

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Кафедра материаловедения и технологии машиностроения

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Методические указания
к лабораторным работам по технологии
конструкционных материалов

Санкт-Петербург
2017

УДК 621.74.04(07)

Литейное производство: методические указания к лабораторным работам по технологии конструкционных материалов/ сост.: А.В. Гропянов, Н. Н. Ситов, М.Н. Жукова; ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2017. –26 с.

Методические указания содержат необходимые сведения о технологии изготовления литых деталей в песчано-глинистых формах. Они позволят студентам самостоятельно подготовиться к лабораторным работам.

Предназначены для студентов направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» всех форм обучения.

Рецензент: зам. директора института безотрывных форм обучения ВШТЭ СПбГУПТД, канд. техн. наук, доцент В.О. Варганов.

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой материаловедения и технологии машиностроения Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна (протокол №8 от 25.05.2017).

Утверждены к изданию методической комиссией института технологии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол №6 от 01.06.2017).

© Высшая школа технологии
и энергетики СПбГУПТД, 2017

Антон Васильевич Гропянов
Гелий Николаевич Теплухин
Николай Николаевич Ситов
Мария Николаевна Жукова

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Методические указания к лабораторным работам по технологии конструкционных материалов

Редактор и корректор В.А.Басова
Техн. редактор Л.Я. Титова
Компьютерный набор и верстка М.С Локтевой

Темплан 2017 г., поз.80

Подп. к печати 29.05.17 Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.
Печать офсетная. Объем 1,25 печ. л.; 1,25 уч. - изд. л.
Тираж 200 экз. Изд. № 80. Цена "С". Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД.
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

Введение

Литейное производство обеспечивает получение заготовок из различных сплавов металлов с заданными свойствами любой сложности, размеров и массы.

В общем выпуске литье из чугуна составляет 74 %, из стали - 22 %, из сплавов цветных металлов - 4 %.

В настоящее время литье детали получают заливкой в песчано-глинистые формы (кокили), литьем под давлением, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, центробежным литьём и другими способами.

Специальные виды литья требуют применения сложного оборудования и оснастки, что оправдывается в условиях серийного и массового производства. Наиболее распространена отливка в песчано-глинистые формы.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Процесс изготовления отливок состоит из следующих операций (рис. 1):

1. Изготовление формы. Формы изготавливают при помощи моделей, стержней или шаблонов. Форма дает наружные очертания отливки.
2. Изготовление стержней. Стержни изготавливают в стержневых ящиках из стержневых смесей. При помощи стержней получают внутренние очертания отливки.
3. Сборка формы. Эта операция состоит в установке стержней в форме и сборке воедино всех частей формы.
4. Заливка формы жидким сплавом.
5. Удаление отливки из формы после затвердения сплава.
6. Очистка отливки, удаление литников и контроль отливок.

При разработке технологического процесса изготовления отливки необходимо соблюдать следующие требования:

1. Обосновать выбор способа литья из соображений простоты, экономичности и быстроты изготовления.
2. Произвести проработку чертежа детали для изготовления модельного комплекта, упростить очертания детали: отверстия малого диаметра, канавки и другие элементы, которые проще и экономичнее выполнить механической обработкой, не следует получать литьем.
3. Выбрать положение отливки в форме, задать плоскости разъема модели, формы и количества стержней.
4. Назначить припуски:
 - а) на механическую обработку с учетом класса точности изготовления отливок;
 - б) для создания направленного затвердевания отливки. Для обеспечения затвердевания отливки снизу вверх;

в) компенсирующие коробление отливок;
г) для создания формовочных уклонов, облегчающих удаление модели из формы.

5. Выбрать место установки и определить размеры прибыли с целью избежания усадочных раковин.

