

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА»

**А.В. БАЛЯКИН, Р.А. ВДОВИН**

# **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОГНЕУПОРНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ ПРИ ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» в качестве лабораторной работы для студентов, обучающихся по программам высшего образования укрупненных групп специальностей и направлений: 24.03.05, 24.05.02, 15.03.01, 15.03.04, 15.03.05.

С А М А Р А  
Издательство Самарского университета  
2017

УДК: 621.74.04

ББК: 34.61

С 467

Авторы: А. В. Балякин, Р. А. Вдовин

Рецензенты:

Балякин А.В.

С 467 Изготовление огнеупорных керамических оболочковых форм при литье по выплавляемым моделям / А. В. Балякин, Р. А. Вдовин. – Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2017. - 44 с.

В лабораторном практикуме изучаются основные принципы изготовления и нанесения на модельные блоки формовочной смеси для литья по выплавляемым моделям, представляющую собой суспензию, состоящую из жидкой фазы – связующего, и твердой фазы – огнеупорного материала с определенной величиной зерна. В рамках данной работы изучаются основные свойства керамических форм: огнеупорность, зольность, тепловое расширение и химическая инертность к заливаемому металлу. С помощью воздушно-тепловой сушики 2155А и муфельной печи изучается технология послойного изготовления оболочковой формы.

Лабораторный практикум предназначен для студентов, обучающихся по направлению 24.03.05, 24.05.02, 15.03.01, 15.03.04, 15.03.05 и др., изучающих дисциплины «Компьютерные интегрированные заготовительные производства», «Автоматизированная разработка заготовительных технологических процессов», «Моделирование процессов литья, горячей и листовой штамповки», «Процессы и операции формообразования».

Лабораторный практикум подготовлен на кафедре технологий производства двигателей.

УДК: 621.74.04

ББК: 34.61

ISBN

© Самарский университет, 2017

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 .....	6
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ.....	6
2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	6
3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ .....	7
И МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РАБОТЕ .....	7
4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК ..	7
4.1. Задачи проектирования технологического процесса. ....	8
4.2. Оценка технологичности литой детали. ....	9
4.3. Выбор способа изготовления форм. ....	11
5. Основные вопросы разработки технологического процесса.....	11
5.1. Положение формы при заливке. ....	11
5.2. Положение моделей при формовке. ....	12
5.3. Назначение припусков на механическую обработку отливок. ....	13
5.4. Изготовление отливок в песчаных формах. ....	15
5.5. Формовочные материалы. ....	18
5.6. Изготовление форм по постоянным моделям.....	30
5.7. Формовка в двух опоках по разъемной модели.....	30
5.8. Формовка по цельной модели в двух опоках.....	32
5.9. Формовка с подрезкой. ....	34
5.10. Формовка по модели с отъемными частями. ....	35
6. Порядок проведения работы.....	41
Контрольные вопросы.....	43
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	44

## ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство является одной из важнейших отраслей машиностроения. В различных конструкциях современных машин и приборов около 60-80 % по массе деталей представляют собой отливки из стали, чугуна, медных, алюминиевых, магниевых и других сплавов. Особенно большое место занимают отливки в конструкциях металлургического оборудования, турбин, кузнечно-прессовых машин, металлорежущих станков. В такой отрасли, как машиностроение, литые детали составляют до 90 % общей массы заготовок.

Широкому распространению литейное производство обязано своими преимуществами по сравнению с другими способами изготовления заготовок. С помощью различных методов литья можно из любых металлов и их сплавов получать изделия сложной конфигурации, большинство из которых невозможно получить, например штамповкой, ковкой или механической обработкой.

Масса отливок может изменяться в значительных пределах - от нескольких граммов до десятков и даже сотен тонн. Стоимость литой заготовки или детали, как правило, меньше, чем изготовленной другими методами. Отливка может представлять собой или вполне законченную деталь, или заготовку, подвергаемую затем механической обработке.

Коэффициент использования металла при изготовлении литых заготовок приблизительно в два раза выше, чем при производстве их из проката или поковок.

Следует отметить, что отливки могут быть получены с минимальными припусками на обработку. А это означает снижение себестоимости изделия за счет сокращения затрат на обработку резанием и уменьшения расхода металла.

В результате технического прогресса в литейном производстве решены задачи получения отливок из новых труднообрабатываемых

сплавов, необходимых для таких отраслей, как ракетостроение, радиоэлектроника, приборостроение, атомная энергетика и др.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**

## **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОГНЕУПОРНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ ПРИ ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

### **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

Цель работы – изучение технологии изготовления разовых огнеупорных форм и получение практических навыков расчета оптимальных режимов изготовления форм.

Задачи:

- ознакомиться с теоретическими положениями изготовления оболочковых форм;
- ознакомиться с методикой проведения лабораторной работы;
- выполнить лабораторную работу и произвести оценку результатов.

### **2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторной работы.

2. Изучить методические указания по выполнению данной лабораторной работы.

3. Ознакомиться с теоретическими сведениями по изготовлению оболочковых керамических форм.

4. Ознакомиться с методикой и программой проведения лабораторной работы.

5. Определить оптимальные условия изготовления керамической оболочковой формы.

6. Провести изготовление оболочковой формы.

7. Оформить отчет по работе.

### **3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ И МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РАБОТЕ**

Установка для изготовления керамических форм, установка воздушно-тепловой сушки 2155А, набор моделей (разъемных и неразъемных, в том числе с отъемными частями), опоки, подмодельные и подопочные плиты, модели элементов литниковых систем; комплекты формовочных инструментов, включающие сито, лопатку или совок, трамбовку, деревянный молоток, крюк-подъемник для извлечения моделей и отъемных частей, ланцет, гладилку, ложечку и крючок для отделки и ремонта полуформ и стержней, вентиляционную иглу; твердомер, плавильная печь, литейные ковши, набор плавильных инструментов, шихтовые материалы для плавки чугуна или алюминиевых сплавов, единая формовочная смесь или облицовочная и наполнительная смеси, противопригарное покрытие, керосин или смесь 50% керосина и 50% мазута для протирки моделей, сухой кварцевый песок или серебристый графит для присыпки поверхности разъема полуформ; штангенциркуль, гладкие микрометры и индикаторный нутромер для измерения диаметров заготовки и линейных размеров;

### **4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК**

Литые заготовки являются наиболее дешевыми, имеющими минимальный припуск на механическую обработку. Эффективность литейного производства может характеризовать коэффициент использования металла (КИМ) - отношение масс детали и заготовки.

Ориентировочные значения КИМ различных заготовок соответствуют:

- литье в песчаные формы 0,70;
- литье под давлением 0,95;
- штамповка 0,40;

– ковка свободная 0,30.

Общая схема технологического процесса изготовления отливки представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема технологического процесса изготовления отливки.

#### 4.1. Задачи проектирования технологического процесса

Основной задачей при проектировании литейной технологии является выбор наиболее рациональных методов изготовления отливок, которые должны обеспечить высокое качество отливок при наименьшей их стоимости.

Технологическим процессом изготовления отливок называется совокупность и определенная последовательность всех операций, необходимых для изготовления изделий.

Разработка технологического процесса изготовления формы для получения той или иной отливки требует следующих исходных документов:

- чертежа детали, технических условий на литую заготовку детали (отливку),
- характеристики качества и условий работы,
- указания объема выпускаемых деталей (отливок),
- руководящих материалов по разработке технологических процессов.

Разработка технологического процесса изготовления отливок включает следующие этапы:

- оценка технологичности литых деталей;
- разработка технологического процесса: выбор способа изготовления форм, определение положения отливки в литейной форме, выбор поверхности разъема формы, выбор вида формовки;
- получение отливок требуемых размеров и форм: определение припусков на усадку, определение припусков на механическую обработку и допускаемые отклонения по размерам отливки, определение формовочных (литейных) уклонов;
- определение конструкции и размеров стержней;
- конструирование и расчет литниковой системы;
- определение размеров и формы прибылей;
- определение размеров опок;
- оформление и порядок разработки технологического процесса.

#### **4.2. Оценка технологичности литой детали**

Изучая чертеж, технолог определяет соответствие детали литейным требованиям и при необходимости вносит предложения по изменению ее конструкции.

При оценке технологичности конструкции учитывают в первую очередь литейные свойства сплава - усадку и жидкотекучесть, влияющие на заполнение формы, образование внутренних напряжений, усадочных раковин, а также правильность выполнения конструктивных элементов детали.

