла всегда больше, чем в конце, что является существенным недостатком стопорных ковшей. Частично расход металла можно регулировать торможением струи стопором. Однако в этом случае быстро размывается пробка стопора, поэтому этот метод регулирования расхода металла применяется ограниченно. Стопорные ковши чаще используют при получении стальных отливок, реже – крупных чугуновых.

По геометрии рабочей полости литейные ковши подразделяют на конические и барабанные. Конические ковши имеют форму усеченного конуса, уширенного кверху, и могут быть поворотными (рис. 10.1, а) и стопорными (рис. 10.1, б). Барабанный ковш является поворотным и представляет собой горизонтальный цилиндр 1, диаметр рабочей полости которого равен длине (рис. 10.1, в). Он имеет небольшую горловину 2 для заполнения расплавом и разливки. Поэтому в нем расплав остывает медленнее. Относительно малая высота ковшей обеспечивает удобство заливки форм. Но их труднее футеровать. Наиболее широко барабанные ковши применяют для разливки чугуна, значительно реже – для разливки стали и бронзы.

По способу транспортирования различают ручные, монорельсовые и крановые ковши. Вместимость ручных ковшей составляет 6–60 кг, монорельсовых – 100–800 кг, крановых 1–70 т. Ручные ковши являются поворотными коническими. Их применяют при производстве мелких отливок (при металлоемкости формы до 30 кг) в условиях единичного и мелкосерийного производства. Из монорельсовых ковшей, которые могут быть поворотными коническими и барабанными, заливают формы на конвейерах при производстве мелких и средних отливок.

Крановые ковши (конические и барабанные, поворотные и стопорные) применяют в единичном и серийном производстве отливок из чугуна, стали и сплавов цветных металлов.

При производстве мелкого литья на конвейере расплав из печи предварительно выпускают в раздаточный ковш большой вместимости, который устанавливают на специальном стенде заливочного участка. Из раздаточного ковша жидкий металл переливают в разливочный ковш малой вместимости.

Основным фактором, определяющим размеры ковшей, является металлоемкость форм. Так, для заливки чугуна рекомендуют применять ковши вместимостью, в 2–10 раз превышающей металлоемкость формы. При производстве мелкого стального литья применяют конические ковши с перегородками (чайниковые) вместимостью до 800 кг. Вместимость стопорных сталеразливочных ковшей наряду с металлоемкостью форм регламентируется допустимой кратностью открытия и закрытия отверстия стопорного стакана. Она обычно составляет 30–50 и лишь в отдельных случаях 70–120 раз. При заливке из двустопорных ковшей десяти и более форм второе стопорное устройство используют как резервное. Меньшее число форм можно заливать одновременно через оба отверстия стопорного стакана. В сталелитейных цехах при заливке форм металлоемкостью более 90 т рекомендуют одновременно использовать несколько ковшей меньшей вместимости.

Скорость заливки металла из ковшей зависит от пропускной способности и типа литниковых систем заливаемых форм. Для мелкого и среднего чугуна скорость заливки изменяется в пределах 0,5...6,0 кг/с, для крупного литья она достигает 10... 30 кг/с. Средняя скорость заливки определяется металлоемкостью¹ формы и временем заливки (¹Металлоемкость – общая масса металла, залитая в форму) (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Взаимосвязь средней скорости заливки, типа и емкости ковша

Тип ковша	Емкость ковша, кг	Скорость заливки, кг/с, при повороте ковша		
		медленном	более быстром	быстром
Ручной	6...16	0,5...2,0	2,0...3,0	3,0...4,0
	25...60	1,0...3,0	3,0...5,0	5,0...7,0
Монорельсовый	100... 250	1,0...4,0	4,0...6,0	6,0...8,0
	400... 800	2,0...5,0	5,0...7,5	7,5 ...10,0
Крановый	1000... 5000	5,0... 10,0	10,0...20,0	20,0... 30,0
	5000... 20000	10,0...25,0	25,0...45,0	45,0... 100,0

10.1.1. Расчет емкости ковша

Масса металла в ковше определяется суммарной металлоемкостью форм, заливаемых из одного ковша, с учетом запаса для компенсации возможных переливов и погрешностей формовки (3... 5 % объема ковша).

Для массового производства масса металла уточняется опытным путем с целью уменьшения сливов и предотвращения недоливов форм. Емкость заливаемого металлом ковша G_K , кг, рассчитывают по уравнению

$$G_K = (\Delta t_{\text{ТУ}} / \Delta t_i) m_{\Phi_i}, \quad (10.1)$$

где $\Delta t_{\text{ТУ}}$ – допустимый интервал температур заливки по ТУ, °С; Δt_i – снижение температуры при заливке одной формы, °С; m_{Φ_i} – металлоемкость формы, кг.

