

*МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК В РАЗОВЫХ ПЕСЧАНЫХ ЛИТЕЙНЫХ  
ФОРМАХ ПО РАЗЪЕМНЫМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ**

**Методические указания  
по выполнению лабораторной работы  
для студентов направлений 23.05.01; 23.05.02  
и направлений 09.03.04; 15.03.04; 15.03.05; 15.03.01;  
20.03.01; 23.03.03; 23.04.03; 27.03.04; 27.03.01**

Курган 2019

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

Дисциплины: «Технология конструкционных материалов»  
(направления 23.05.01; 23.05.02; 09.03.04; 15.03.04; 15.03.05;  
15.03.01; 20.03.01; 23.03.03; 23.04.03; 27.03.04; 27.03.01)

Составили: доцент, канд. техн. наук Т.А. Дудорова,  
доцент, канд. техн. наук Л.М. Савиных.

Составлены на основе переработанных данных и дополненных методических указаний «Производство отливок в песчаных литейных формах по разъемным металлическим моделям» / М. Д. Филинков, В. И. Дудоров, Т. А. Дудорова, Л. М. Савиных. – Курган : Изд-во КГУ, 2012.

Утверждены на заседании кафедры «29» апреля 2019 г.

Рекомендованы методическим советом университета «14» марта 2019 г.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК В РАЗОВЫХ ПЕСЧАНЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМАХ ПО РАЗЪЕМНЫМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ

Цель работы – ознакомиться с технологией изготовления отливок в разовых песчаных формах ручной формовки по разъемным металлическим моделям.

## ВВЕДЕНИЕ

**Отливка** – это изделие или заготовка фасонной детали, изготавливаемая методом заливки расплавленного металла в литейные формы. Отливки получаются в результате заполнения рабочей полости литейной формы жидким металлом. После затвердевания металла литейная форма разрушается, и отливка извлекается из нее. Литейные формы данного типа называются разовыми. Их изготовление обычно производится из формовочных смесей, основными составляющими которых являются кварцевый песок, огнеупорная глина, противопригарные добавки и вода.

Для изготовления разовой песчаной литейной формы, прежде всего, требуется наличие необходимого модельного комплекта, состоящего из разъемной металлической модели, стержневых ящиков, подмодельных плит, моделей элементов литниковой системы, различных технологических приспособлений для отделки формы, трамбовок и др.

**Модель** – это технологическое приспособление для получения в литейной форме отпечатка, соответствующего наружной конфигурации и размерам отливки с учетом припусков на усадку металла при его затвердевании и охлаждении. Модели изготавливаются из металлов, дерева, пластмасс, гипса и других материалов. Разъемные модели для ручной формовки в плоскости разъема имеют шипы – верхняя часть модели – и соответственно гнезда для них – нижняя часть модели. Части модели соединяются друг с другом при помощи шипов. Контур модели точно воспроизводит наружную конфигурацию отливки. Внутренние полости отливки, отверстия, поднутрения, впадины и т.п. выполняются стержнем. Стержень изготавливается из стержневой смеси, уплотняемой в специальном приспособлении, называемом стержневым ящиком.

**Литейная форма** – это комплект технологических приспособлений, образующих внутреннюю закрытую рабочую полость, геометрически подобную будущей отливке. При этом наружная поверхность отливки воспроизводит очертания и рельеф рабочей полости литейной формы.

При сборке литейной формы сухой стержень устанавливается и фиксируется стержневыми знаками в соответствующих гнездах формы, полученных с помощью знаковых частей модели. Длина (высота) стержня больше длины (высоты) отверстия отливки на величину знаков.

Полный технологический процесс изготовления песчаной литейной формы называется формовкой.