Толщина стенок отливки влияет на условия заполнения формы, прочность и образование напряжений в отливках. Толщина стенок зависит от марки сплава и габаритных размеров отливки. Чем больше габаритные размеры отливки и меньше жидкотекучесть сплава, тем толще должна быть стенка. Наименьшая толщина стенок отливок из СЧ 20 принимается для небольших отливок 4-6 мм, средних 6-8 мм, крупных 12-15 мм, а для стальных отливок соответственно 6-8, 8-10 и 15-20 мм.

Переходы сечений от тонких стенок к массивным должны быть плавными. Если одно сечение более чем в два раза превышает другое, то переход делают клинообразно - постепенно изменяя сечение на расстоянии, равном четырем средним сечениям.

Угловые соединения стенок выполняют с закруглениями. Внешний радиус принимают равным толщине большей стенки, а внутренний (галтель) -  $1/3$  полусуммы толщины соединяемых стенок. Если соотношение сечений более  $2 : 1$ , то и в этом случае необходим плавный - клинообразный переход.

Формовочные уклоны обязательно выполняются на всех поверхностях, перпендикулярных плоскости разъема.

Пересечение ребер должно быть рассредоточено и не должно создавать скопления металла, вызывающих при затвердевании отливки усадочные дефекты и большие внутренние напряжения.

Окна в отливке должны быть достаточных размеров и в необходимом количестве для устойчивого крепления стержней, вывода из них газов, удаления каркасов и очистки внутренних полостей.

Отверстия в отливке могут быть необрабатываемыми - черновыми и обрабатываемыми механически. Минимальные размеры черновых отверстий при литье в песчаные формы не должны быть меньше толщины стенки. Обрабатываемые отверстия нежелательны менее 20 мм в массовом производстве, 30 мм в серийном и 50 мм в единичном.

Конфигурация деталей должна способствовать получению отливки с минимальным количеством стержней, упрощать процессы формовки, сборки форм и очистки отливок и др.

### **4.3. Выбор способа изготовления форм**

Способ изготовления форм выбирают в зависимости от условий работы в данном литейном цехе, а именно: от конструкции и размеров формовочных машин, наличия пескометов, грузоподъемности кранов, размеров опок и т.д.

Во всех случаях предпочтительно применение сырых форм, так как при этом стоимость отливок бывает наименьшей.

Если отливки более крупные, с массивными стенками и в сырой форме их получать нельзя, наиболее целесообразно применять поверхностную сушку форм или химически твердеющие смеси. Крупные единичные отливки, получаемые в почве или кессонах, лучше полностью собирать из стержней. Это облегчает и позволяет механизировать формовку. Принятый способ изготовления форм и стержней предопределяет составы смесей и особенности выполнения операций технологического процесса.

## **5. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

### **5.1. Положение формы при заливке**

При выборе положения формы при заливке нужно исходить из того, что в нижней части отливки металл получается более плотным и

без посторонних включений, в то время как в верхней части могут концентрироваться шлаковые, песочные и газовые раковины, пористость и другие дефекты. Вследствие этого рекомендуется располагать в нижней части формы наиболее ответственные поверхности отливок, подвергающиеся в дальнейшем механической обработке. Если отливка обрабатывается со всех сторон, желательно, чтобы в нижней части формы располагалась большая часть обрабатываемых поверхностей.

Отливки - тела вращения, у которых обрабатываются и наружные, и внутренние поверхности (шпиндели, барабаны, цилиндры и т. п.), желательно заливать в вертикальном положении, при котором посторонние включения поднимаются вверх и могут быть легко удалены.

Не следует располагать сверху большие горизонтальные поверхности, так как здесь могут возникнуть различные литейные дефекты (ужимины), скапливается шлак.

Если отливки склонны к образованию усадочных раковин, используют принцип направленного затвердевания, т.е. массивные части отливок располагают сверху, питают их прибылями.

## **5.2. Положение моделей при формовке**

Для разработки технологического процесса, обеспечивающего получение качественных отливок, необходимо соблюдать следующие условия:

- положение при формовке должно совпадать с положением при заливке (если это не снизит качества отливки);
- выбранная поверхность разъема формы должна обеспечить свободное извлечение моделей из форм без применения отъемных частей, подрезки и других приемов, усложняющих процесс;

- количество стержней должно быть наименьшим, так как изготовление стержневых ящиков увеличивает стоимость модельного комплекта и изготовления формы;

- во избежание брака из-за перекоса желательно всю отливку или наиболее ответственные ее части размещать в одной (лучше нижней) полуформе;

- выбранное положение при формовке должно обеспечивать удобство установки стержней в форму, отделки и контроля формы.

Одновременное выполнение всех указанных условий бывает затруднительно. В этих случаях выполняют основные условия, обеспечивающие качество отливок, и подчиняют им все остальные.

### **5.3. Назначение припусков на механическую обработку отливок**

Величины припусков зависят от марки сплава, класса точности, наибольшего габаритного и номинального размеров отливки, а так же от положения обрабатываемой поверхности при заливке.

При назначении припусков берут наибольший габаритный и номинальный размеры детали, выбранный по ним припуск принимают для всей отливки. Наибольшие припуски назначают на верхние поверхности (в положении при заливке). На нижние и боковые поверхности припуск назначают одинаковый, но меньший, чем на верхние. Чтобы выполнить формовочный уклон на вертикальных поверхностях (в положении при формовке), припуски на эти поверхности могут быть увеличены. Допускается также увеличивать припуск против величины, указанной в ГОСТе, если это необходимо по другим технологическим соображениям для получения качественной отливки. Величина припуска назначается по ГОСТ 226645-85.

Чтобы все операции технологического процесса выполнялись правильно и в необходимой последовательности, их нужно заранее продумать и зафиксировать в специальных технологических

документах. В единичном производстве технологическим документом будут чертеж детали с указанием на нем элементов литейной формы и отливки, технологическая карта с указанием дополнительных сведений, необходимых для изготовления модельного комплекта и отливки. В серийном и массовом производстве технологическими документами являются также чертежи модельно-литейной технологической оснастки, литниковой системы, собранной формы и монтажа модельных плит.

На чертеже детали указывают положение форм при заливке и модели при формовке, величину припусков на механическую обработку, количество стержней, границы между ними, конструкцию и размеры стержневых знаков (размеры, уклоны, зазоры) и др., над основной надписью чертежа (угловым штампом) пишут «Элементы литейной формы».

В технологической карте указывают количество стержневых ящиков и стержней, материал моделей и стержневых ящиков, способ изготовления форм и стержней (ручной, машинный), размеры опок, характер форм (сырая, сухая, подсушенная), составы формовочных и стержневых смесей, а также режимы сушки форм и стержней, размеры всех элементов литниковой системы и др.

Затем по модельному комплекту, изготовленному по чертежу литейно-модельных указаний, изготавливают модель и по модели изготавливают форму, полость которой по размерам и конфигурации соответствует изготавливаемой детали. Детали и заготовки, получаемые таким способом, называются отливками.

Форма заполняется металлом через систему каналов, называемую литниковой системой. При этом наружные очертания отливки определяются полостью формы, а внутренние образуются соответствующими фасонными вставками, называемыми стержнями. Стержни могут применяться также и для формирования внешних контуров отливки.

Литейные формы изготавливаются из различных материалов и в зависимости от их свойств могут использоваться или один раз, или многократно. Формы, служащие для получения одной отливки, называются разовыми (эти формы разрушаются при извлечении из них отливки). Формы, многократно используемые для получения отливок, называются постоянными (обычно они выполняются металлическими). В литейном производстве также находят применение полупостоянные формы. Они изготавливаются из высокоогнеупорных материалов и могут использоваться несколько раз. Разовые формы изготавливаются из песчано-глинистых, песчано-смоляных и песчано-керамических смесей. Такие формы могут выполняться объемными (большой толщины) или оболочковыми (небольшой толщины). Как правило, формы из песчано-глинистых смесей делаются объемными, формы из песчано-смоляных и песчано-керамических смесей - оболочковыми.

#### **5.4. Изготовление отливок в песчаных формах**

Этот технологический процесс является наиболее распространенным и дешевым. Он состоит из нескольких этапов:

- изготовления моделей и стержневых ящиков,
- приготовления формовочных и стержневых смесей,
- изготовления форм и стержней,
- сборки форм,
- получения литейного сплава,
- заливки форм,
- выбивки отливок из форм,
- обрубки и очистки.