Пример расчета. Допустим, что $\Delta t_{\text{ТУ}} = 1400 - 1340 \text{ °С} = 60 \text{ °С}$, а снижение температуры при заливке формы металлоемкостью $m_{\Phi_i} = 50 \text{ кг}$ составляет 20 °С . Тогда по приведенному выше уравнению емкость ковша составит $G_K = (60/20) \cdot 50 = 150 \text{ кг}$. Эту величину нужно увеличить на 5 % для компенсации всплесков и разлива металла. Окончательно получим $157,5 \text{ кг}$.

Рассчитанная емкость ковша ($157,5 \text{ кг}$) является максимально допустимой. Фактическая емкость ковша выбирается несколько меньшей, чем по расчету, с учетом возможных перерывов в заливке и времени поворота ковшей, особенно при заливке последних доз.

10.1.2. Расчет числа ковшей или заливочных устройств

Для конвейерного производства, кроме емкости ковша, необходимо также выполнять расчет числа ковшей или заливочных устройств, которые должны обеспечить заливку форм на непрерывно движущемся конвейере.

В первую очередь определяют полное время τ_{Φ} , затрачиваемое на заливку одной литейной формы, по уравнению

$$\tau_{\Phi_i} = \tau_{\text{ЗАЛ}} + 60l/v_B + \tau_{\text{П-З}}, \quad (10.2)$$

где $\tau_{\text{ЗАЛ}}$ – время заливки формы, с; $60l/v_B$ – время, необходимое на возврат ковша в исходное положение для заливки следующей формы, с; l – расстояние между чашами двух форм, м; v_B – скорость возврата тележки с ковшом, м/мин; $\tau_{\text{П-З}}$ – время подготовительно-заключительное (включающее опускание и поднятие ковша при заливке), принимается равным 10... 11, с.

Пример расчета. Производительность автоматической формовочной линии (АФЛ) составляет 240 форм/ч. Для определения скорости возврата тележки с ковшом необходимо определить скорость конвейера v_k , принимая следующие допущения. Определим производительность АФЛ в минуту – $240/60 = 4$ формы/мин. Если расстояние l между чашами соседних форм для АФЛ с опоками размером 700 x 800 мм принять равным 1м, то скорость конвейера составит $v_k = 4$ м/мин.

Чтобы осуществить возврат тележки с ковшом в исходное положение, скорость возврата тележки v_B должна превышать скорость конвейера v_k , т.е. $v_B = kv_k$.

Если принять, что коэффициент $k = 1,5$, то $v_B = 1,5v_k = 1,5 \cdot 4 = 6$ м/мин.

Примем $\tau_{з.ал} = 15$ с, $\tau_{п-з} = 10$ с и определим по приведенному в тексте уравнению время на заливку одной формы, с:

$$\tau_{\Phi} = 15 + 60 \cdot 1/6 + 10 = 35.$$

Время цикла линии исходя из производительности 240 форм/ч равно $\tau_{ц} = 3600/240 = 15$ с. Следовательно, для обеспечения производительности линии необходимое число заливочных ковшей (устройств) должно составить $\tau_{\Phi}/\tau_{ц} = 35/15 = 2,33$. Округляя это значение в сторону больших чисел, получим, что заданную производительность АФЛ обеспечат три ковша (или устройства).

10.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАЛИВКИ

На АФЛ используются автоматизированные заливочные устройства, позволяющие повысить стабильность заливки форм. Рассмотрим некоторые из них.

На рис. 10.2 показано автоматизированное заливочное устройство, которое используется для АФЛ с непрерывно движущимся конвейером.

Заливочное устройство размещается на тележке, которая перемещается по рельсам вдоль заливочной ветви литейного конвейера. На тележке 5 смонтирован приемник для разливочных ковшей (при одном или двух сменных ковшах в приемнике может быть предусмотрен подогрев жидкого металла в индукторе, который также размещается в приемнике). В приемник устанавливают сменный ковш 1, затем тележка заливочного устройства жестко скрепляется сцепкой 4 с тележкой 3 литейного конвейера, на которой установлена литейная форма 2. Наклон ковша осуществляется с помощью гидропривода 6. Управление заливкой производится оператором.

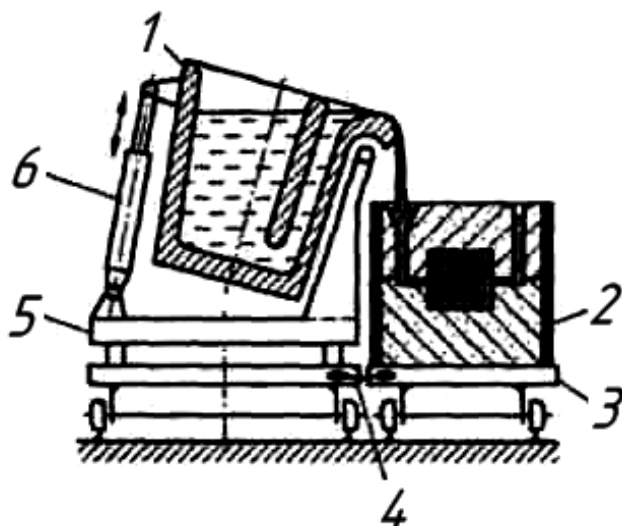


Рис. 10.2. Схема автоматизированного заливочного устройства: 1— сменный ковш; 2 — литейная форма; 3 — тележка литейного конвейера 4 — сцепка; 5 — тележка со сменными ковшами; 6 — гидропривод; по стрелке опрокидывание ковша и возврат в исходное положение

После заливки формы, тележка с ковшом возвращается в исходное положение для заливки следующей формы.