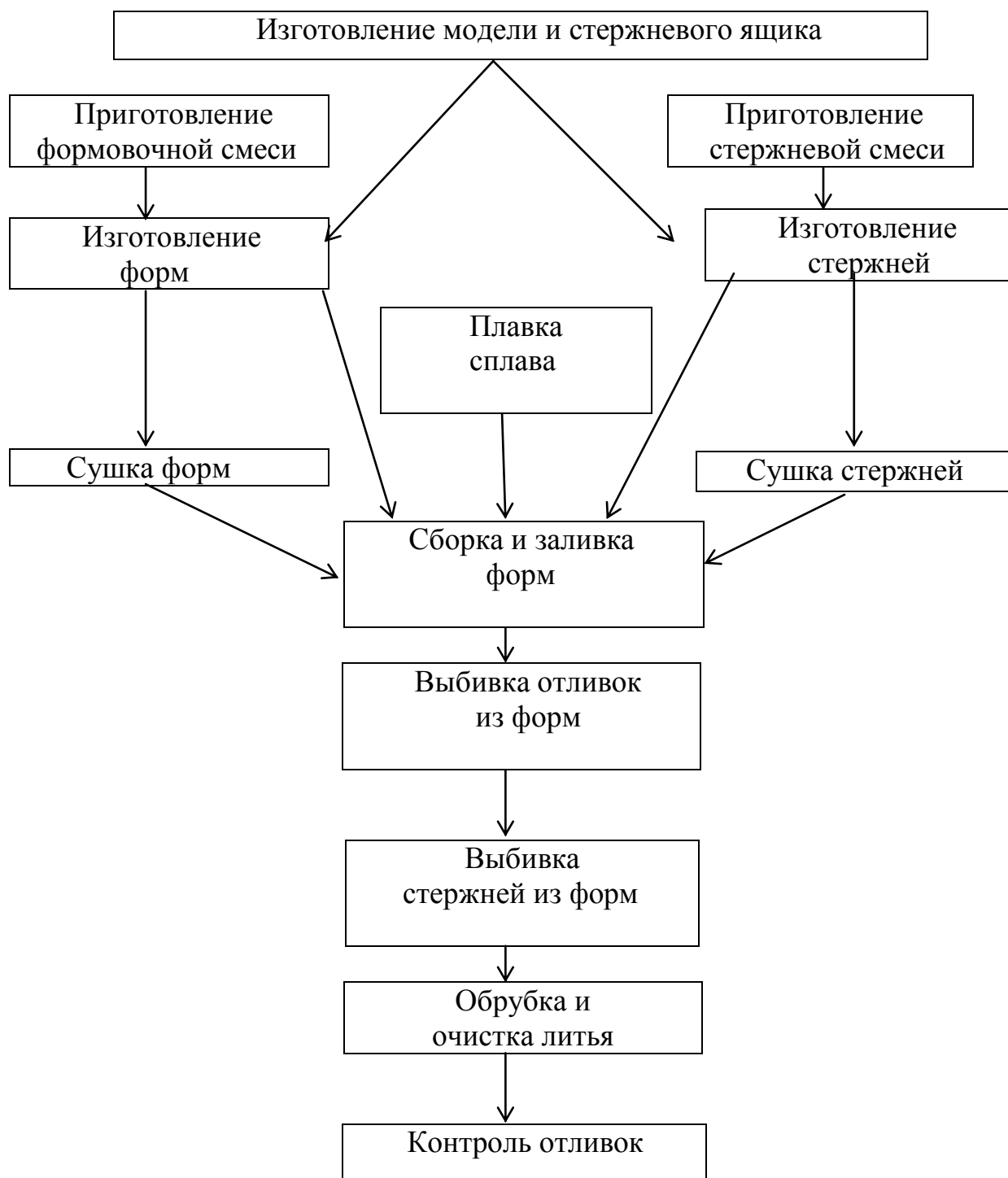


Рис. 1. Схема технологического процесса изготовления отливки

ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СМЕСИ

Значительное количество отливок из различных сплавов получают в разовых литейных формах. Для изготовления форм применяют единые, облицовочные и наполнительные формовочные смеси.

Для получения качественной отливки формовочные смеси должны обладать следующими свойствами:

1. Пластичностью – способностью воспринимать и сохранять форму модели.

2. Прочностью – способностью сопротивляться давлению залитого в неё металла,

способностью выдерживать динамическое действие падающей струи металла и механические воздействия при транспортировке.

3. Поверхностной твердостью – способностью поверхности формы сопротивляться проникновению в нее более твердого тела.

4. Газопроницаемостью – способностью смеси пропускать через себя газы.

5. Малой способностью смеси выделять газы при нагревании.

6. Текучестью – способностью смеси перемещаться под действием внешних сил или собственного веса.

7. Податливостью – способностью форм и стержней сжиматься при усадке отсасывающей отливки.

8. Низкой гигроскопичностью – способностью компонентов смеси поглощать влагу из окружающей среды.

9. Малой прилипаемостью – способностью смеси прилипать к стенкам модели или стержневого ящика.

10. Огнеупорностью – способностью смеси выдерживать высокую температуру без оплавления.

11. Низкой пригораемостью – способностью смеси привариваться к стенке отливки в результате механического и химического взаимодействия со сплавом.

12. Высокой выбиваемостью – способностью форм и стержней легко разрушаться после охлаждения отливки.

13. Долговечностью – способностью смесей сохранять свои свойства после повторных заливок.

14. «Живучестью» – способностью смесей сохранять свои физико-механические свойства от момента их приготовления до применения.

При изготовлении литейных форм смесь уплотняют вокруг модели. А при изготовлении стержней – в стержневых ящиках. Чтобы улучшить качество поверхности отливки, формы и стержни припыливают или покрывают слоем краски.

Формовочные материалы подразделяются на основные и вспомогательные.

К основным относятся пески, глины и связующие материалы.

К вспомогательным относятся противопригарные добавки, краски и другие материалы. Качество основных, вспомогательных материалов и методы их испытания регламентируются ГОСТами или техническими условиями.

ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основной частью формовочных песков являются зерна кварца. Кроме них, в состав многих песков входят глинистые материалы в количестве, не превышающем 50 %. В зависимости от содержания кремнезема и глинистой составляющей формовочные пески подразделяются на классы.

По величине зерна основной фракции формовочные пески разделяют на группы.

Формовочные глины (ГОСТ 3226-65) являются основным связующим материалом в формовочных смесях.

Связующие материалы (крепители) добавляют в смесь для повышения ее прочности в высушенном или во влажном состоянии.

В литейном производстве в качестве крепителей широко применяют концентраты сульфитно-спиртовой барды, жидкое стекло и др.

Для стального литья в качестве противопригарных материалов для облицовочных и стержневых смесей применяют хромистый железняк, хромомагнезит, магнезит, циркон, пылевидный кварц (маршалит).

Эти же материалы применяют при изготовлении противопригарных красок и паст. Для чугунного и цветного литья в качестве противопригарных материалов при формовке по сырому используют мазут и каменноугольную пыль.

Древесноугольную пыль, графит, коксовый порошок и тальк применяют при приготовлении противопригарных красок, паст и припылов. Припылы и формовочные краски также используются в качестве противопригарных средств.

Припылы – это тончайшие порошки, которые наносятся тонким слоем на поверхность сырых форм или на модели. В качестве припыла для чугунного литья применяют молотый графит и древесный уголь, а для стального литья – маршалит.

Противопригарные формовочные краски – это водные взвеси графита или маршалита и талька с добавкой огнеупорной глины и крепителей. Краски применяют для покрытия сухих форм и стержней.