Песчано-глинистые формы могут изготавливаться сырыми или сухими. В последнем случае сушка форм представляет собой самостоятельную операцию и выполняется с применением специального сушильного оборудования. Для получения мелких

тонкостенных отливок применяются обычно сырые формы, а для крупных - сухие. Элементы песчаной литейной формы показаны на рисунке 2.

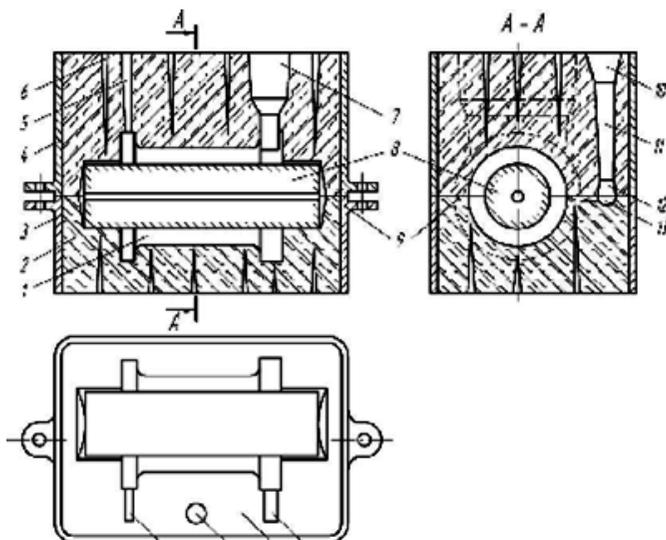


Рисунок 2 – Устройство литейной формы

Для изготовления песчаной формы необходимо иметь модельный комплект и другую литейную оснастку. Модельный комплект должен включать в себя всю оснастку для получения полости формы. Он состоит из модели отливки, стержневого ящика, моделей элементов литниковой системы, прибыли и выпора. При необходимости модельный комплект должен включать также шаблоны для контроля размеров и конфигурации формы.

Модель служит для получения отпечатка в форме 1 (рисунок 2), стержневой ящик - для изготовления стержня 8, который устанавливается в форму с целью создания полости в отливке. Кроме того, в литейной форме имеются литниковая воронка 10, стояк 11, зумпф 13, шлакоуловитель 12 и питатели 14, 15, представляющие в

совокупности литниковую систему. Литниковая система нужна для подвода жидкого металла из заливочного ковша к полости формы 1. Зумпф предохраняет нижнюю полуформу от размыва и попадания продуктов ее размыва в полость формы и в отливку. Шлакоуловитель необходим для предотвращения попадания шлака и других частиц в полость формы.

Прибылью 7 называют технологический прилив, предотвращающий образование усадочных раковин и пор в теле отливки. Через выпор 5 выходят воздух и газы, которые образуются в полости формы во время ее заливки расплавленным металлом. Газы возникают и в порах формовочной и стержневой смесей. Если их не удалять, то они могут попасть в отливку, образуя газовые раковины. Поэтому для лучшего удаления газов в верхней и нижней полуформах, а также в стержнях устраивают вентиляционные каналы 6, способствующие выходу газов.

Уплотнение формовочной смеси 2 в нижних и верхних полуформах, как правило, выполняют в опоках 3, 4, представляющих собой открытые с противоположных сторон металлические ящики. После изготовления полуформ низа и верха и стержней производят сборку форм и их заливку жидким металлом.

После затвердевания и охлаждения отливок до требуемой температуры их извлекают из формы путем разрушения последней на выбивных решетках.

Далее отливки подвергают обрубке (отделению литниковой системы, прибылей, заусенцев и др.) и очистке, затем, если необходимо - термообработке. Перед сдачей в механический цех все отливки проходят необходимый контроль. В некоторых случаях литейные дефекты могут быть устранены путем заварки, пропитки специальными составами или другими способами.

## 5.5. Формовочные материалы

Материалы, из которых изготовляют песчаные формы, называют формовочными. Основные требования, предъявляемые к формовочным материалам: огнеупорность, низкая стоимость, недефицитность, нетоксичность, долговечность. Различают исходные материалы, формовочные смеси для изготовления форм, стержневые смеси для изготовления стержней, отработанные смеси и материалы для окраски и отделки форм и стержней.

Исходными являются материалы, из которых готовят формовочные и стержневые смеси, а также материалы для окончательной отделки форм и стержней.

Материалы, используемые при разработке смесей и красок, в зависимости от выполняемых функций можно разделить на три группы: основная огнеупорная часть (наполнитель), связующие и добавки. Добавки выполняют функцию отвердителей, поверхностно-активных веществ (ПАВ), противопопригарных реагентов, а также компонентов, регулирующих некоторые важные технологические свойства: пористость, податливость, теплоаккумулирующую способность, выбиваемость, прилипаемость, текучесть и т.д.

Наполнители должны обладать относительно высокой огнеупорностью, термической стойкостью, инертностью к расплавленному металлу, механической прочностью, низким коэффициентом термического расширения, однородным зерновым составом и минимальной стоимостью. На первых этапах развития литейного производства в качестве наполнителей применялись кварцевые пески и пылевидный кварц (маршалит). В связи с ростом требований к качеству отливок стали использовать другие природные, а также искусственные материалы.

*Наполнители* формовочных смесей в первую очередь должны иметь концентрированный гранулометрический состав. Известные

наполнители по гранулометрическому составу могут быть разделены на две группы: пески (фракция до 0,1 мм) и порошки (фракция менее 0,063 мм). Пески используются при изготовлении смесей, порошки - противопригарных паст, красок и в качестве добавок.

Пески для литейного производства должны удовлетворять следующим требованиям: иметь округлую или полуокруглую форму зерен, однородный зерновой состав (80 % на трех смежных ситах), низкое содержание глинистой составляющей и низкий коэффициент термического расширения до температуры заливаемого металла.

Формовочные пески состоят из зерен кварца и глинистой составляющей (ГОСТ 2138-91). Ее количество не должно превышать 50 %. Для литейного производства формовочные пески поставляются в естественном состоянии и обогащенными.

Основу формовочного песка составляет кварц ( $\text{SiO}_2$ ), плотность которого составляет 2500-2800 кг/м<sup>3</sup>. Температура плавления кварца 1713°C. при нагревании кварц переходит в ряд кристаллических модификаций, что сопровождается изменением объема.

В инертной атмосфере кварц не смачивается жидкой сталью, и краевой угол превышает  $\pi/2$ . В окислительной атмосфере, когда поверхность стали окислена, кварц легко смачивается и смеси из кварцевого песка впитывают окислы железа, образуя легкоплавкий фаялит.

В состав кварцевого песка в виде примесей входит ряд минералов: полевые шпаты ( $\text{MeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ), слюда, например мусковит ( $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), окислы железа (гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), магний железняк ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), ильменит ( $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ), кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ), магнезит ( $\text{MgCO}_3$ ), глинистые минералы и др.

В зависимости от содержания глинистой составляющей, кремнезема и вредных примесей формовочные пески делят:

– на классы: кварцевые, с содержанием глинистой составляющей до 2 %; тощие - до 12 % и жирные - до 50 %;

– на группы по величине среднего размера зерна: мелкий - до 0,18 мм; средний - до 0,28 мм; крупный - до 0,4 мм.

*Связующие материалы* определяют прочностные характеристики смесей и красок в исходном и нагретом состояниях. В литейном производстве в качестве связующих используется большое количество материалов.

Основными характеристиками связующих являются, прочность на сжатие смеси связующего с песком в отвержденном состоянии, температура начала деструкции и количество выделяющихся при этом газов (газотворность).

Анализ существующих тенденций в отечественной и зарубежной промышленности показал, что в качестве связующего для изготовления форм целесообразно применять, прежде всего, огнеупорную глину, портландцемент, жидкое стекло, синтетические смолы; для изготовления стержней – жидкое стекло с порошкообразными и жидкими отвердителями, фенолфурановые, фенолформальдегидные, карбамидно-фурановые, а также фосфатные связующие.

*Добавки* служат для регулирования технических свойств смесей. Добавки к наполнителям используют обычно в виде тонкодисперсных материалов (порошков), увеличивающих плотность смеси. Они повышают прочность смеси за счет активации системы «наполнитель - связующее», препятствуют проникновению металла в форму как порозаполнители. Кроме того, имеется большое число добавок, например, ванадий, теллур, магний, алюминий и другие элементы, которые являются основной составляющей красок для поверхностного легирования металла.