На рис. 10.3 показано заливочное устройство модели «Пресспоур», которое используется для АФЛ с прерывисто движущимся конвейером.

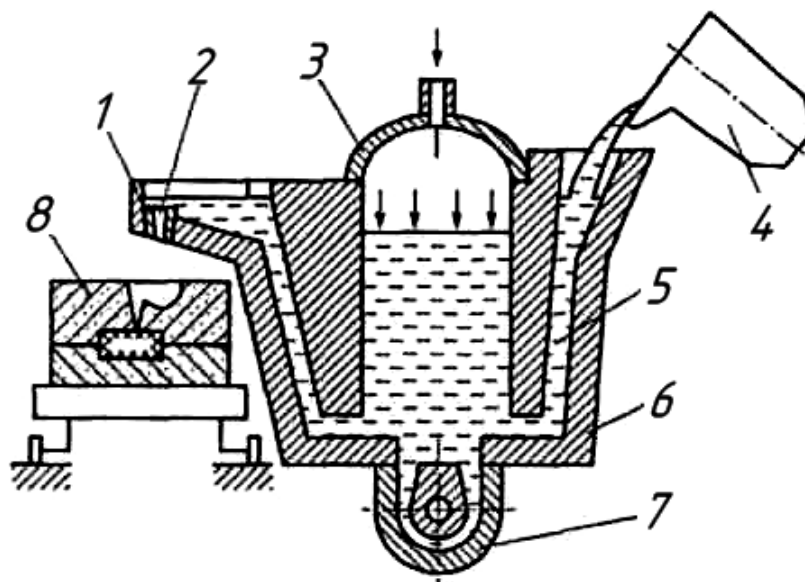


Рис. 10.3 Схема заливочной установки модели «Пресспоур»: 1 — калиброванное отверстие в керамической втулке; 2 — канал выдачи металла; 3 — крышка раздаточной печи; 4 — разливочный ковш; 5 — канал подачи металла в миксер; 6 — раздаточная печь; 7 — индуктор; 8 — литейная форма; прямые стрелки — избыточное давление воздуха над зеркалом металла

Заливочное устройство установлено стационарно и представляет собой раздаточную печь 6 с подогревом металла индуктором 7. Раздаточная печь имеет приемный канал 5, по которому жидкий металл по мере необходимости подается в раздаточную печь из разливочного ковша 4. Зеркало металла в печи поддерживается на уровне, при котором металл не выливается из отверстия. При заливке калиброванное отверстие 1 носка заливочного устройства совпадает с воронкой (чашей) литейной формы 8, в пространстве печи создается давление над зеркалом металла. Путем подачи воздуха (или инертного газа) через трубу в крышке 3 уровень металла в канале 2 поднимается и производится заливка. В конце заливки давление воздуха снимается и заливка прекращается. Заливка может производиться в автоматическом режиме по программе или с управлением оператором.

На рис. 10.4 показана заливочная установка «Поуромат», которая также используется на АФЛ с циклической работой конвейера. Заливочное устройство расположено стационарно над готовыми для заливки безопочными формами с вертикальной плоскостью разъема и представляет собой раздаточную печь 4 с подогревом металла индуктором 6. Металл периодически подается в раздаточную печь через приемное окно 2, далее для раздачи металла необходимо поднять стопор 1 с помощью подъемного устройства 9.

При этом металл через керамическую втулку 8 поступает в воронку (чашу) литейной формы 7. По окончании заливки стопор опускают, перекрывая выпускное отверстие раздаточной печи.