Литниковой системой называется система вертикальных и горизонтальных

каналов, предназначенных для заполнения литейной формы жидким металлом. Литниковая система (рисунки 1, 2) состоит из следующих основных элементов:

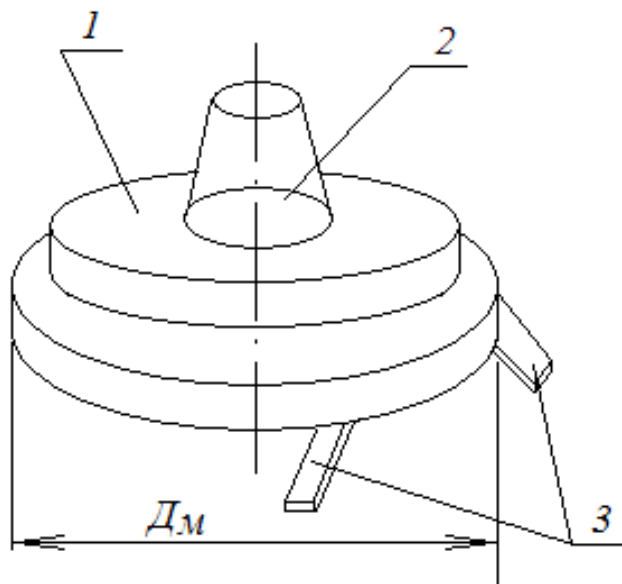
1 **Литниковая чаша** (или воронка) предназначена для приема из ковша жидкого металла.

2 **Стояк** – вертикальный канал, соединяющий литниковую чашу (или воронку) со шлакоуловителем и обеспечивающий поступление жидкого металла на уровень разъема литейной формы.

3 **Шлакоуловитель** – горизонтальный канал, соединяющий стояк с питателями. Он обычно располагается в верхней полуформе, обеспечивая лучшее всплывание и задерживание шлака и других неметаллических примесей.

4 **Питатели** – горизонтальные литниковые каналы, обеспечивающие подвод металла непосредственно в полость литейной формы.

5 **Выпоры** – обратные вертикальные каналы, предназначенные для выхода воздуха и газов из полости литейной формы при ее заливке.



1 – модель нижняя, 2 – нижний знак, 3 – питатели

Рисунок 1 – Модель нижняя с питателями

Для замкнутых литниковых систем соотношение площадей сечений элементов литниковой системы определяется неравенством:

$$F_c > F_m > F_n,$$

где  $F_c$  – площадь поперечного сечения стояка,  $\text{см}^2$ ;

$F_m$  – площадь поперечного сечения шлакоуловителя,  $\text{см}^2$ ;

$F_n$  – суммарная площадь поперечного сечения питателей,  $\text{см}^2$ .

Литейные формы изготавливаются, как правило, в парных опоках, для взаимного центрирования которых применяются центрирующие штыри.

Опоки представляют собой металлические жесткие рамки, предохраняющие песчаную литейную форму от разрушения при изготовлении, сборке, транспортировке и заливке.

**Заливка** – процесс заполнения литейной формы жидким металлом.

**Литье** – интегральный технологический процесс, после реализации которого обеспечивается получение качественной отливки.

**Стержневой ящик** – технологическое приспособление, применяемое для изготовления стержней.

**Стержень** – технологическое приспособление, устанавливаемое в литейной форме для формирования внутренних закрытых полостей и отверстий в отливках.

Литейные формы, изготавливаемые из песчано-глинистых формовочных смесей в двух опоках по разъемной и неразъемной модели, называются разовыми. Литейные формы многократного использования, изготавливаемые из металлических конструкционных материалов, называются постоянными, или кокилями.

## ПРЕИМУЩЕСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Фасонные заготовки деталей машин, механизмов, промышленных изделий получают различными методами: литьем, свободной ковкой и горячей объемной штамповкой, сваркой и др. Сравнивая различные методы получения заготовок по технико-экономическим показателям, можно устанавливать следующие основные преимущества литейного производства:

1 Возможность получения отливок любой сложности геометрической формы.

2 Возможность максимального приближения конфигурации отливки к геометрии детали с минимальными припусками на механическую обработку.

3 Возможность получения отливок из всех промышленных конструкционных сплавов, в частности из труднодеформируемых.

4 Относительно невысокая стоимость и сложность осуществления технологического процесса получения отливок.

5 Высокий уровень мобильности осуществления литейной технологии.

6 Возможность достижения высокой конфигурационной прочности отливок, обеспечивающей надежность и долговечность литых изделий.

Приведенные преимущества литейного производства определяли широкое применение отливок в отечественном машиностроении. Литые заготовки составляют 30–80 % в общей массе машин и оборудования и отличаются весьма существенным разнообразием по сложности и по используемым сплавам.

Модельно-опочная оснастка, материалы и инструменты, применяемые для изготовления разовых литейных форм:

1 Верхняя и нижняя части модели со знаками, элементы литниковой системы.