Добавки к связующему бывают нескольких типов: отвердители, пенообразователи (поверхностно-активные вещества - ПАВ) и модификаторы.

*Отвердители* являются составной частью связующего, могут быть жидкие, твердые и газообразные. Действие твердых отвердителей основано на взаимодействии со связующим, при котором происходит связывание влаги, входящей в ее состав. Основные добавки этого типа - нефелиновый шлак, феррохромовый шлак, доменные шлаки и цементы. Интенсивность отверждения определяется коэффициентом интенсивности  $K_{и} = \text{CaO} : \text{SiO}_2$ , который должен быть не менее 1,3 и дисперсностью отвердителя. В отечественном литейном производстве феррохромовый шлак и нефелиновый шлак. Для ускорения отверждения цемента применяются соли хлора, железа и алюминаты натрия.

К жидким отвердителям (катализаторам) относятся кислоты минеральные - серная, фосфорная; органические - бензолсульфокислота, паратолуолсульфокислота, а также сложные эфиры уксусной и угольной кислот. К газообразным отвердителям относятся  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  и ряд изоцианатных соединений.

*Пенообразователи* делятся на анионоактивные, катионоактивные и неионогенные. Наиболее широко применяются ДС-РАС, контакт Петрова, КЧНР, которые являются производными сульфокислот. В качестве их стабилизатора служат мылонафт и асидолмылонафт.

Помимо рассмотренных имеется ряд специальных добавок, например, широко распространенный в зарубежной практике патентованные силаны. Они активируют связующее и повышают прочность и термостойкость.

Для улучшения выбиваемости применяются неорганические добавки, содержащие  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , и органические - мазут, кокс, опилки, сахар или его производные и т.п.

К добавкам также относятся смачиватели или растворители неорганические (вода) и органические (спирт, ацетон, керосин, бензин и др.).

Своеобразную группу добавок составляют стабилизаторы для красок: органические типа карбоксиметилцеллюлозы, поливинилацетата, метилоксипропиленцеллюлозы и неорганические типа бентона, аэрогеля.

Огромное разнообразие исходных материалов, которые могут быть использованы для формовочных и стержневых смесей, привело к настоящей необходимости создания метода, позволяющего правильно выбрать нужные для синтеза смеси и установить способы управления их структурой с целью получения заданных свойств.

Формовочные и стержневые смеси представляют собой предварительно подготовленные, взятые в определенной пропорции, равномерно перемешанные между собой исходные материалы (наполнитель, связующее, добавки).

Все свойства смесей делятся на технологические, рабочие и общие. *К технологическим свойствам* смесей относятся прочность во влажном и упрочненном состояниях, выбиваемость, осыпаемость, текучесть, живучесть и долговечность; *к рабочим* - прочность в нагретом состоянии, огнеупорность, податливость, газотворность и газопроницаемость, поверхностная прочность, склонность к пригару и теплофизические характеристики смесей. *Общие свойства* зависят от свойств исходных формовочных материалов и определяют объемную массу, пористость, зерновой, минералогический и химический составы. От комплекса свойств смесей наравне с технологическими особенностями зависит качество отливок.

Одним из наиболее распространенных способов получения отливок, является способ получения их в разовой ПГ-форме, используя при этом ручную либо машинную формовку в опоках.

В зависимости от типа производства выбирают способ формовки.

Различают следующие основные типы литейного производства: единичное, серийное и массовое (таблица. 1).

Таблица 1 – Ориентировочные данные для определения серийности производства отливок

Группа отливок по массе	Масса отливки, кг	Годовой выпуск отливок, шт., одного наименования при различных типах производства				
		единичном	мелкосерийном	серийном	крупносерийном	массовом
I (мелкие)	20	300	300-3000	3000-5000	35000-200000	200000
	20-100	150	150-200	2000-15000	15000-100000	100000
II (средние)	101-500	75	75-1000	1000-6000	6000-40000	40000
	501-1000	50	50-600	600-3000	3000-20000	20000
III (очень крупные)	1001-5000	20	20-100	100-300	300-4000	4000
VI (очень крупные)	5001-10000	10	10-50	50-150	150-1000	1000
	10000-50000	5	5-25	25-75	75	-

Единичное производство характерно выпуском в небольших количествах самых разнообразных отливок. При этом выпуск отдельных отливок может периодически повторяться. Примером единичного производства может служить выпуск отливок для ремонтных целей в литейных мастерских небольшой мощности или производство очень крупных единичных так называемых уникальных отливок массой в несколько десятков и сотен тонн (для мощных экскаваторов, корпусов крупных турбин и т.п.).

Серийное производство отличается периодическим выпуском отливок ограниченной или широкой номенклатуры значительными или небольшими партиями. Примером серийного производства является выпуск отливок для деталей различных типов металлорежущих станков в литейных цехах станкостроительных заводов. Серийное производство в машиностроении занимает среднее положение между массовым производством, к которому приближается крупносерийное, и единичным, к которому приближается мелкосерийное.

Массовое производство характерно выпуском в течение более или менее длительного времени отливок определенной номенклатуры в больших количествах. Примером массового производства может служить выпуск однообразных отливок литейными цехами автомобильных и тракторных заводов.

Тип производства оказывает большое влияние на выбор методов литья и технологию изготовления отливок, на характер применяемого оборудования и организацию труда в литейном цехе. Если единичное производство характерно применением ручного труда, частичной механизацией производственных процессов, то в серийном и особенно в массовом производствах рационально использовать технически совершенное и высокопроизводительное оборудование, специальные приспособления и аппаратуру, обеспечивающие высокую производительность и качественное выполнение операций.

Ручную формовку применяют в условиях единичного и мелкосерийного производств. Характерной особенностью ее является большое разнообразие методов и приемов формовки, позволяющих получать различные по сложности, массе и размерам отливки. Различают следующие разновидности ручной формовки:

- по количеству опоки: в одной опоке, в двух опоках, в трех опоках и более, в почве;
- по конструкции модельной оснастки: по неразъемной модели, по разъемной модели, по шаблонам, по скелетным моделям;
- по технологическим приемам: обычными приемами, с песчаным болваном, с подрезкой, с фальшивой опокой, с отъемными частями модели, с перекидным болваном, с применением стержня-лепешки, с применением отъемных кусков, формовкой в стержнях.

Наиболее распространен способ изготовления форм по неразъемным и разъемным моделям в двух опоках, который может осуществляться как вручную, так и на машинах.

При изготовлении форм и стержней применяют различные приспособления, вспомогательные устройства, инструмент, объединяемые понятием технологическая оснастка.

Опоки - жесткие рамки, ограничивающие наружные очертания формы, обеспечивающие выполнение различных технологических и транспортных операций. Опоки предохраняют литейную форму от повреждений при формовке, сборке, транспортировании и заливке.

В зависимости от размеров опоки подразделяют на ручные и крановые. Ручные опоки имеют размеры в свету до 600x400 мм, их переносят один или двое рабочих. Опоки больших размеров перемещают подъемно-транспортными средствами.

По конфигурации различают прямоугольные, квадратные и круглые опоки. Для удобства транспортирования мелкие опоки имеют ручки, а средние и крупные - цапфы.

На рисунке 3 показана крановая опока. Литые цапфы 1 служат для захвата опоки краном. Стенки опоки выполнены с наружными отбортовками 2 для увеличения жесткости, внутренняя отбортовка 3 в нижней и верхней частях опоки предупреждает выпадение смеси. Для удаления газов из формы и уменьшения массы опоки в ее стенках имеются отверстия 5. В верхней части опоки находятся ребра 4 (крестовины), создающие жесткость и одновременно удерживающие смесь. Соединение половин опок при формовке и сборке обеспечивается штырями 10, которые вставляют в отверстия специальных приливов 9. Для повышения точности сборки опок в приливы запрессованы стальные втулки 8, которые можно заменять при износе. Скобы 6 и специальные приливы 7 предупреждают подъем верхней половины опоки под действием расплава при заливке.