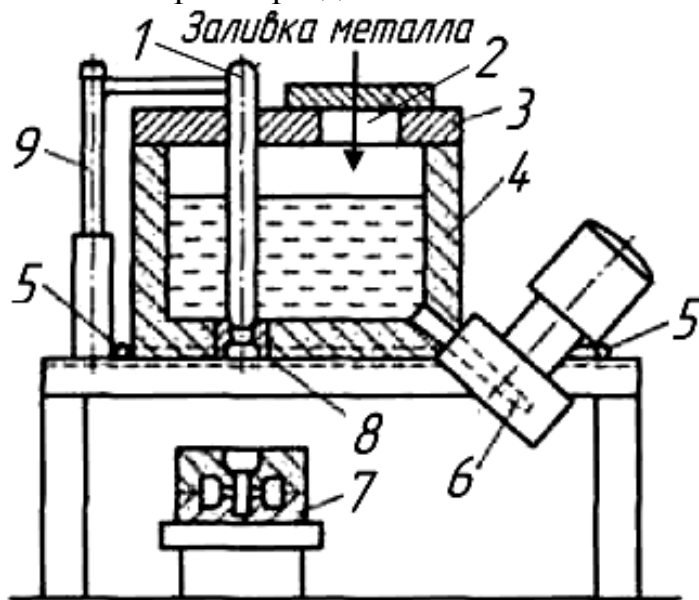


Рис. 10.4. Схема заливочной установки «Поуромат»: 1 — стопор; 2 — окно для заливки жидкого металла; 3 — крышка печи; 4 — раздаточная печь; 5 — тележка для перемещения ЗУ перпендикулярно литейному конвейеру; 6 — индуктор; 7 — литейная форма; 8 — керамическая втулка; 9 — механизм открывания стопора

Фирмой «Роберте Корпорейшен» разработана конструкция автоматизированного заливочного устройства (АЗУ) «Ротопоур-2»

Конструктивная особенность АЗУ «Ротопоур-2» заключается в том, что тележки с ковшами установлены на колее специальной горизонтально замкнутой трассы, одна ветвь которой параллельна ветви литейного конвейера АФЛ (рис. 10.5).

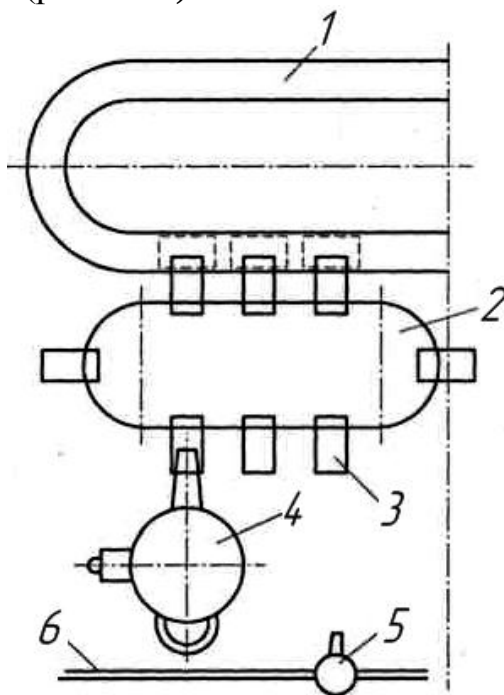


Рис. 10.5. Схема автоматизированного заливочного устройства «Ротопоур-2»: 1 – литейный конвейер; 2 – горизонтально-замкнутая трасса заливочного устройства; 3 – заливочный ковш; 4 – миксер-дозатор; 5 – раздаточный ковш; 6 – монорельс

Литейный конвейер 1 может работать в пульсирующем и непрерывном режиме. Формы могут быть одинаковыми и разными по металлоемкости, в зависимости от номенклатуры отливок и их массы. Число тележек для разливочных ковшей на горизонтально замкнутой трассе 2 может меняться в зависимости от требований и производительности АФЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1977. – 510 с.
- 2 Берг П. П. Формовочные материалы. – М.: Машгиз, 1963. – 407 с.
- 3 Валисовский И. В., Медведев Я. И. Технологические испытания формовочных материалов. – М.: Машиностроение, 1963. – 223 с.
- 4 Медведев Я. И. Газы в литейной форме. – 1965. – 240 с.
- 5 Василевский П. Ф. Технология стального литья. – М.: Машиностроение, 1974. – 408 с.
- 6 Чернов Ю. И., Кизилов А. И. Справочник по литейной оснастке. – М.: Машиностроение, 1961. – 408 с.
- 7 Воздвиженский В. М., Жуков А. А., Бастратов В. К. Контроль качества отливок: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1990. – 240 с.
- 8 Галдин Н. М., Чистяков В. В., Шатульский А. А. Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок. – М.: Машиностроение, 1992. – 256 с.
- 9 Гуляев Б. Б. Литейные процессы. – М.: Машиностроение, 1960. – 264 с.
- 10 Допуски и посадки: Справочник: В 2-х т. / Мягков В. Д., Палей М. Л., Романов А. Б., Брагинский В. А. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 300 с.
- 11 Сергеевичев Н. Ф. Модельное производство, – М.: Машиностроение, 1962. – 160 с.
- 12 Ложичевский А. С. Литейные металлические модели. – М.: Машиностроение, 1973. – 347 с.
- 13 Дубицкий Г. М. Литниковые системы. – М.; Свердловск: Машгиз, 1962. – 256 с.
- 14 Пржибыл Й. Теория литейных процессов. Пер. с чешск. – М.: Мир, 1967. – 328 с.
- 15 Рубцов Н. Н. История литейного производства в СССР. – М.: Машгиз, 1962. – 350 с.
- 16 Справочник литейщика. Чугунное литье. / Под ред. Рубцова Н. Н. – М.: Машиностроение, 1961. – 776 с.
- 17 Справочник литейщика. Фасонное, стальное литье. / Под ред. Рубцова Н. Н. – М.: Машиностроение, 1962. – 612 с.
- 18 Справочник литейщика. Общие сведения по литью. / Под ред. Рубцова Н. Н. – М.: Машиностроение, 1962. – 524 с.
- 19 Тодоров Р. П., Пешеев П. Ц. Дефекты в отливках из черных сплавов. Пер. с болгар – М.: Машиностроение, 1984. – 184 с.