Некоторые технологические свойства формовочных смесей улучшают введение добавок:

- 1) древесных опилок влажностью 20-25 % для увеличения податливости форм;
- 2) бокситов в виде молотого порошка и асбестовой крошки для улучшения выбиваемости жидкостекольных смесей;

3) молотого шамота при изготовлении полупостоянных форм чугунного литья;

4) водного раствора едкого натра, повышающего живучесть жидкостекольных смесей;

5) фтористых солей, борной кислоты и серного цвета (порошка серы) для предотвращения химического взаимодействия магниевых сплавов с кремнеземом.

Формовочные смеси изготавливают из вышеперечисленных основных и вспомогательных формовочных материалов, взятых в определённых соотношениях.

Свойства стержневых смесей должны быть более высокими, так как стержни со всех сторон окружены жидким металлом. Кроме того, они должны легко выбиваться из отливки после её извлечения из формы.

Стержневые смеси изготавливаются из кварцевого песка и специальных (связующих) крепителей.

ЛИТНИКОВАЯ СИСТЕМА

Литниковая система состоит из литниковой чаши, стояка, шлакоуловителя и питателей (*рис. 2*).

Литниковая чаша служит для приема металла из ковша, направления его в стояк, задержания шлака и смягчения удара струи жидкого металла о стенки формы.

Стояк имеет круглое сечение, по нему металл из чаши идёт в шлакоуловитель.

Шлакоуловитель предназначен для улавливания шлака и земляных включений, попавших в металл, и для разводки металла по питателям. Шлакоуловитель и питатель в поперечном сечении имеют форму трапеции.

ЛИТЕЙНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Литейные свойства являются технологическими характеристиками материала, определяющими возможность получения качественных отливок с заданными механическими свойствами (прочность, пластичность и др.). К числу основных литейных свойств относятся жидкотекучесть, усадка (линейная и объёмная), газопоглощение, склонность к возникновению внутренних напряжений и образованию трещин.

Жидкотекучестью сплава называется его способность дополнять литейную форму, воспроизводить полностью и точно её очертания.

Жидкотекучесть зависит от физических и химических свойств сплава.

При охлаждении отливок происходит уменьшение их объема и линейных размеров. Этот процесс называется усадкой.

Объемной усадкой отливки называют разницу между объемом полости $V_{п.ф.}$ и объемом отливки $V_{отл.}$ после ее полного охлаждения.

Объемная усадка выражается формулой:

$$E_v = \frac{V_{п.ф.} - V_{отл.}}{V_{отл.}} * 100, \%$$

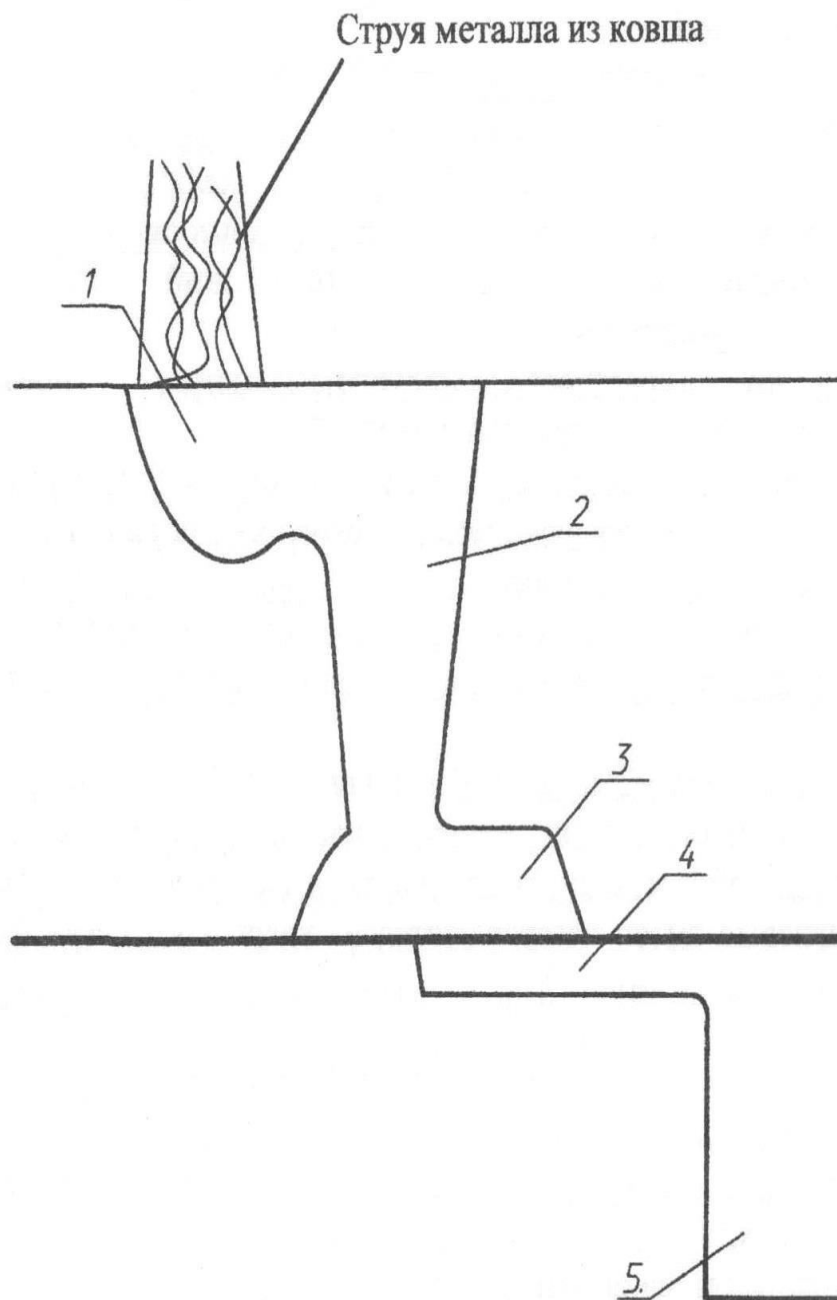


Рис.