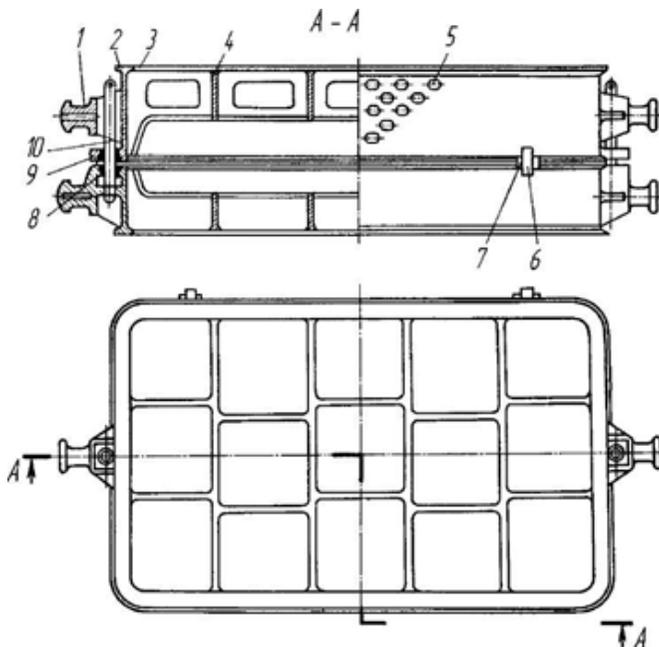


Рисунок 3 – Крановая опока

Точность конфигурации опок имеет большое значение для получения качественных отливок. Плоскости спаривания опок должны быть механически обработаны. Отверстия в приливах должны быть просверлены точно по кондуктору и перпендикулярно плоскости разъема, неправильное соединение опок по штырям приводит к искажению конфигурации отливки.

Штыри - тщательно обработанные металлические стержни, необходимые для точного соединения частей форм, изготовленных в двух или нескольких опоках. При ручной формовке и сборке применяют одни и те же штыри, свободно вставляемые в приливы опок, или закрепляют штыри в верхней опоке, используя их и для сборки. При машинной формовке штыри жестко закрепляют на модельной плите. В этом случае для соединения опок при сборке форм применяют контрольные штыри (рисунок 4).

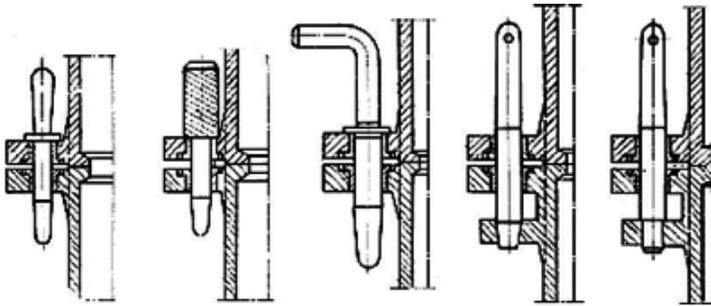


Рисунок 4 – Типы контрольных штырей

Подопочные плиты (щитки) - металлические или деревянные гладкие плиты, на которые устанавливают формы при транспортировании к месту заливки.

Стальные крючки применяют для укрепления выступающих или свисающих частей формы.

Деревянные кольца применяют для укрепления выступающих мест формы при сырой формовке или при изготовлении форм с поверхностной сушкой.

Каркасы - проволочные, литые или сварные рамки, предназначенные для армирования стержней.

Жеробейки - металлические подставки, различные по размерам, применяют для фиксации необходимого положения стержней в форме (рисунок 5).

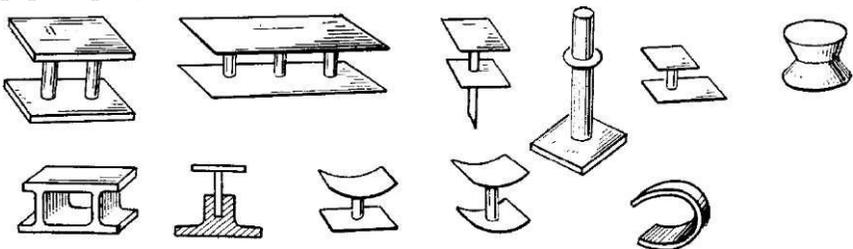


Рисунок 5 – Типы жеробеек

Жеробейки изготавливают из мягкой стали и подвергают лужению для предотвращения ржавчины.

Литейные шпильки и гвозди применяют для укрепления отдельных мест формы. Иногда их используют для повышения теплопроводности смеси и охлаждения массивных частей отливки.

Холодильники (металлические), различные по форме и размерам, служат для охлаждения массивных частей отливок. Применяют внутренние и наружные холодильники. Внутренние холодильники перед установкой в форму рекомендуется лудить (или пескоструить), наружные окрашивать и сушить.

Пульверизатор-пылесос применяют для окраски форм и стержней литейными красками, а также для отсасывания пыли и частиц смеси из собранной формы (рисунок 6, в).

Кисти 14 (рисунок 6, в) применяют для смачивания кромок формы водой при ручном удалении моделей, для окраски форм и стержней. Модели, плоскости разъема формы и другие ее части обметают с поверхности мягкими щетками-сметками.

Сушильные плиты применяют для укладки, транспортирования и сушки стержней. В зависимости от условий изготовления стержня, его конфигурации и прочности смеси в сыром состоянии применяют плоские или фасонные сушильные плиты. Для средних и крупных стержней, имеющих ровную поверхность, применяют плоские плиты, отлитые из чугуна, алюминиевых сплавов, или сварные. Для сушки мелких и средних стержней, имеющих сложную конфигурацию, применяют фасонные сушильные плиты.

Контрольные шаблоны - приспособления, служащие для проверки размеров и контроля правильности установки стержней в форму при сборке.

Кондукторы - приспособления для зачистки стержней с целью корректировки их размеров перед склеиванием (если стержень состоит из двух частей и более) или перед установкой в форму.

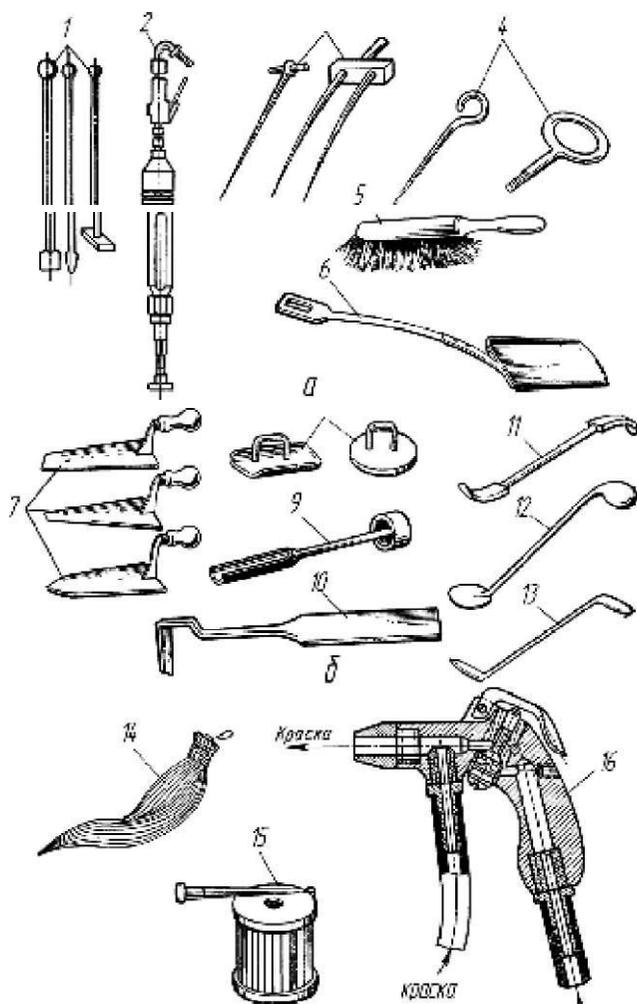


Рисунок 6 – Инструмент для изготовления (а), отделки (б) и окраски форм (в):  
 1 - ручные трамбовки; 2 - пневматическая трамбовка; 3 - иглы; 4 - подъемы; 5 - щетка;  
 6- лопата; 7 - плоские гладилки; 8 - фасонные гладилки; 9 - торцовая гладилка; 10 -  
 крючок; 11 - ползок; 12 - ложка; 13 - ланцет; 14 - кисть пеньковая; 15 -  
 пульверизатор для мелких форм; 16 - пульверизатор для крупных форм

Струбцины - винтовые зажимы для скрепления двух частей разъемного стержневого ящика.