- 20 Технология литейного производства. Учебник. /Под ред. Трухова А. П. М.: АСFDЕМА, 2005. – 528 с.
- 21 Литейные дефекты и способы их устранения. Под ред. Лакедемского А. В. – М.: Машиностроение, 1972. – 152 с.
- 22 Бутаков Д. К. Технологические основы повышения качества легированной стали для отливок. – М.: Машиностроение, 1963. – 192 с.
- 23 Арсов Я. Б. Стальные отливки. Пер. с болгар – М.: Машиностроение, 1977. – 176 с.
- 24 Волынский А. Я. Литейные формы и их сборка – М.: Машиностроение, 1967. – 294 с
- 25 Рихтер Р. Конструирование технологичных отливок. Пер. с немецкого. – М.: Машиностроение, 1968. – 256 с.
- 26 Анисимов Н. Ф., Благоев Б. Н. Проектирование литых деталей. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.
- 27 Груздев А. Н. Механизированное изготовление стержней для литейных форм. – М.: Машиностроение, 1967. – 294 с.
- 28 Рыжиков А. А. Технологические основы литейного производства. – М.: Машиностроение, 1967. – 528 с.
- 29 Иванов В.Н. Словарь–справочник по литейному производству – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.
- 30 Фомченко С. И., Балакин И. Я., Докторович А. С., Костров Л. Н. Очистка отливок. – М.: Машиностроение, 1969. – 264 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

КНИГА 1

Предисловие.....	3
Глава 1. Технологический процесс изготовления отливок в песчано-глинистых формах.....	4
Глава 2. Технологичность литых деталей. Возможности их изготовления.....	8
2.1. Сплав.....	8
2.2. Минимальная толщина стенки.....	9
2.3. Радиусы переходов и сопряжений стенок литых изделий.....	10
2.4. Литейные радиусы.....	13
2.5. Формовочные (литейные) уклоны.....	15
2.6. Минимальный диаметр литого отверстия.....	22
2.7. Оценка конструкционной технологичности литых деталей.....	24
2.7.1. Анализ технологичности с учетом возможных способов формообразования отливок.....	26
2.8. Точность отливки.....	39
2.9. Шероховатость поверхности отливок.....	39
2.10. Герметичность отливок.....	40
Глава 3. Модельно-стержневая оснастка и опоки и прочий инструмент и приспособления.....	41
3.1. Модельно-стержневая оснастка.....	41
3.1.1. Деревянные модели и стержневые ящики.....	43
3.1.2. Металлические модели, модельные плиты и стержневые ящики.....	46
3.1.3. Стержневые ящики.....	55

3.1.4. Опоки.....	63
3.1.5. Прочий инструмент и приспособления.....	71
Глава 4. Формовочные материалы и смеси.....	79
4.1. Требования, предъявляемые к формовочным смесям. и формам.....	79
4.2. Технологические свойства смесей.....	81
4.3. Формовочные пески.....	103
4.3.1. Кварцевые пески.....	103
4.3.2. Классификация песков по ГОСТ 2138.....	104
4.3.3. Определение содержания глинистых составляющих.....	106
4.3.4. Определение среднего размера зерна и коэффициента однородности (ГОСТ 29234.3 – 91).....	108
4.3.5. Область применения кварцевых песков.....	111
4.3.6. Некварцевые пески.....	111
4.4. Формовочные глины и песчано-глинистые смеси.....	115
4.4.1. Классификация глин.....	116
4.4.2. Активация глин.....	124
4.4.3. Способы введения глин в формовочную смесь	125
4.4.4. Специальные добавки в песчано-глинистые смеси.....	126
4.4.5. Песчано-глинистые смеси.....	126
4.5. Неглинистые связующие материалы и песчаные смеси с ними.....	138
4.5.1. Песчаные смеси с неорганическими связующими материалами.....	138
4.5.2. Песчаные смеси на органических связующих.....	143
4.6. Противопригарные добавки и покрытия литейных форм.....	156