2. Схема литниковой системы: 1 – литниковая чаша; 2 – стояк;
3 – шлакоуловитель; 4 – питатель; 5 – форма

Линейной усадкой называют разницу между линейными размерами полости формы $l_{п.ф.}$ и размерами отливки $l_{отл.}$.

Литейная усадка выражается формулой

$$E_l = \frac{l_{п.ф.} - l_{отл.}}{l_{отл.}} * 100, \%$$

От усадки в твёрдом состоянии зависят изменение линейных размеров, возникновение внутренних напряжений, трещин и колебание отливок. Усадка в жидком состоянии и в период затвердевания может быть причиной появления усадочных раковин и пористости.

Для того чтобы в отливке не было усадочной раковины, сплав должен затвердевать последовательно снизу вверх.

Если конструкция отливки это не обеспечивает, тогда используют принудительные меры: устанавливают верхние или боковые прибыли, наружные или внутренние холодильники.

Наилучшими литейными свойствами обладают серые чугуны, силумины. Литейные свойства хуже у стали, белого чугуна, алюминиевой бронзы и др. Из стали изготавливают отливки, когда нужна более высокая прочность, чем у чугуна, из алюминиевой бронзы – когда нужна более высокая прочность, чем у латуни, из магниевых сплавов – когда нужно получить легкие отливки. Температура плавления чугуна 1150 – 1300 °С. Температура заливки чугуна приводится в табл. 1, температура плавления и заливки сплавов цветных металлов – в табл. 2.

Таблица 1

Температура заливки чугунов

Группа отливок	Толщина стенки, мм	Химический состав, %, или марки чугуна	Температура заливки, °С
Очень тонкостенные отливки	2-4	Углерода, 3, 4-3, 8	1450
Тонкостенные отливки с высокими требованиями по шероховатости поверхности после механической обработки	4-10	СЧ 18	1340
		СЧ 21	1340
Отливки с высокими требованиями по шероховатости поверхности после механической обработки	20-100	СЧ 18	1340
		СЧ 21	1310
Отливки сложного очертания с высокими требованиями по шероховатости поверхности после механической обработки.	6-10	СЧ 15	1350
		СЧ 18	1340
		СЧ 21	1310

Таблица 2

Температура заливки сплавов цветных металлов

Марки сплавов	Температура, °С	
	плавления	заливки
1	2	3
Бронзы		
Бр010	1020	1270-1320
Бр010Ц2	1015	1250-1320
Бр06Ц6С3	1040	1200-1250
Бр08С12	1025	1250-1300
БрА 10	1040	1120-1150
Латуни		
ЛЦ25С2	920	1120-1160
ЛЦ40Мц1,5	880	1060-1100
Алюминиевых сплавов		
Алюминиево-цинковые	610	660
Алюминиево-медные	640	700
Дуралюмин	630	710
Силумин	635	700

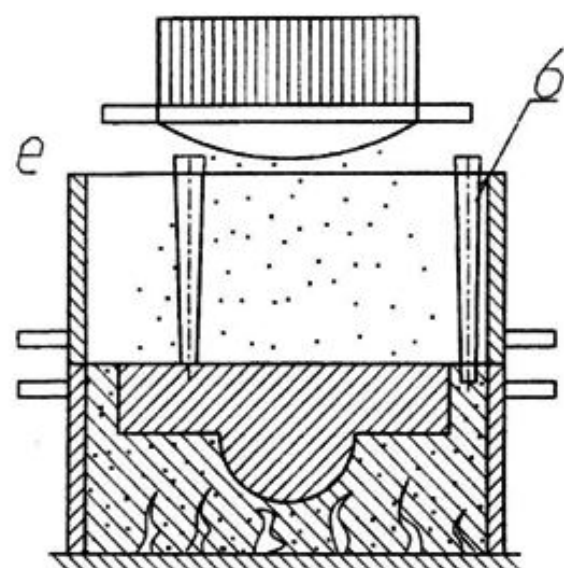
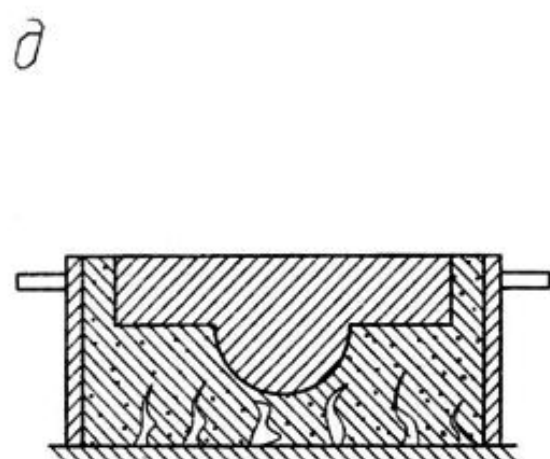
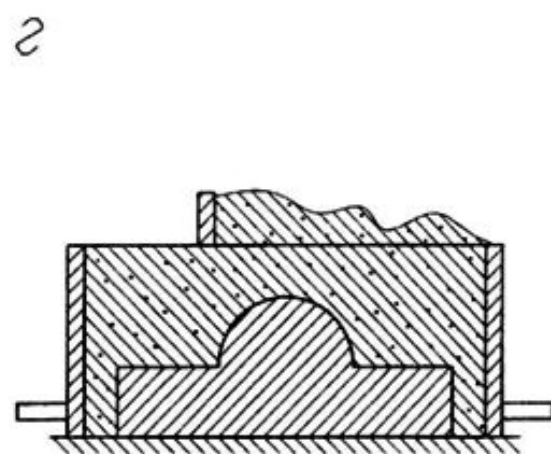
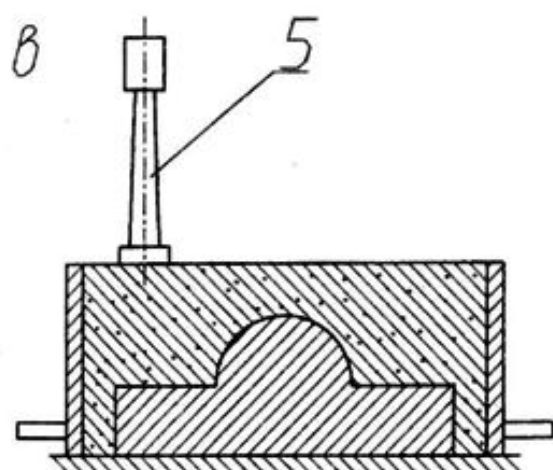
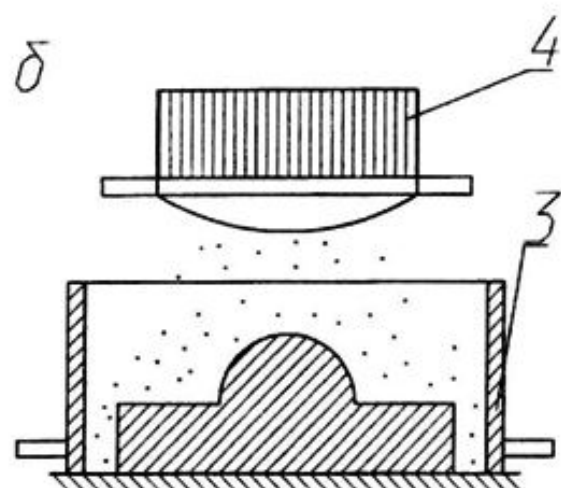
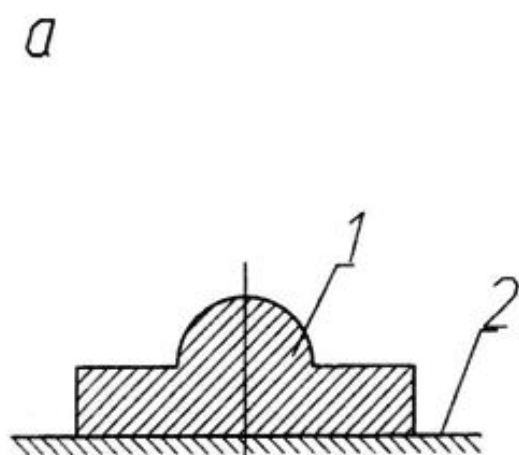
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Формовка по неразъёмной опоке

Этим способом формуют модели с плоской поверхностью, которые могут быть свободно удалены из полуформы (рис. 3).

Последовательность операций при формовке по неразъёмной модели:

- а- установка модели на модельной плите;
- б- нанесение облицовочной смеси на модель;
- в- заполнение смесью нижней опоки и уплотнение смеси;
- г- удаление излишка смеси с нижней опоки;
- д- переворот нижней опоки;
- е- установка верхней опоки, моделей стояка и выпора, нанесение облицовочной смеси на модель;
- ж- заполнение смесью верхней опоки, её уплотнение, удаление моделей стояка, выпора и изготовление литниковой чаши;
- з- снятие и переворачивание верхней опоки;
- и- прорезка питателей;
- к- удаление моделей;
- л- сборка литейной формы.



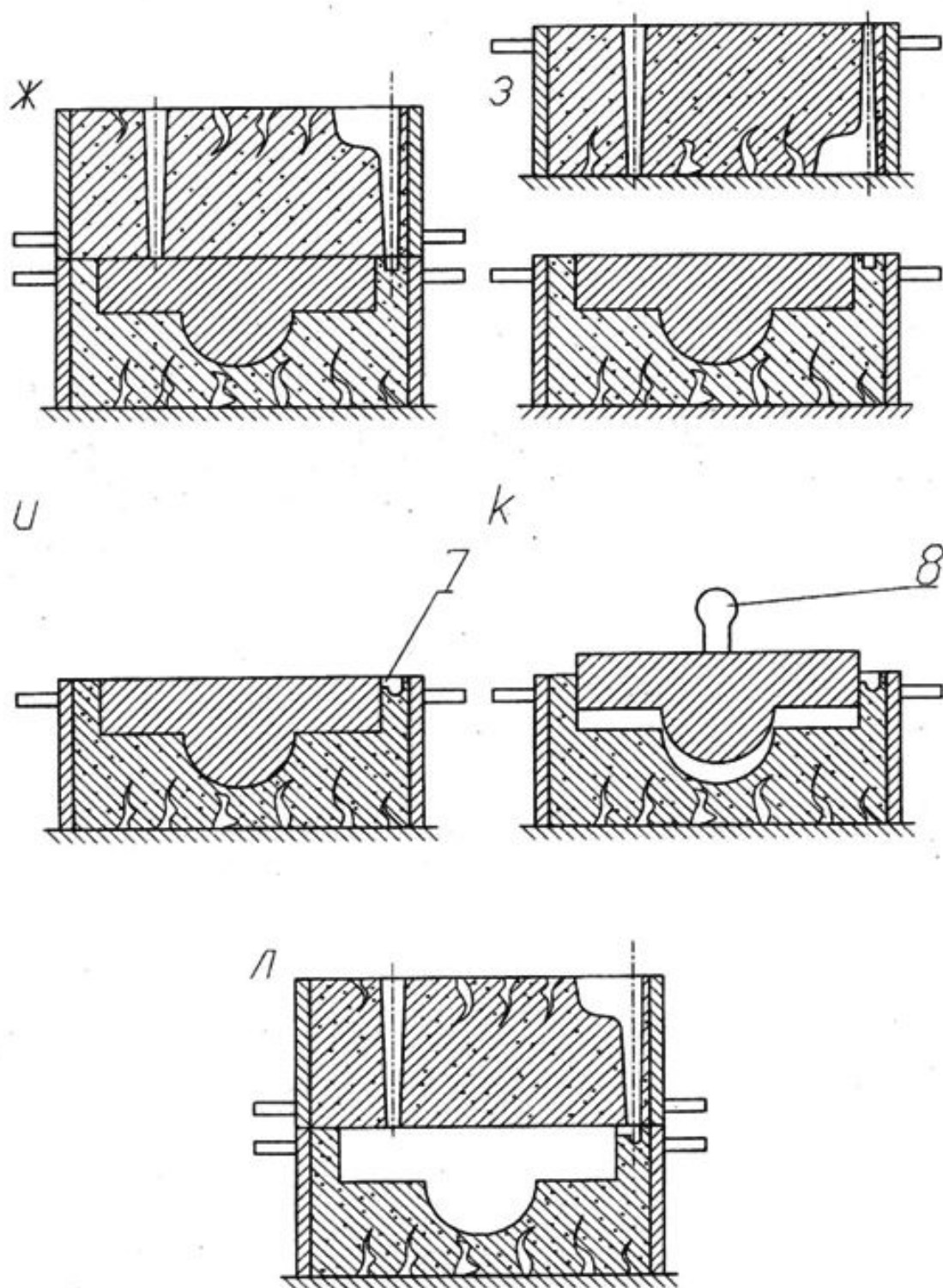


Рис. 3. Последовательность операций при формовке по неразъемной модели: 1 – модель; 2 – модельная плита; 3 – опока; 4 – сито; 5 – трамбовка; 6 – модель стояка; 7 – питатель; 8 – подъем

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Формовка по разъемной модели

Формовку в опоках по разъемной модели (рис. 4) осуществляют в следующем порядке:

1. Модель очищают от формовочной смеси, нижнюю половину модели, не имеющую центрирующих шипов, ставят плоскостью разъема на модельную плиту.

2. Устанавливают нижнюю опоку и припудривают модель припылом или наносят тонкий слой керосина.

3. Через сито с размером ячеек 4 мм на модель наносят облицовочную смесь толщиной 20-30 мм, после чего смесь уплотняют вокруг всей модели.

4. Заполняют остальной объем опоки наполнительной смесью.

5. Клиновым концом трамбовки смесь уплотняют сначала у стенок опоки, а затем в средней части, после добавления смеси выше края опоки смесь уплотняют тупым концом трамбовки.

6. Излишек смеси сверху опоки срезают линейкой ровно по высоте опоки во избежание выпучивания или оседания формы в нижней опоке после ее перевертывания.

7. Для увеличения газопроницаемости душником накладывают вентиляционные каналы с шагом накола 30-40 мм и расстоянием от модели 10-15 мм (рис. 4 в).

8. Набитую нижнюю опоку поворачивают на 180° и ставят на модельную плиту или на верстак.

9. Формовочную смесь по разъему заглаживают гладилкой, на нижнюю половину модели по центрирующим шипам устанавливают верхнюю половину модели детали и модели шлакоуловителя, стояка и выпоров.

10. Поверхность разъема формы посыпают тонким слоем сухого кварцевого песка, чтобы формовочная смесь в верхней опоке не прилипла к смеси в нижней опоке.

11. На нижнюю опоку по центрирующим шипам устанавливают верхнюю опоку.

12. Производят наполнение и уплотнение смеси в верхней опоке.

13. После уплотнения смеси вокруг стояка гладилкой прорезают литниковую чашу, душником накладывают вентиляционные каналы в верхней опоке.

14. Модели стояка и выпоров раскачивают и удаляют из верхней полуформы.

15. Верхнюю опоку снимают, переворачивают на 180° разъемом вверх и устанавливают на верстах.

16. Из полуформ после легкого раскачивания удаляют половины моделей и модель шлакоуловителя.

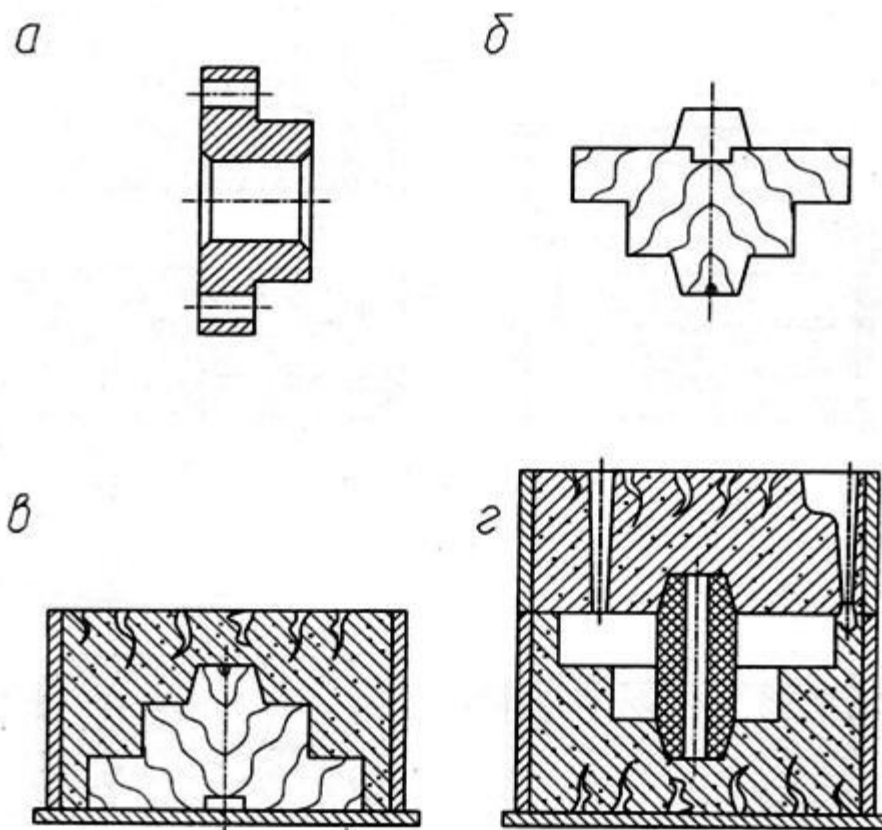


Рис. 4. Формовка по разъемной модели: а – деталь; б – модель; в – нижняя полуформа; г – форма в собранном виде

17. В нижней полуформе гладилкой прорезают питатели.
18. Обе полуформы исправляют, если произошли разрушения. Их припыливают из мешочка серебристым графитом, тальком или цементом с целью получения отливок с более чистой поверхностью.
19. В нижнюю полуформу устанавливают стержень (рис. 4 г) и закрывают ее верхней полуформой, полуформы скрепляют скобами или на верхнюю опоку устанавливают груз для предотвращения ухода жидкого металла через разъем формы во время заливки.
20. Готовую форму заливают литейным сплавом, после затвердевания сплава форму разрушают и из неё извлекают готовую отливку.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Формовка с подрезкой

Способ формовки с подрезкой (рис. 5) приходится применять, когда очертания модели не позволяют осуществить легкий и свободный разъем заформованных опок. Поэтому требуется подрезка – удаление того объема формовочной смеси, который мешает извлечению модели из формы.

Удаленная часть смеси восполнится при наполнении верхней опоки.

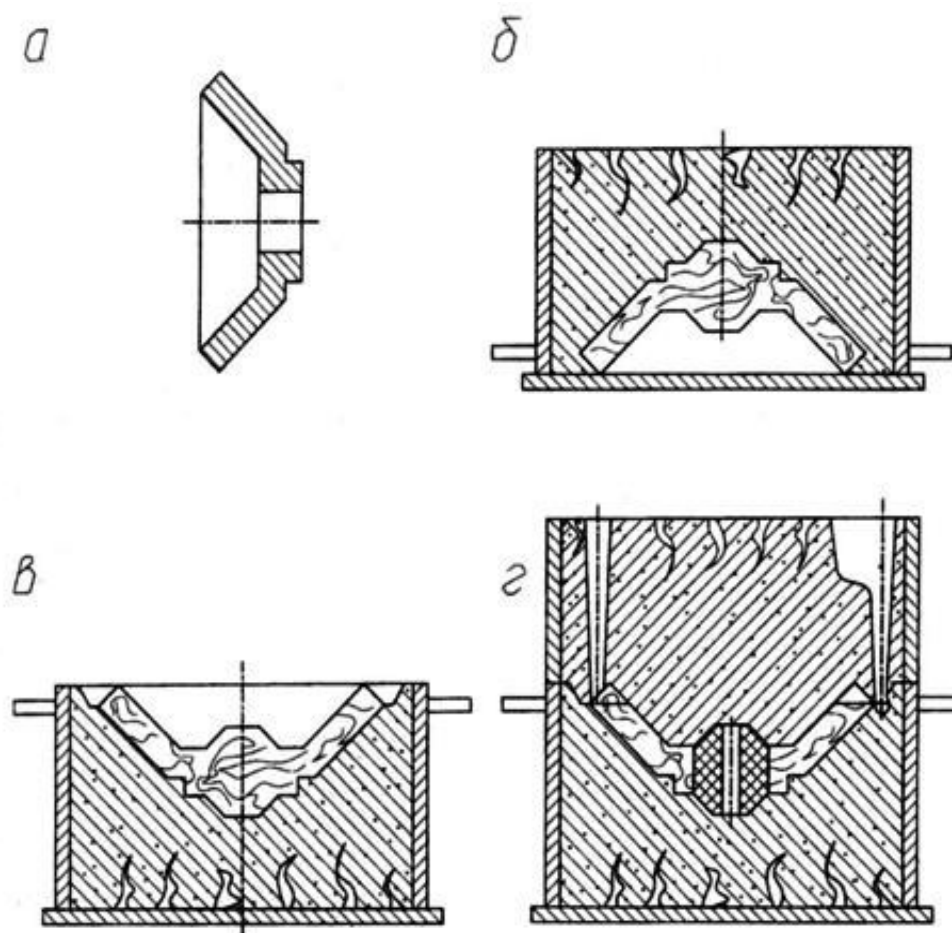


Рис. 5. Форма с подрезкой: а – деталь; б – нижняя опока; в – подрезка; г – форма в собранном виде

Формовка с подрезкой отнимает много времени и экономически может быть оправдана только при единичном производстве.

Операции при формовке с подрезкой:

1. Модель ставят на модельную плиту, в данном случае в плоскости разъема (рис. 5 а), и заформовывают в нижней опоке (рис. 5 б).
2. Нижнюю опоку поворачивают на 180° и гладилкой или ланцетом производят подрезку (рис. 5 в). Подрезку необходимо производить до частей модели, мешающих свободному ее удалению из формы.
3. На нижнюю опоку ставят верхнюю, устанавливают модели литниковой системы и набивают верхнюю опоку (рис. 5 г).
4. Во избежание отрыва земляного болвана, образованного контуром подрезки, снимают нижнюю опоку с верхней и удаляют модель. Для этого обе опоки скрепляют, переворачивают на 180° и кладут на верстак.

Проведение работ по формовке

Оборудование, инструмент и материалы:

модели, разъемные и неразъемные, модельные плиты, опоки, формовочная смесь, серебристый графит, тальк, цемент, совки, сита для просева смеси набойки и трамбовки, гладилки, крючки, душники, подъемы для модели, клещи для извлечения отливок из форм, молотки, жидкий металл для заливки форм, спецодежда для формовщика (брезентовый костюм, рукавицы, защитные очки).

Порядок проведения работы

1. Подготовить модельно-опочные комплекты, формовочную смесь, формовочный инструмент и рабочее место.
2. Изготовить формы в опоках по разъемной и неразъемной моделям.
3. Залить формы сплавом.
4. Охлажденные отливки выбить из форм и очистить их поверхность.
5. Произвести оценку качества форм и отливок. При необходимости разрезать отливки.

Содержание отчёта

1. Описание технологии изготовления форм.
2. Чертежи моделей, форм и изготовленных отливок.
3. Оценка качества отливок и форм.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Изготовление стержней

Стержни можно изготовить в неразъемных и разъемных стержневых ящиках. Наиболее часто используют разъемные ящики (*рис. 6*), состоящие из двух частей, центрирующихся с помощью шипов и втулок, скрепляющихся скобами или струбцинами.

Рабочую полость стержневого ящика (1) очищают от приставшей стержневой смеси и протирают хлопчатобумажной тканью, смоченной в керосине.

Центрирующими шипами (2) и гнездом (3) соединяют обе части ящика и скрепляют скобами 8. Ящик устанавливают на щиток (7) и наполняют стержневой смесью, смесь уплотняют.

С торцевой стороны в стержень вводят каркас (5) из проволоки. Торцы стержня заглаживают гладилкой, а затем в них накалывают

вентиляционные каналы (6). Готовый стержень (4) извлекают из стержневого ящика и устанавливают на плиту для сушки.

ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТЫ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ СТЕРЖНЕЙ

Оборудование, инструмент и материалы:
стержневые ящики, печь для сушки стержней, сушильные плиты, совки, набойки трамбовки, гладилки, ланцеты, крючки, душники, стержневая смесь.

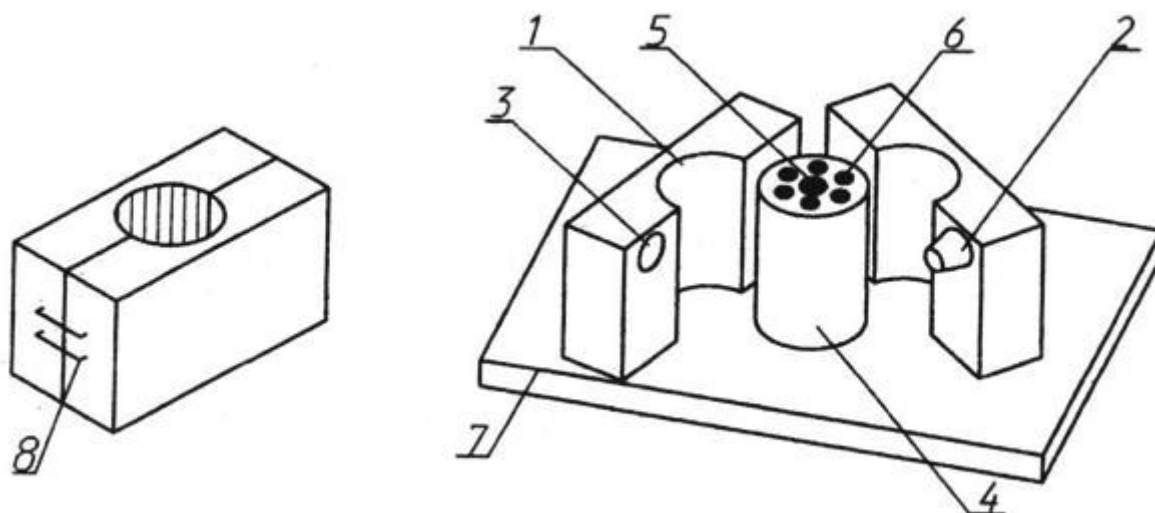


Рис. 6. Изготовление стержня в разъемном ящике

Порядок проведения работы

1. Подготовить стержневые ящики, формовочный инструмент и рабочее место.
2. Изготовить стержни по разъемным и неразъемным ящикам.
3. После сушки и охлаждения стержней оценить их качество, при наличии дефектов установить характер и причины их возникновения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Материаловедение и технология металлов/ Г.П. Фетисов, М.Г. Каримак, В.М. Матюник и др./; под. ред. Г.П. Фетисова. – М.: Высшая школа, 2000.

Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов. – СПб.: Политехника, 2000.

Технология конструкционных материалов/ И.А. Арумюнова, А.М. Дальский, Т.М. Барсукова и др./ под. ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 1985.

Содержание

Введение.....	3
Технологический процесс изготовления литых деталей.....	-
Формовочные материалы и смеси.....	5
Формовочные материалы.....	6
Литниковая система.....	7
Литейные металлы и сплавы.....	-
Лабораторная работа № 1. Формовка по неразъемной модели.....	10
Лабораторная работа № 2. Формовка по разъемной модели.....	13
Лабораторная работа № 3. Формовка с подрезкой.....	14
Лабораторная работа № 4. Изготовление стержней.....	16