Основные виды формовочного инструмента представлены на рисунке 6, а, б.

### **5.6. Изготовление форм по постоянным моделям**

Формовка по постоянным моделям является наиболее распространенным вариантом изготовления литейных полуформ. При этом модель может быть разъемной, неразъемной или с отъемными частями.

Разъемные модели применяют при ручной, машинной и автоматической формовке. Формовку по неразъемной постоянной модели обычно осуществляют вручную, применяя специальные приемы (с подрезкой, с фальшивой опокой и др.). При наличии у неразъемной модели плоской поверхности и возможности ее размещения в одной полуформе формовку ведут, как и по разъемной модели. В этом случае неразъемную модель можно рассматривать как одну половину разъемной модели. Для механизации процесса формовки по неразъемной постоянной модели без плоской поверхности применяют фасонные подмодельные плиты. В гнезда таких плит устанавливают неразъемную модель и утопляют ее до поверхности разъема. Формовка с отъемными частями требует их извлечения из полуформ вручную, поэтому достичь полной автоматизации всех технологических операций формовки по модели с отъемными частями не удастся.

### **5.7. Формовка в двух опоках по разъемной модели**

При формовке в двух опоках по разъемной модели (рисунок 7) на модельную плиту устанавливают нижнюю часть модели лицевой стороной вверх и на эту же плиту ставят нижнюю опоку ушками книзу. Модель, предварительно протертую керосином, припудривают

модельной пудрой и засеивают тонким слоем (15-20 мм) облицовочной смеси. Затем заполняют опоку наполнительной смесью и утрамбовывают вначале клиновой трамбовкой по углам, а затем плоской по всей поверхности. Набитую опоку накалывают душником, переворачивают на 180° и ставят на выровненную площадку на плацу.

На нижнюю половину модели по центрирующим штырям устанавливают верхнюю половину, и плоскость разъема формы посыпают сухим разделительным песком.

Затем на нижнюю опоку ставят верхнюю, припудривают модель, устанавливают модели литников и выпора и заформовывают верхнюю опоку в таком же порядке, как нижнюю. После набивки верхней опоки и накалывания в ней вентиляционных каналов удаляют из верхней опоки модель стояка и выпоров и расширяют верхнюю часть стояка в виде литниковой чаши.

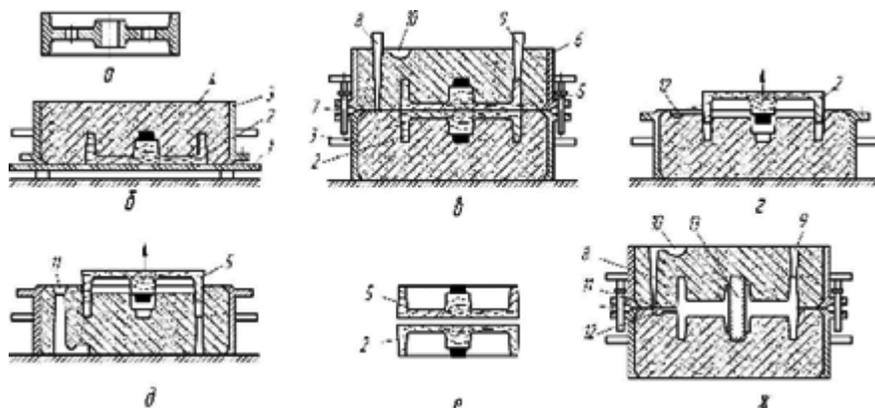


Рисунок 7 – Форма для изготовления шкива, выполненная в двух опоках: а - деталь; б, в, г, д - операции изготовления формы; е - модель; ж - собранная форма

Затем снимают верхнюю опоку, устанавливают ее плоскостью разъема вверх, прорезают питатели на нижней полуформе и смачивают кромки обеих полуформ в местах соприкосновения их с

половинками моделей для предупреждения осыпания формовочной смеси при выемке модели. После этого вынимают подъемником модели из формы, исправляют возможные повреждения, припыливают и приглаживают поверхности, устанавливают стержень и, наконец, собирают форму для заливки, опустив верхнюю опоку на нижнюю по направляющим штырям.

Модели сложных отливок иногда требуют большого количества плоскостей разреза, так как при одной плоскости удаление отдельных частей модели невозможно.

В этом случае применяют формовку в трех или более опоках.

### 5.8. Формовка по цельной модели в двух опоках

Формовка (рисунок 8) выполняется следующим образом. Модель очищают от формовочной смеси, припыливают и кладут гладкой поверхностью на подмодельную плиту (рисунок 8, г). Затем на нее ставят нижнюю опоку, через сито насеивают слой облицовочной смеси, после чего в несколько приемов слоями толщиной до 50-70 мм засыпают наполнительную смесь и утрамбовывают ее.

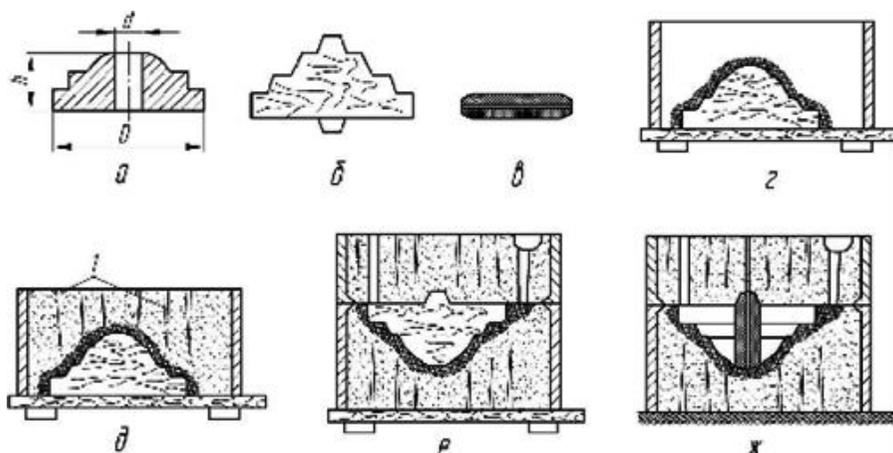


Рисунок 8 – Формовка в двух опоках по цельной модели:

*а* - деталь; *б* - модель; *в* - стержень; *г, д, е, ж* - операции формовки

Излишек смеси сверху опоки срезают линейкой и делают душником наколы 1, не достигающие до модели на 10-15 мм (рисунка 8, д). Набитую нижнюю опоку поворачивают на 180°, плоскость разъема опок заглаживают гладилкой, посыпают разделительным песком и модель накрывают верхней опокой.

После этого в верхней опоке размещают модели стояка и выпоров с таким расчетом, чтобы они были достаточно удалены от стенок и крестовин опоки (рисунок 8, е). После уплотнения смеси в верхней опоке и извлечения из формы модели стояка и выпоров опоку поднимают и кладут на ребро или поворачивают на 180°. Если не применяют модели питателей и шлакоуловителей, литниковые каналы прорезают вручную до момента извлечения модели из формы. После удаления модели форму исправляют, обдувают и припыливают; при необходимости ставят стержни. Затем верхнюю опоку по штырям осторожно устанавливают на нижнюю (рисунок 8, ж).

Точное центрирование при спаривании опок производится с помощью контрольных штырей, вставляемых в отверстия центрирующих ушков. Различают два способа спаривания опок - «штырем» или «на штырь». В первом случае штыри вставляются в ушки верхней опоки и при сборке формы проходят в отверстия втулок нижней опоки. При сборке «на штырь» контрольные штыри удерживаются в ушках нижней опоки, а верхняя опока «садится» на штыри своими центрирующими отверстиями. В условиях серийного и массового производства этот способ наиболее распространен. Во избежание прорыва металла через плоскость разъема во время заливки опоки скрепляются металлическими скобами. Центрирующие штыри после спаривания опок вынимают и используют для центровки следующей пары опок.

## 5.9. Формовка с подрезкой

Применяется для изготовления отливок по неразъемной модели со сложной или криволинейной конфигурацией. Пример формовки с подрезкой показан на рисунок 9. Модель кладут плоскостью разъема на подмодельный щиток и заформовывают в нижней опоке (рисунок 9, в). Затем нижнюю опоку поворачивают на  $180^\circ$  и при помощи ланцета - или гладилки подрезают плоскость разъема (рисунок 9, г), т.е. выбирают формовочную смесь по периметру модели так, чтобы ее можно было извлечь без нарушения формы. Подрезать необходимо до частей модели, мешающих свободному удалению ее из формы. После подрезки в форме получается выемка, стенки которой делаются пологими, чтобы земляной выступ (земляной болван), образующийся при изготовлении верхней полу формы, легче вынимался.