4.7. Регенерация песков.....	161
Глава 5. Методы упрочнения литейных форм и стержней.....	166
5.1. Механические способы уплотнения.....	166
5.1.1. Прессование.....	167
5.1.2. Уплотнение встряхиванием.....	175
5.1.3. Уплотнение с помощью пескомета.....	178
5.1.4. Уплотнение пескодувным и пескострельным методами.....	180
5.1.5. Импульсное уплотнение.....	184
5.1.6. Прессово-ударное уплотнение.....	186
5.1.7. Уплотнение форм из самотвердеющих смесей	187
5.2. Тепловые способы упрочнения.....	187
5.2.1. Сушка форм и стержней горячими газами.....	189
5.2.2. Сушка инфракрасным излучением.....	191
5.3. Химические способы упрочнения.....	192
5.4. Физические способы упрочнения.....	193
5.4.1. Вакуумно-пленочный способ изготовления формы.....	193
5.4.2. Литье по газифицируемым моделям.....	196
Глава 6. Технология ручной формовки.....	198
6.1. Формовочный инструмент.....	199
6.2. Формовка в опоках по разъемной модели.....	204
6.3. Формовка в двух опоках с подрезкой.....	205
6.4. Формовка по модели с отъемными частями.....	207
6.5. Формовка с перекидным болваном.....	208
6.6. Формовка с подъемным болваном.....	209
6.7. Формовка с фальшивой опокой.....	210
6.8. Формовка в трех опоках.....	211

6.9	Формовка по шаблону.....	212
6.9.1.	Формовка протяжными шаблонами.....	212
6.9.2.	Формовка вращающимся шаблоном.....	214
6.10.	Формовка в стержнях.....	216
6.11.	Формовка по скелетным моделям.....	218
6.12.	Формовка в почве (кессонах).....	219
6.12.1.	Формовка в мягкой постели.....	219
6.12.2.	Формовка в твердой постели.....	224
6.13.	Производство крупных стальных и чугунных отливок.....	226
6.13.1.	Совершенствование технологических процессов изготовления крупных литейных форм.....	227
6.13.2.	Конструкция литейных кессонов.....	230
6.13.3.	Формовка в литейных кессонах.....	232
6.13.4.	Применение формовки в жакетах и в механизированных кессонах.....	239
6.14.	Крепление элементов формы.....	244
6.15.	Уход за крупной формой.....	258
Глава 7.	Технология машинной формовки.....	261
7.1.	Опочная формовка.....	262
7.2.	Бсзопочная формовка.....	265
7.3.	Автоматизированная опочная и бсзопочная формовка.....	267
7.4.	Протяжка моделей и стержневых ящиков	272
7.4.1.	Анализ усилий, действующих на формы при протяжке моделей.....	272
7.4.2.	Конструктивные решения, обеспечивающие качественную протяжку моделей.....	274
Глава 8.	Изготовление стержней.....	278

8.1. Классификация и конструктивные особенности литейных стержней.....	278
8.1.1. Виды стержней.....	278
8.1.2. Требования, предъявляемые к стержням.....	281
8.1.3. Знаки стержней, методы крепления стержней в форме.....	283
8.1.4. Арматура для стержней.....	286
8.1.5. Вентиляция стержней.....	289
8.2. Ручное изготовление стержней с конвективной сушкой.....	291
8.2.1. Изготовление стержней по ящикам.....	292
8.2.2. Изготовление крупных стержней.....	295
8.3. Машинное изготовление стержней с конвективной сушкой.....	301
8.3.1. Изготовление стержней на мундштучных машинах.....	301
8.3.2. Пескометное уплотнение стержней.....	302
8.3.3. Уплотнение стержней на встряхивающих формовочных машинах.....	302
8.3.4. Уплотнение стержней прессованием.....	303
8.3.5. Пневматическое уплотнение стержней.....	303
8.4. Технология изготовления стержней по горячей оснастке.....	307
8.4.1. Бункерный способ изготовления оболочковых стержней.....	309
8.4.2. Пескодувный способ изготовления оболочковых стержней путем надува смеси.....	310
8.4.3. Центробежный способ изготовления оболочковых стержней.....	311
8.4.4. Кронинг-процесс.....	312
8.5 Изготовление стержней по холодной оснастке.....	313

8.5.1. Выбор способов изготовления и характеристика процессов отверждения стержней из холоднотвердеющих смесей.....	315
8.6. Сборка, контроль и хранение стержней.....	321
Глава 9. Сборка форм.....	322
9.1. Подготовка к сборке.....	322
9.2. Установка стержней в форму.....	325
9.3. Закрепление стержней в форме.....	334
9.4. Вывод газов из собранной формы.....	340
9.5. Проверка точности собираемой формы.....	348
9.6. Заделка весок и зазоров.....	356
9.7. Использование жеребеек.....	359
9.8. Спаривание полуформ.....	360
9.9. Подготовка собранной формы к заливке.....	364
9.10. Особенности сборки первой опытной формы.....	370
9.11. Сборка форм сложных отливок в условиях массового производства.....	373
9.12. Выбор способов изготовления литейных форм.....	377
Глава 10. Заливка форм.....	382
10.1. Разливочные ковши.....	384
10.1.1. Расчет емкости ковша.....	388
10.1.2. Расчет числа ковшей или заливочных устройств.....	388
10.2. Автоматизация заливки.....	389
Список литературы.....	393