2 Верхняя и нижняя опоки.

3 Стержневой ящик.

4 Подмодельная плита.

5 Формовочная и стержневая смеси.

6 Разделительный кварцевый песок.

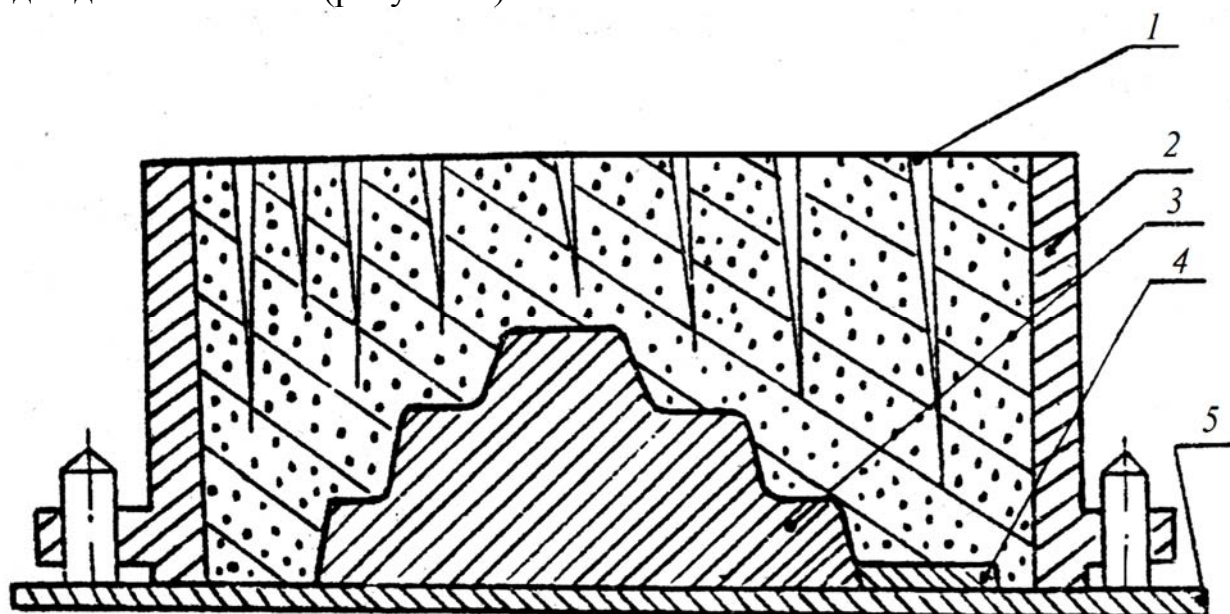
- 7 Припылы (серебристый или черный графит).
- 8 Малая и большая трамбовки.
- 9 Гладилки, ланцеты и ложечки.
- 10 Штифты для извлечения модели из уплотненной смеси (подъемы).
- 11 Совки и лопата для транспортировки и рыхления формовочной смеси.
- 12 Линейки для удаления излишней смеси с поверхности опоки.
- 13 Душник.
- 14 Печь для плавки металла.
- 15 Прибор для определения и контроля температуры жидкого металла.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ В ДВУХ ОПОКАХ ПО РАЗЪЕМНОЙ МОДЕЛИ

Изготовление разовых песчано-глинистых литейных форм методом ручной формовки в двух опоках по разъемной модели осуществляется в следующей последовательности.

### А. Изготовление нижней полуформы:

1 Нижнюю часть модели (рисунок 1), не имеющую центрирующих шипов, ставят плоскостью разъема на подмодельную плиту. Устанавливают модели питателей, количество и место установки (подвода металла к рабочей полости литейной формы) согласовывается с преподавателем. Далее на подмодельную плиту по штырям устанавливают по отверстиям в ушках опоку таким образом, чтобы плоскость разъема литейной формы совпадала с рабочей плоскостью подмодельной плиты (рисунок 2).



- 1 – вентиляционный канал; 2 – опока; 3 – нижняя часть модели;  
4 – модель питателя; 5 – подмодельная плита

Рисунок 2 – Изготовление нижней полуформы

Расположение модели на подмодельной плите корректируется с учетом размещения питателей так, чтобы расстояние от них до стенки опоки было не менее 15–20 мм.