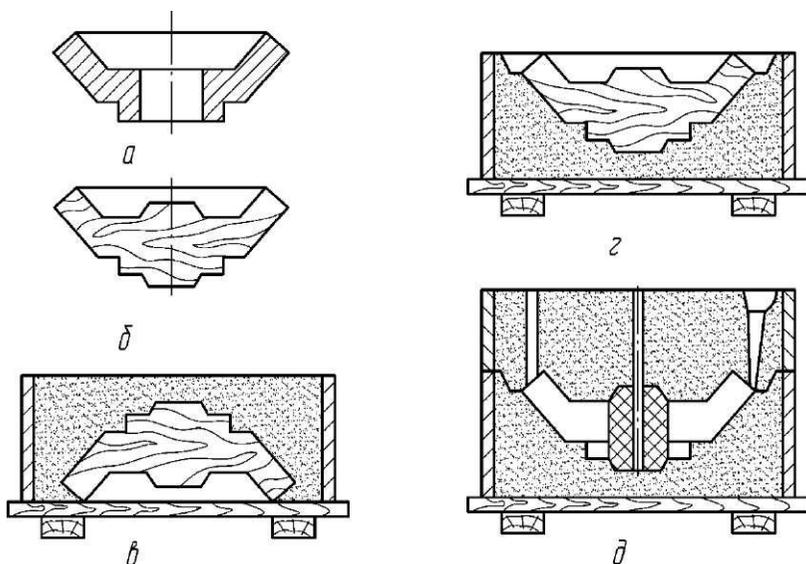


Рисунок 9 – Формовка с подрезкой:

*a* - деталь; *б* - модель; *в*, *г*, *д* - операции формовки

Плоскость разъема заглаживают и посыпают разделительным песком. Далее на нижнюю опоку ставят верхнюю, устанавливают модели литниковой системы и производят набивку верхней опоки. Формовку верхней полуформы производят обычным способом. При съеме верхней опоки необходимо соблюдать осторожность, чтобы земляной болван, образованный контуром подрезки, не обвалился. Затем модель из нижней опоки удаляют, форму отделяют и собирают для заливки (рисунок 9, д).

Метод формовки с подрезкой применяется при изготовлении небольшого количества отливок.

### 5.10. Формовка по модели с съемными частями

Способ формовки по модели с съемными частями почти не отличается от ранее описанных способов. На рисунке 10 показана формовка по модели с съемными частями, укрепленными на шпильках.

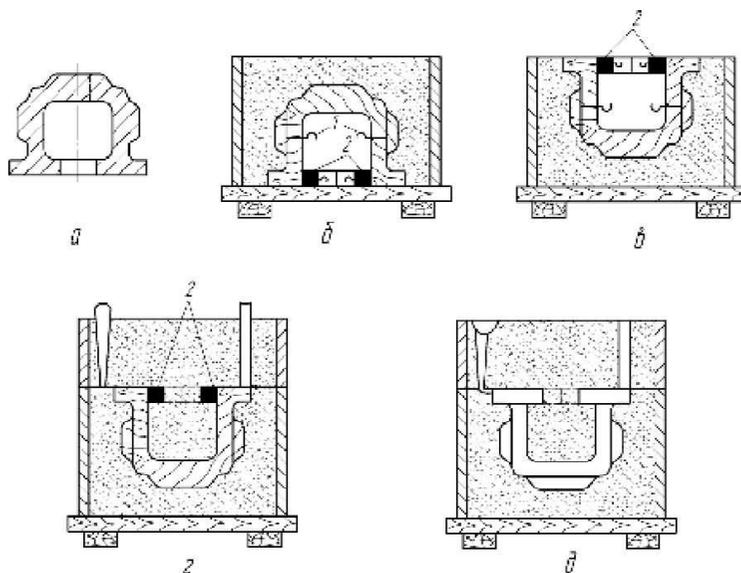


Рисунок 10 – Формовка по модели с съемными частями:

*a* - деталь; *б, в, г, д* - операции формовки

Модель ставится на подмодельную плиту, накрывается опокой и набивается формовочной смесью (рисунок 10, б). При набивке формы необходимо осторожно уплотнять смесь около отъемных частей модели, чтобы их не сместить.

После этого шпильки 1 вытаскивают, опоку поворачивают на 180° (рисунок 10, в). Затем на опоку низа устанавливают верхнюю опоку, формовочную смесь вокруг отъемных частей 2 осторожно уплотняют, шпильки вынимают из формы и заканчивают набивку (рисунок 10, г). После извлечения модели и отъемных частей форму отделяют и собирают для заливки (рисунок 10, д).

*Процесс изготовления стержней.* Чтобы образовать в отливке отверстие в форму (при ее подготовке к заливке) устанавливают стержень, который изготавливают отдельно от формы из стержневой смеси, уплотняемой в стержневом ящике. Для обеспечения правильной установки и фиксации стержня в форме выполняют гнезда, называемые знаками, которые образуются выступами - знаками модели (см. рисунок 2).

В литейном производстве применяют различные способы изготовления стержней, однако эти способы характеризуются общностью основных операций.

*Подготовка стержневого ящика.* Необходимо проверить комплектность и исправность стержневого ящика, т.е. наличие отъемных и осадных частей, оправок, каркасов, шаблонов. Стержневые ящики с ненадежным креплением стенок, отъемных частей, затрудненным удалением отдельных частей использовать в работе нельзя. Недопустимо применять неисправные, загрязненные и деформированные сушильные плиты, так как это приводит к искажению контуров стержней.

Для предупреждения прилипания смеси перед началом и периодически в течение работы все внутренние части ящика

очищают, протирают и смазывают или опрыскивают из пульверизатора смесью керосина с мазутом.

*Заполнение стержневого ящика смесью и ее уплотнение.* Вначале насыпают в стержневой ящик слой смеси высотой 30-60 мм (в зависимости от размеров стержня), постепенно уплотняя ее остроконечной трамбовкой. Трамбовка может быть ручная или пневматическая с резиновым наконечником. Плоскую трамбовку применять нельзя, так как в этом случае последующие слои смеси будут плохо соединяться с нижними. Особенно тщательно необходимо уплотнять узкие полости и углубления. Такие места допускается уплотнять вручную. Затем устанавливают проволоку для укрепления выступающих частей стержня и продолжают насыпать и уплотнять стержневую смесь примерно до % высоты полости стержневого ящика.

Затем в уплотненную смесь осаживают каркас, предварительно смоченный жидкой глиной. Расположение каркаса по высоте зависит от направления подъема стержня. Расстояние каркаса до стенок ящика 20-30 мм при наибольшем размере стержня до 500 мм и 40-60 мм, если размер стержня более 1000 мм. Проволока, торцы литых каркасов, петли подъемов также должны отстоять от поверхности стержня на 10-20 мм. В стержнях высотой свыше 750 мм размещают два ряда каркасов, которые соединяют между собой проволочной арматурой.

*Обеспечение газопроницаемости стержня.* В процессе изготовления стержня необходимо обеспечить надежный вывод газов из всех отдаленных участков и выступающих частей через знаки. При этом горячие газы стремятся кверху и лучше удаляются через верхние знаки, а хуже в боковые и нижние.

*Удаление стержня из стержневого ящика.* После уплотнения смеси на стержневой ящик устанавливают сушильную плиту, закрепляют ее и совместно с ящиком поворачивают на 180°. Иногда

плиту кладут рядом с ящиком и переворачивают ящик на расположенную рядом сушильную плиту.

Стержневой ящик обстукивают со всех сторон молотком, для отделения стержня от стенок ящика, а затем осторожно поднимают ящик. Стержень остается на сушильной плите. При наличии в ящике вытряхных стенок последние отодвигают в стороны. Эти операции для мелких стержней выполняют вручную, для более крупных - с помощью подъемных кранов и специальных приспособлений.

*Отделка стержня.* Эту операцию производят сразу же после извлечения стержня. При этом исправляют поврежденные и недоуплотненные места, укрепляют выступающие части шпильками длиной 75-125 мм при шаге прошпиливания 25-40 мм, выполняют дополнительные вентиляционные каналы и откапывают подъемы. Канал вокруг подъема шириной 30-50 мм и длиной 70-100 мм должен обеспечивать возможность зацепки подъема крюком при транспортировании стержня.

Затем стержень тщательно окрашивают противопожарной краской, за исключением поверхностей знаков, после чего направляют в сушильные печи. Мелкие стержни можно не окрашивать.

*Соединение и контроль стержней.* Крупные и мелкие стержни сложной конфигурации проще изготавливать по частям, а затем соединять эти части в одно целое. Мелкие стержни соединяют склеиванием в сыром виде, а крупные - в основном после сушки. Перед склеиванием частей стержня зачищают плоскости соединения в специальных кондукторах вручную или на специальных зачистных станках. Затем на плоскости наносят кистью слой клея и накладывают верхнюю часть стержня на нижнюю. Размеры склеенного стержня контролируют шаблонами. Соединительные швы заделывают специальной замазкой, замеченные повреждения исправляют, после этого стержни вновь окрашивают и подсушивают.

*Ручное изготовление стержней по стержневым ящикам.* Выбор конструкции стержневого ящика зависит от способа изготовления и сложности стержня.

Неразъемные ящики применяют для изготовления стержней несложной конфигурации. Большие уклоны их поверхности обеспечивают легкое извлечение стержней из стержневых неразъемных ящиков.

При наполнении ящика стержневой смесью устанавливают в него каркас, затем уплотняют смесь, делают вентиляционные каналы, накрывают ящик сушильной плитой и вместе с ней переворачивают. Ящик обстукивают деревянным молотком и поднимают, а стержень оставляют на сушильной плите.

Разъемные ящики применяют для изготовления стержней более сложной конфигурации, которые не могут быть извлечены из вытряхного ящика.

Ниже приведен пример изготовления цилиндрического стержня в разъемных ящиках (рисунок 11). Половинки стержневого ящика 1 собирают в вертикальном положении и скрепляют скобой 3. Заполняют примерно на 1/3 стержневой смесью 4 и уплотняют ее. Устанавливают иглу 5, затем, добавляя смесь, осаживают проволоку каркаса 2. После окончательного уплотнения срезают излишек смеси, заглаживают верхний торец гладилкой и удаляют иглу. Сняв скобу, поворачивают ящик в горизонтальное положение и, легко постучав по нему деревянным молотком, осторожно снимают верхнюю половину ящика. Затем, поворачивая нижнюю половину ящика, осторожно укладывают стержень 6 на сушильную плиту 7. Стержневая смесь должна обладать достаточно высокой сырой прочностью, чтобы стержень не разрушался при его перемещении.



Рисунок 11 – Изготовление цилиндрического стержня по разъемному ящику:  
*а* - подготовка стержневого ящика; *б* - засыпка ящика смесью; *в* – разработка стержневого ящика; *г* - извлечение стержня

Стержень небольшой высоты с достаточной площадью опоры извлекают, не поворачивая стержневой ящик. При этом после набивки половинки ящика раздвигают в сторону, а стержень оставляют на плите в вертикальном положении.

При изготовлении мелких более сложных стержней по разъемным ящикам части стержня склеивают в сыром состоянии (рисунок 12). При этом половины стержневого ящика набивают отдельно, укладывая в нижнюю часть каркас. В частях стержня прорезают по разему вентиляционные каналы.

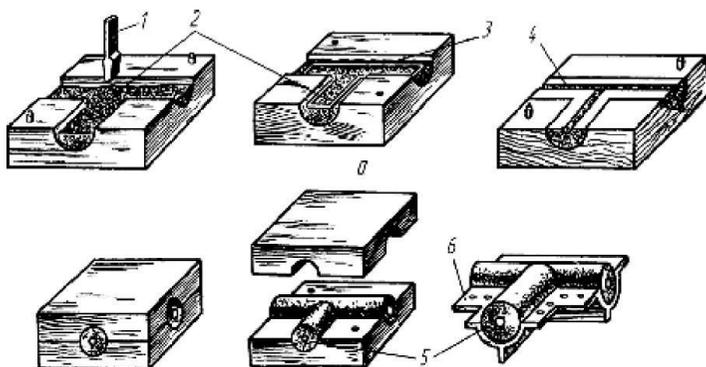


Рисунок 12 – Изготовление стержня по разъемному ящику  
*а* - раздельная набивка половин ящика; *б* - соединение частей ящика; *в* - сьем верхней половины ящика; *г* - стержень на сушильной плите; 1 - трамбовка; 2 - смесь; 3 - каркас; 4 - вентиляционный канал; 5 - стержень; 6 - сушильная плита

Поверхности разъема смазывают клеем и укладывают одну половину ящика на другую. Затем снимают верхнюю половину ящика и на стержень устанавливают фасонную сушильную плиту. После этого стержень с плитой поворачивают на 180°, снимают нижнюю половину ящика, а стержень на плите подвергают сушке.

*Оборудование, инструмент и материалы.*

Набор моделей, опоки, подмодельные и подопочные плиты, модели элементов литниковых систем; комплекты формовочных инструментов, включающие сито, лопату или совок, трамбовку, деревянный молоток, ложечку и крючок для отделки и ремонта полуформ и стержней, плавильная печь, графитовый тигель, набор плавильных инструментов, шихтовые материалы для выплавки алюминиевых сплавов, единая формовочная смесь.

## **6. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ**

Работа рассчитана на 4 ч.

Подготовить модели отливок и элементов литниковой системы, опоки, подмодельные и подопочные плиты, формовочный инструмент и рабочее место.

Подготовить формовочную смесь и разделительный состав.

Из формовочной смеси изготовить формы по моделям.

Собрать формы.

Приготовить жидкий металл и залить его в формы.

Выдержать отливки в форме.

Выбить отливки из форм. Выбить стержни и очистить поверхность отливок.

Оценить качество поверхности отливок, выявить поверхностные дефекты.

*Результаты наблюдений.*

Результаты опытов внести в рабочий журнал.

*Содержание отчета.*

Общие сведения о формовке по постоянным моделям.

Эскизы постоянных моделей (разъемных, неразъемных, с отъемными частями).

Технология изготовления форм по различным моделям.

Оценка качества поверхности отливок с описанием дефектов и вероятных причин их образования.

Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие материалы и оснастка используются при изготовлении форм?
2. Как классифицируют литейные модели?
3. Какие технологические операции необходимо выполнить при формовке?
4. В какой последовательности выполняют технологические операции при формовке по разъемной модели в опоках?
5. В чем отличия формовки по неразъемной и разъемной моделям?
6. Зачем подрезают часть смеси в полуформах при формовке по неразъемной модели?
7. Зачем изготавливают модели с объемными частями и как их извлекают из полуформ?
8. Какие дефекты образуются в отливках вследствие некачественной формовки?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Василевский, П.В. Технология стального литья [Текст]: Инженерная монография / П.В. Василевский. - М.: Машиностроение, 1974. - 408 с.
2. Технология литейного производства [Текст] / Б. С. Чуркин [и др.]; УГППУ. Екатеринбург, 2000. - 199 с.
3. Рекомендации по разработке литейной технологии на отливки из чугуна, стали и цветных сплавов [Текст] / НИИ цветмет экономики и информации. - М., 1980. - 140.
4. Воронин, Ю.Ф. Атлас литейных дефектов «Черные сплавы» [Текст] / Ю.Ф. Воронин, В. А. Камаев. - М.: Машиностроение, 2005. - 328 с.
5. Косников, Г. А. Литейное производство. Проектирование технологии получения отливок в разовых формах [Текст]: учеб. пособие / Г. А. Косников, Л.М. Морозова / СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. - 51 с.
6. Саначева, Г.С. Технология литейного производства. Проектирование литейных форм [Текст]: учеб. пособие / Г.С. Саначева / ГОУ ВПО «Гос. ун-т цвет. металлов и золота». - Красноярск, 2006. - 100 с.
7. Болдин, А.Н. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия: Справочник [Текст] / А.Н Болдин. Н.И. Давыдов, С.С. Жуковский и др. - М.: Машиностроение, 2006. - 507.
8. Анисимов, Н.Ф. Проектирование литейных деталей [Текст] / Н.Ф. Анисимов, Б.Н. Благов. - М.: Машиностроение, 1967. - 277 с.