КНИГА 2

Глава 11 Литниковые системы.....	3
----------------------------------	---

11.1. Конструкции литниковых систем.....	3
11.2. Определение размеров литниковых систем.....	15
11.2.1. Схемы устройств литниковых систем для разных сплавов.....	15
11.2.1.1. Схемы литниковых устройств для чугунных отливок.....	15
11.2.1.2 Схемы литниковых устройств для стальных отливок.....	19
11.2.1.3. Схемы литниковых устройств для отливок из цветных сплавов.....	22
11.2.2. Определение площади узкого сечения литниковой системы.....	30
11.2.3. Определение размеров центробежного шлакоуловителя.....	34
11.2.4. Определение площади сечения, размеров и объема реакционных камер.....	35
11.2.5. Определение размеров фильтровальной сетки.....	37
Глава 12. Получение плотных отливок.....	38
12.1. Наружные холодильники.....	40
12.2. Внутренние холодильники.....	43
12.3. Технологический напуск.....	45
12.4. Конструкции прибылей.....	48
12.5. Расчет прибылей.....	59
12.5.1. Определение тепловых узлов.....	59
12.5.2. Определение числа прибылей.....	60
12.5.3. Расчет массы (объема) и размеров прибылей для отливок, изготавливаемых в песчано-глинистых формах.....	62
12.5.4. Расчет холодильников.....	66

Глава 13 Выбивка отливок из форм и способы их очистки	
от формовочной смеси и пригара.....	68
13.1. Охлаждение отливок в форме.....	68
13.1.1. Определение температуры и времени выбивки отливок	
и времени их охлаждения после выбивки.....	69
13.2. Этапы выбивки отливок из форм.....	73
13.2.1. Вибрационная выбивка.....	73
13.2.2. Инерционная выбивка.....	74
13.2.3. Выбивка методом прошивания.....	75
13.2.4. Разделение смеси и отливок.....	77
13.3. Удаление стержней из отливок.....	79
13.3.1. Пневматическая вибрационная удаление стержней.....	79
13.3.2. Водоструйная очистка.....	79
13.3.3. Электрогидравлическая выбивка стержней.....	83
13.3.4 Удаление каркасов стержней.....	85
13.4. Методы отделения литниковых систем от отливок	85
13.5. Очистка отливок от пригара и мелких заливов.....	86
13.5.1. Классификация и выбор способа очистки отливок.....	86
13.5.2. Очистка отливок в галтовочных барабанах.....	95
13.5.3. Вибрационная очистка.....	98
13.5.3.1. Выбор наполнителя.....	105
13.5.3.2. Виброгидроабразивная очистка.....	109
13.5.3.3. Конструкции вибрационных установок.....	110
13.5.4. Гидроабразивная очистка.....	114
13.5.4.1. Режимы и основные параметры гидроабразивной очистки..	116
13.5.4.2. Установки для гидроабразивной очистки.....	118
13.5.5. Очистка отливок дробью.....	123

13.5.5.1. Дробеструйная очистка отливок.....	123
13.5.5.2. Дробеметная очистка отливок.....	126
13.5.5.3. Дробь для очистки отливок.....	128
13.5.5.4. Установки для очистки дробью.....	129
13.5.5.4.1. Дробеструйные установки.....	129
13.5.5.4.2. Дробеметные установки.....	131
13.5.6. Огневая очистка.....	138
13.5.6.1. Газокислородная резка.....	138
13.5.6.2. Газопламенная очистка и обрубка.....	142
13.5.6.3. Кислородно-флюсовая очистка и резка.....	144
13.5.6.4. Газоэлектрическая очистка и резка.....	149
13.5.7. Очистка отливок кругами.....	156
13.5.7.1. Очистка абразивными кругами.....	156
13.5.7.2. Очистка металлическими кругами.....	158
13.5.7.3. Оборудование для очистки отливок круга.....	160
13.5.8. Очистка отливок электрическими способами.....	162
13.5.8.1. Электроконтактная очистка.....	163
13.5.8.2. Электрохимическая очистка.....	165
Глава 14. Особенности взаимодействия отливки и формы.....	171
14.1. Давление металла на форму и стержни.....	171
14.2. Подутие отливок.....	173
14.3. Образование газовых раковин в отливках.....	175
14.4. Нагрев поверхностных слоев формы и связанные с этим явления.....	181
14.4.1. Ужимины.....	182
14.4.2. Засоры.....	186
14.4.3. Основные условия борьбы с ужимами и засорами.....	187