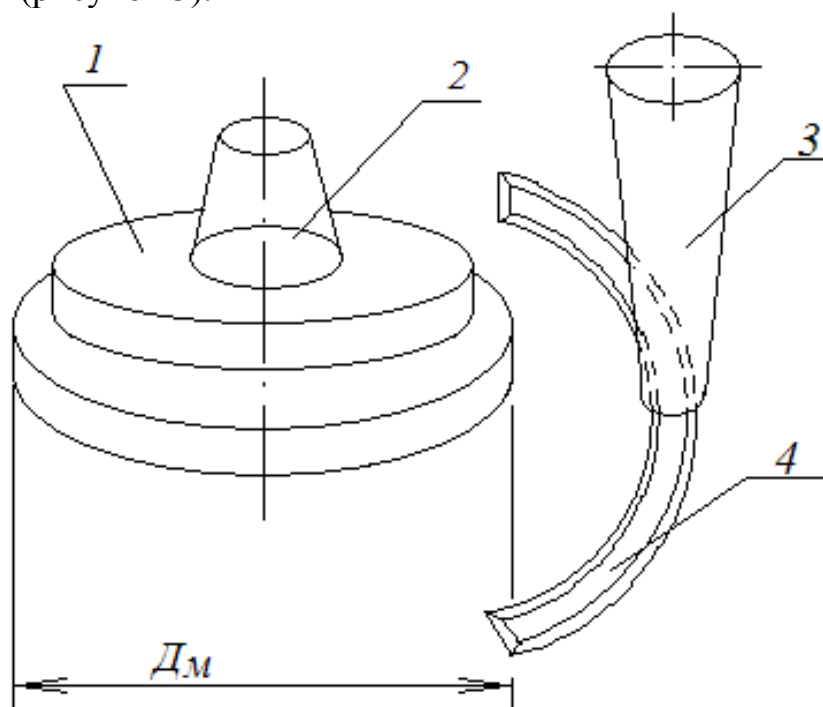
2 Модель припудривают серебристым или черным графитовым порошком во избежание прилипания к ней формовочной смеси.

3 В опоку насыпают совком формовочную смесь толщиной слоя 30–50 мм и уплотняют малой трамбовкой сначала у стенок опоки, а затем в средней части. Окончательное уплотнение слоя производят большой трамбовкой. После уплотнения последовательными слоями формовочной смеси по всей высоте опоки излишек смеси срезают линейкой. Вентиляционные каналы не должны доходить до поверхности модели 10–15 мм. Их количество должно быть не менее одного-двух на каждые 10–15 см<sup>2</sup> поверхности опок (рисунок 3).

4 Заформованную нижнюю опоку переворачивают на 180° и устанавливают на предварительно подготовленное место. Формовочную смесь по разьему заглаживают гладилкой.

#### Б. Изготовление верхней полуформы:

1 На нижнюю часть модели по центрирующим шипам устанавливают верхнюю часть модели, модель шлакоуловителя, стояка и, если необходимо, модели выпоров (рисунок 3).



1 – модель верхняя; 2 – верхний знак; 3 – стояк; 4 – шлакоуловитель

Рисунок 3 – Модель верхняя со стояком и шлакоуловителем

Поверхность разьема формы посыпают тонким слоем мелкого сухого кварцевого песка для того, чтобы формовочная смесь в верхней опоке не прилипла к смеси в нижней опоке.

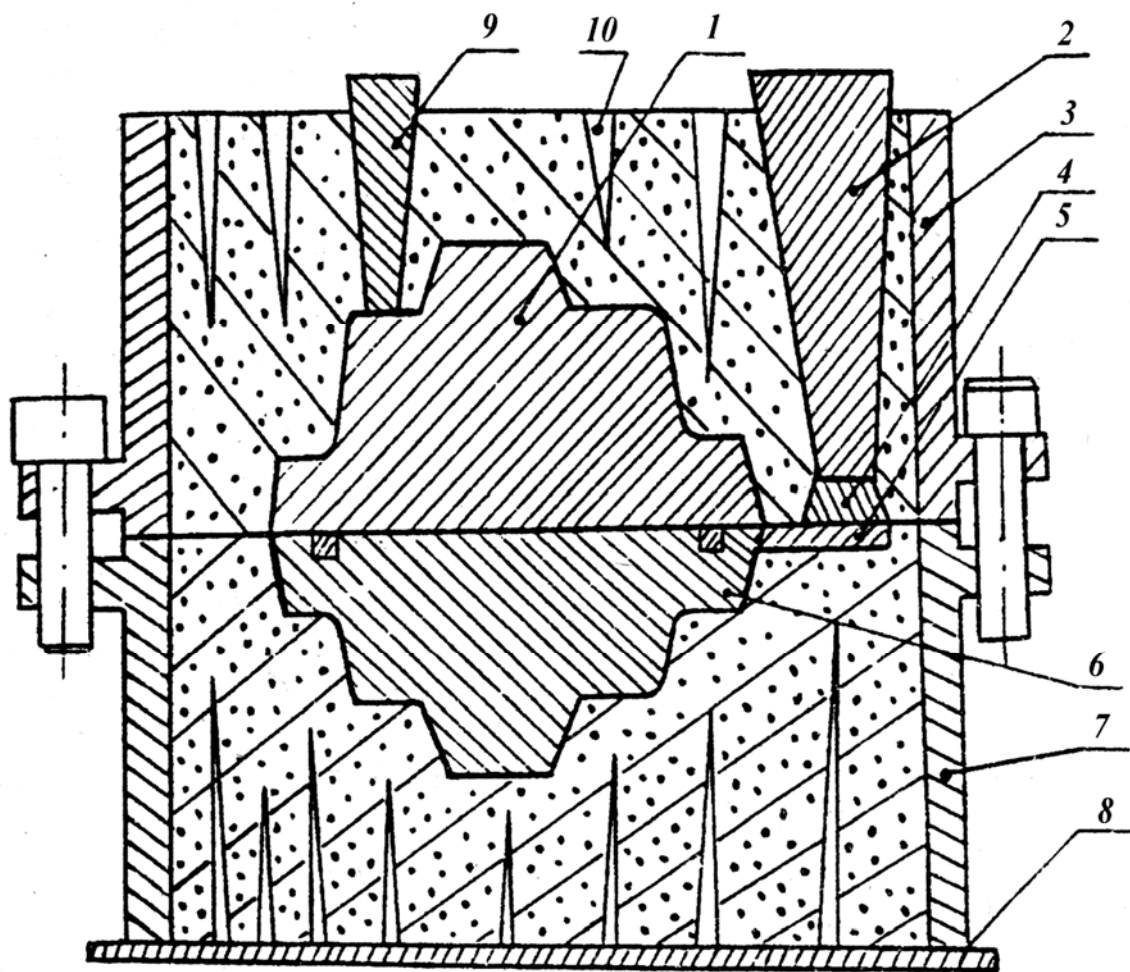
2 Верхнюю опоку устанавливают по центрирующим штырям на нижнюю опоку.

3 Производят наполнение и уплотнение смеси в верхней опоке в той же последовательности, как и в нижней опоке (рисунки 4).

4 После уплотнения смеси вокруг стояка гладилкой прорезают литниковую воронку. Модель стояка и выпоров раскачивают и удаляют из верхней полуформы.

5 Верхнюю полуформу снимают, переворачивают на 180° разъемом вверх и устанавливают на предварительно подготовленное место.

6 Из полуформ после легкого раскачивания извлекают части моделей, модели питателей и шлакоуловителя.



- 1 – верхняя часть модели; 2 – модель стояка; 3 – верхняя опока;  
4 – модель шлакоуловителя; 5 – модель питателя;  
6 – нижняя часть модели; 7 – нижняя опока; 8 – подмодельная плита;  
9 – выпор; 10 – вентиляционный канал

Рисунок 4 – Изготовление песчаной литейной формы в двух опоках по разъемной модели с вертикальным стержнем

#### В. Отделка и сборка литейной формы:

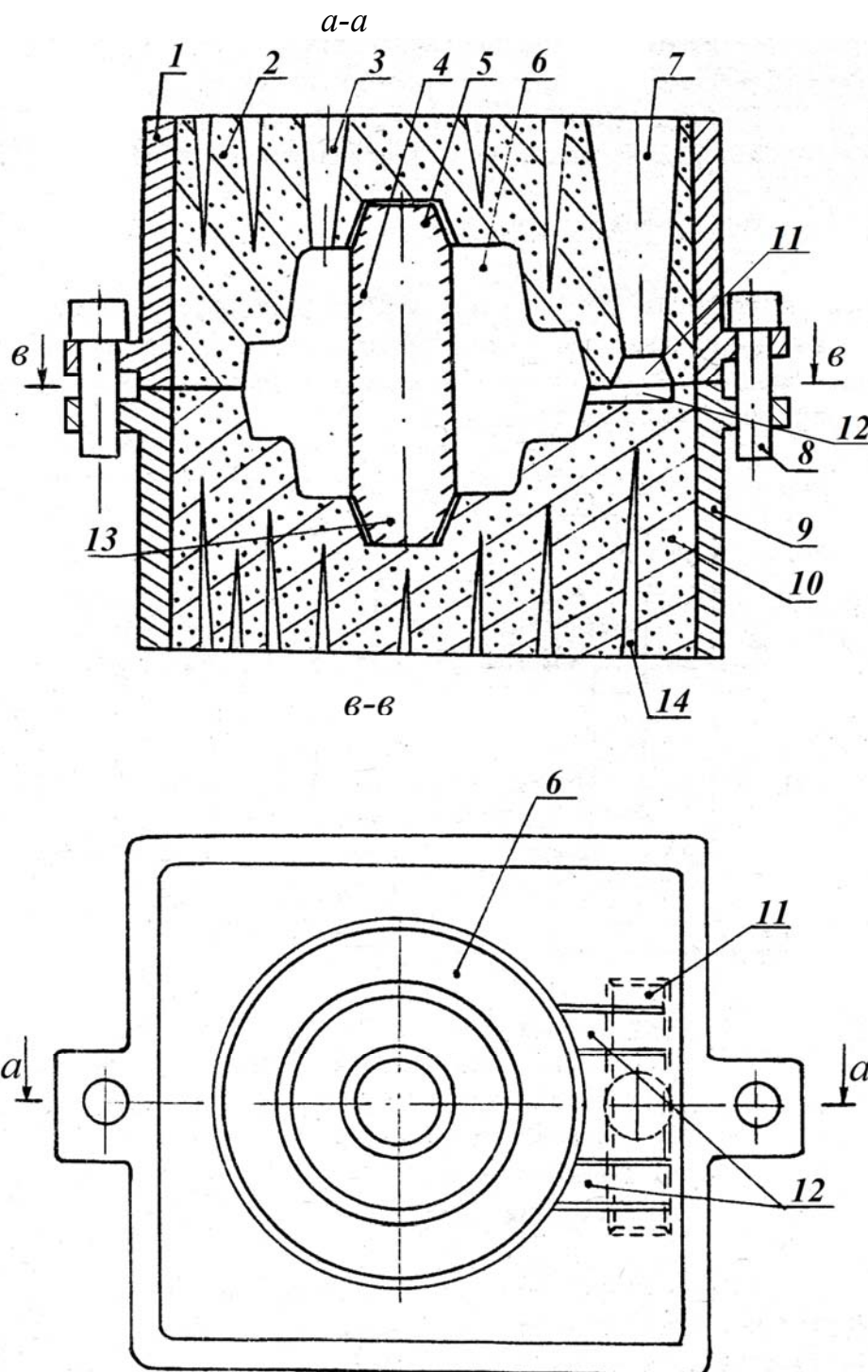
1 Производят необходимые исправления и отделку обеих полуформ, рабочие полости припыливают графитом с целью получения отливок с более чистой поверхностью.

2 В нижнюю полуформу устанавливают стержень и закрывают ее верхней



полуформой по центрирующим штырям.

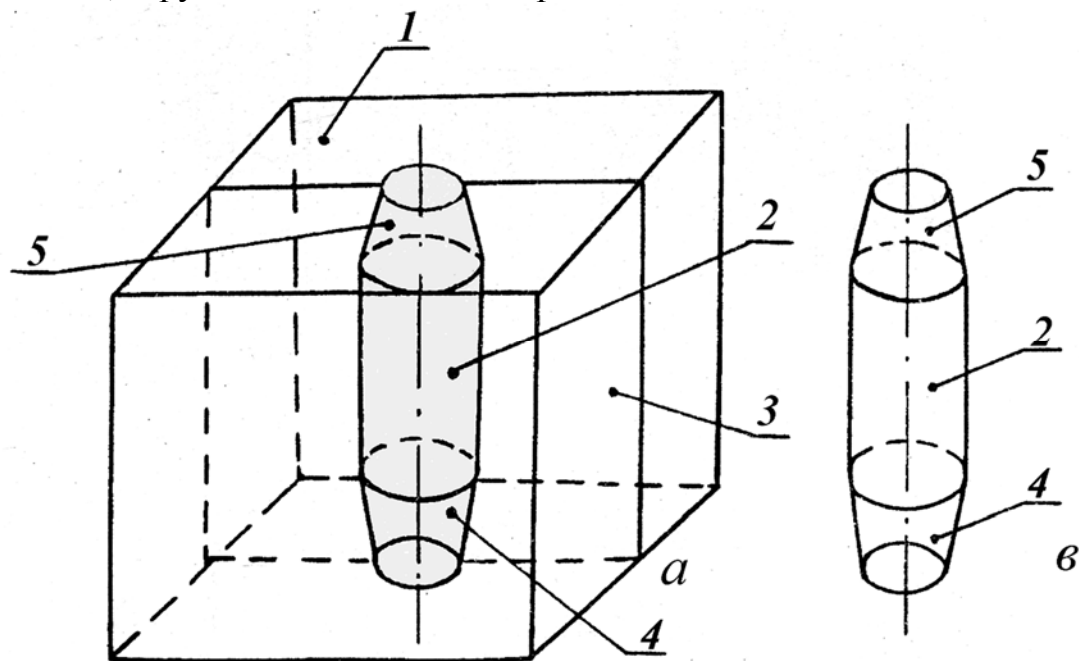
Общий вид собранной литейной формы с вертикальным стержнем показан на рисунке 5.



- 1 – верхняя опока; 2 – верхняя полуформа; 3 – выпор;  
 4 – рабочая часть стержня; 5 – верхний знак; 6 – рабочая полость;  
 7 – стояк; 8 – направляющие штыри; 9 – нижняя опока;  
 10 – нижняя полуформа; 11 – шлакоуловитель; 12 – питатели;  
 13 – нижний знак; 14 – вентиляционные каналы
- Рисунок 5 – Общий вид собранной литейной формы с вертикальным расположением стержня

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Литейный стержень (рисунок 6) с вертикальным расположением, как правило, изготавливают в разъемных стержневых ящиках, состоящих из двух частей, центрирующихся с помощью шипов и втулок и скрепляющихся барашками, скобами, струбцинами или эксцентриками.



*a* – общий вид стержневого ящика; *в* – общий вид стержня;  
1 – первая часть ящика; 2 – рабочая полость ящика или стержня;  
3 – вторая часть ящика; 4 – нижний знак; 5 – верхний знак

Рисунок 6 – Стержневой ящик

Рабочую полость стержневого ящика очищают от остатков стержневой смеси и протирают тканью, смоченной в смеси графита с керосином. По центрирующим шипам и втулкам обе части ящика соединяют откидными винтами с барашками.

Стержневой ящик устанавливают на металлическую плиту, наполняют стержневой смесью рабочую полость и уплотняют деревянными трамбовками. С торцевой стороны в сырой стержень вводят каркас из железной проволоки. Торцы стержней заглаживают гладилкой, накалывают вентиляционные каналы. Готовые стержни извлекают из стержневого ящика и устанавливают на специальную плиту для сушки, называют драйером. Сушку производят при  $T=140-240$  °С в течение 1,5–2,0 час.

### ЗАЛИВКА ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ, ВЫБИВКА ФОРМ, ОЧИСТКА И ОБРУБКА ОТЛИВОК

1 Собранный литейную форму устанавливают на участке у плавильных электрических печей сопротивления.

2 Заливку литейных форм производят жидким металлом (сплавы на основе алюминия и цинка), перегретым выше температуры плавления на 30–40 °С.

3 Залитые литейные формы выдерживают в течение 15–30 минут для полного затвердевания металла.

4 Снимают верхнюю полуформу с нижней и производят выбивку отливки из формы.

5 Отделяют литниковую систему от отливки.

6 Производят очистку отливок от формовочной смеси, удаляют стержень, удаляют заусенцы и приливы.

7 Оценивают качество отливки, показанной на рисунке 7.

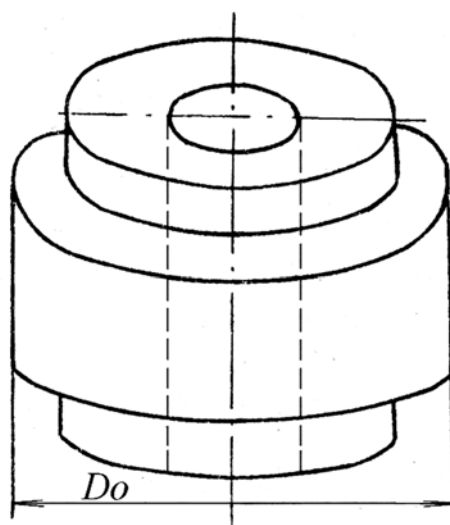


Рисунок 11 – Общий вид отливки с вертикальным отверстием

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЛИТЕЙНОЙ УСАДКИ

Усадкой называется процесс уменьшения литейных размеров и объема отливок при их охлаждении от температуры заливки до комнатной температуры. Усадка является естественным свойством металлов и сплавов. Различают объемную и литейную усадки.

Процесс линейной усадки начинается с момента образования в отливке достаточно прочного скелета затвердевшего металла. С линейной усадкой связано образование горячих и холодных трещин, возникновение внутренних напряжений, коробление отливок. Знание величины линейной усадки необходимо при изготовлении модельного комплекта.

Раскачивание модели при извлечении ее из уплотненной формовочной смеси, механические и термические затруднения усадки вносят значительные изменения в величину линейной усадки. На практике обычно определяют коэффициент литейной усадки сплава  $\varepsilon$ .

$$\varepsilon_{\text{лит}} = \frac{\ell_{\text{мод}} - \ell_{\text{отл}}}{\ell_{\text{отл}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $\ell_{\text{мод}}$  – линейный размер модели;

$l_{\text{отл}}$  – соответствующий размер отливки при комнатной температуре.

Величина литейной усадки  $\varepsilon_{\text{лит}}$  меньше свободной литейной усадки и зависит от конфигурации отливки, условий извлечения модели из формы, методов изготовления формы и т. д.

Для определения величины литейной усадки по уравнению (1) необходимо снять не менее трех размеров на отливке  $l_{\text{отл}}$  и, соответственно, на модели  $l_{\text{мод}}$ .

Величину литейной усадки вычислить как среднюю по полученным результатам.

## СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по выполненной работе должен содержать:

- 1 Цель работы.
- 2 Эскизы собранной литейной формы, эскизы отливки с литниковой системой, эскизы разрезов и сечений формы.
- 3 Описание технологии изготовления формы.
- 4 Описание качества отливки, виды и причины дефектов.
- 5 Определение литейной усадки металла.
- 6 К отчету прилагаются отливки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дальский А. М. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский и др. – Москва : Издание МВТУ им Баумана, 2004.
- 2 Филинков М. Д. Основы технологии литейного производства / М. Д. Филинков и др. – Иркутск, 1988.
- 3 Разработка технологического процесса изготовления отливки в разовой песчаной форме : методические указания. – Курган, 2003.
- 4 Чуркин Б. С. Технология литейного производства / Б. С. Чуркин, Э. Б. Гофман, А. В. Афонаскин и др. – Екатеринбург : Изд. Педагогического университета, 2004.
- 5 Афонаскин А. В. Производство отливок в разовых песчаных формах : учебное пособие: в 2 ч / А. В. Афонаскин, В. И. Дудоров. – Курган : Изд-во КГУ, 2004.

Дудорова Татьяна Александровна  
Савиных Леонид Михайлович

## **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК В РАЗОВЫХ ПЕСЧАНЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМАХ ПО РАЗЪЕМНЫМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ**

**Методические указания  
по выполнению лабораторной работы  
для студентов направлений 23.05.01; 23.05.02  
и направлений 09.03.04; 15.03.04; 15.03.05; 15.03.01;  
20.03.01; 23.03.03; 23.04.03; 27.03.04; 27.03.01**

Редактор Н. М. Быкова

---

Подписано в печать 11.10.19	Формат 60 × 84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,0	Уч.-изд. л. 1,0
Заказ 145	Тираж 25	Не для продажи

---

БИЦ Курганского государственного университета.  
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.  
Курганский государственный университет.