14.5. Пригар на поверхности отливок.....	188
14.5.1. Химический пригар.....	189
14.5.2. Механический пригар.....	195
14.5.3. Спекание смесей.....	198
14.6. Способы уменьшения пригара в отливках.....	200
Глава 15. Напряжения в отливках и их последствия.....	211
15.1. Классификация литейных напряжений.....	211
15.2. Классификация конструкций отливок по напряжениям.....	213
15.2.1 Влияние нежесткости конструкции на термические напряжения.....	214
15.3. Горячие трещины в отливках.....	216
15.4. Холодные трещины и деформации в отливках	221
15.4.1. Механизм литейных напряжений.....	221
15.4.1.1. Остаточные термические напряжения.....	222
15.4.1.2. Временные термические напряжения.....	228
15.4.1.3. Фазовые напряжения.....	229
15.4.2. Влияние размеров и формы отливки на величину напряжений.....	233
15.4.2.1. Напряжения при термической обработке отливок.....	233
15.4.2.2. Отжиг для уменьшения напряжений.....	235
15.4.3. Меры предупреждения растрескивания отливок.....	235
15.4.3.1. Испытания на литейные напряжения.....	236
Глава 16. Формирование точности отливок.....	238
16.1. Основные понятия и терминология.....	238
16.2. Точность размеров.....	240
16.2.1. Особенности формирования точности размеров.....	240

16.2.2. Анализ факторов, влияющих на точность размеров.....	242
16.3. Точность формы и расположения элементов.....	254
16.4. Шероховатость и неровность поверхностей отливок.....	258
16.4.1. Шероховатость поверхностей отливок.....	258
16.4.2. Неровность поверхностей отливок.....	258
16.5. Точность массы отливок.....	259
16.6. Припуски на механическую обработку.....	260
16.6.1. Исходный литейный припуск.....	261
16.6.2. Параметр геометрической точности.....	263
16.6.3. Определение общего припуска.....	264
16.7. Пути повышения точности отливок.....	266
16.7.1. Стабилизация технологических параметров.....	266
16.7.2. Повышение геометрической точности отливок.....	268
16.7.3. Использование асимметричных допусков в размерах отливок.....	270
16.7.4. Уменьшение систематических погрешностей.....	270
Глава 17 Литейные дефекты в отливках из железоуглеродистых сплавов.....	272
17.1. Классификация литейных дефектов.....	273
17.1.1. Первая группа дефектов – несоответствие по геометрии.....	273
17.1.2. Вторая группа дефектов – дефекты поверхности.....	289
17.1.3. Третья группа дефектов – несплошности в теле отливки.....	302
17.1.4. Четвертая группа дефектов – включения.....	384
17.1.5. Пятая группа дефектов – несоответствие по структуре.....	390

Глава 18 Контроль и аттестация точности отливок.....	396
18.1. Контроль точности.....	396
18.1.1. Методы и средства контроля.....	397
18.1.2. Определение объемов партии для проведения контроля точности размеров.....	400
18.1.3. Пример проведения контроля.....	401
18.1.4. Аттестация точности отливок.....	402
18.1.5. Аттестация и определение фактического класса точности размеров.....	402
18.1.6. Корректировка модельно-стержневой оснастки.....	403
18.2. Контроль чистоты поверхности.....	404
18.3. Контроль химического состава.....	406
18.3.1. Термографический контроль углеродного эквивалента.....	406
18.3.2. Спектральный контроль.....	408
18.4. Контроль герметичности.....	409
18.5. Контроль температуры.....	410
Глава 19 Проектирование технологического процесса изготовления отливок.....	414
19.1. Разработка чертежа отливки.....	416
19.1.1. Выбор баз механической обработки.....	416
19.1.2. Определение допусков и припусков на механическую обработку.....	418
19.2. Проектирование технологии литейной формы.....	424
19.2.1. Рекомендации по выбору положения отливки в форме и плоскости разъема.....	424

19.2.2. Формирование внешних и внутренних поверхностей отливок.....	428
19.3. Конструирование знаков стержней.....	430
19.3.1. Конструирование знаков стержней для опочной формовки.....	430
19.4. Определение габаритов опок	436
19.5. Примеры разработки технологического процесса.....	437
19.6. Проектирования технологического процесса автоматизированного производства отливок.....	441
Список литературы.....	457

Учебное издание

МОЖАРИН Владимир Павлович

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Учебное пособие

Научный редактор
кандидат технических наук, доцент
А.М. Апасов

Редактор *Л.А. Холопова*
Компьютерная верстка и дизайн обложки
В.П. Можарин

Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета

Подписано к печати 31.05.2011. Формат 60х84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 23,72. Уч.-изд. л. 21,46.
Заказ 783-11. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru