

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 ОТЛИВОК ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ 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 отливок деталей методом литья по выплавляемым моделям /  
А. В. Балякин, Р. А. Вдовин. – Самара: Изд-во Самар. ун- та, 2017. - 17 с.

В лабораторном практикуме изучаются теоретические основы о специальных методах литья и изготовлению отливок деталей на установке вакуумного литья нержавеющей и конструкционных сталей. Результатом выполнения работы является контроль литейных дефектов полученных отливок, таких как: шероховатость поверхности, усадочных раковин, горячих и холодных трещин.

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
1. Цель и задачи работы .....	6
2. Последовательность выполнения работы .....	6
3. Оборудование, инструменты, оснастка и материалы, применяемые в работе .....	7
4. Общие сведения о специальных видах литья .....	8
4.1 Изготовление моделей.....	9
4.2 Изготовление керамической оболочки.....	10
5. Порядок проведения работы.....	14
6. Результаты наблюдений и их обработка .....	15
7. Содержание отчета.....	15
Контрольные вопросы .....	16
Библиографический список .....	17

## 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 №4**

## **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

### **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

Цель работы – изучение технологических процессов изготовления деталей методами литья и получение практических навыков расчета оптимальных режимов изготовления отливок.

Задачи:

- ознакомиться с теоретическими положениями изготовления отливок;
- 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 отливок деталей.
4. Ознакомиться с методикой и программой проведения лабораторной работы.
5. Определить оптимальные условия изготовления отливок деталей.
6. Провести изготовление отливки детали.
7. Оформить отчет по работе.

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

Оборудование:

1. Система для вакуумного литья нержавеющей и конструкционных сталей SGA 3500;
2. Система для вакуумного литья полимеров МТТ 4/05;
3. Установка воздушно-тепловой сушки 2155А;
4. Термическая печь Nabertherm (30 - 1300<sup>0</sup>С);
5. Бак суспензии для 1-2 слоя;
6. Бак суспензии для третьего и последующих слоев;
7. Обсыпной барабан;
8. Профилограф НОММЕЛ-ЕТАМІС W55-R20-300.

Инструменты:

1. Пневмостеплер SUMAKE 80/25;
2. Сито;
3. Вискозиметр ВЗ-4;
4. РН метр testo;
5. Напильник;
6. Ножовка;
7. Молоток;
8. Клещи;
9. Шпатель.

Оснастка:

1. Эластичные силиконовые формы для изготовления моделей отливок и элементов литниковой системы;
2. Термоёмкость для плавления и заливки воскового модельного состава системы вакуумного литья полимеров МТТ 4/05;
3. Тигель керамический для печки ProfiCast 3500.

Материалы:

1. Восковой модельный состав Paramelt;

2. Суспензия REMASOL® Premium Plus для первых слоев;
3. Суспензия REMASOL® Premium для последующих слоев;
4. Измельченный циркон REMET FG 200 меш;
5. Керамический песок 325 фракцией зерна 14 x 28;
6. Металл для заливки;
7. Спецодежда.

#### **4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДАХ ЛИТЬЯ**

Литье по выплавляемым моделям (ЛВМ). Отливки, полученные ЛВМ, имеют высокую точность, хорошее качество поверхности, требуемые механические свойства, т.е. конкурентоспособны с другими заготовками. Коэффициент использования металла в таких отливках в среднем равен 0,9, в то время как в отливках, полученных традиционным способом, он составляет 0,65, а в поковках и штамповках еще меньше. Меньше металла уходит в стружку, сокращается парк станочного оборудования, повышается экономичность.

Литые заготовки, полученные методами ЛВМ, отличаются от отливок, полученных традиционным способом литья в одноразовые песчано-глинистые формы, повышенной точностью, состоянием поверхности, механическими свойствами и эстетичностью.

Специальными видами литья называются процессы получения литых заготовок, имеющие принципиальное отличие от традиционного процесса литья в одноразовые песчано-глинистые формы (песчано-смоляные формы) и отличающиеся повышенной, точностью, хорошим качеством поверхности и требуемыми механическими свойствами отливок.

Литье по выплавляемым моделям широко применяют в машиностроении, приборостроении и других отраслях. По сравнению с литьем в песчаные формы оно имеет ряд преимуществ:

- отливки характеризуются чистой поверхностью ( $R_z = 40-10$  мкм по ГОСТ 2789-73) без пригара, высокой точностью (3-8-й класс по ГОСТ 26645-85) размеров и масс, иногда даже не предусматривают припуски на обработку резанием, в частности из сплавов, которые не подвергаются этой обработке;



- отливки характеризуются самой сложной конфигурацией;
- масса отливок может быть от нескольких граммов до нескольких десятков килограммов, а стенки могут быть толщиной до 0,5 мм.

Технологический процесс изготовления отливок ведут в определенной последовательности.

#### 4.1 Изготовление моделей

Модели отливок и литниковых систем изготавливают в эластичных силиконовых формах. Размеры внутренней полости формы учитывают усадку модельного состава, металла отливки и расширение оболочки при прокаливании. Для изготовления моделей применяют легкоплавкую восковую модельную массу Paramelt. Расплавление массы ведут с использованием термоёмкости для плавления и заливки воскового модельного состава системы вакуумного литья полимеров МТТ 4/05. Так же модели отливок и литниковых систем изготавливают с использованием металлических пресс-форм.

Существует два способа заполнения пресс-форм и эластичных силиконовых форм: свободная заливка жидкого модельного состава (рисунок 1, а) и запрессовка модельного состава в пастообразном состоянии (рисунок 1, б). При первом способе рабочую полость форм смазывают тонким слоем трансформаторного масла или раствором касторового масла в спирте (1:1). Затем форму собирают и заливают модельным составом при температуре 80-100 °С. Эластичные силиконовые формы перед заливкой восковой модельной массы выдерживают в термошкафе при температуре 80°С. После полного остывания эластичную силиконовую форму раскрывают и извлекают из нее затвердевшую модель. Металлические пресс-формы прогревать не нужно их заливают модельным составом при температуре 50-60 °С. Через 5-7 мин затвердевшую модель удаляют из пресс-формы. Так же изготавливают модели элементов литниковой системы. При втором способе модельный состав, охлажденный до пастообразного состояния, запрессовывают в пресс-форму с помощью шприца. Через 2-3 мин затвердевшую модель удаляют из пресс-формы.

После снятия заусенцев модели отливок и элементов литниковой системы собирают в блоки - припаивают. Шпателем или ножом, нагретым до температуры 150 °С, подплавляют нижний торец стояка и центр коллектора, после чего их соединяют в месте пайки и выдерживают до полного затвердевания и упрочнения оплавленного слоя. Модели мелких отливок простой конфигурации собирают в блок-елку непосредственно на стояке (рисунок 2, а). Модели, имеющие большие размеры по высоте, собирают в блоки на дисковом коллекторе (рисунок 2, б). Модели массивных отливок, требующих дополнительного питания металлом в процессе затвердевания, монтируют в блоки с подводом металла сверху (рисунок 2, в). Коллектор в этом случае выполняет роль прибыли.

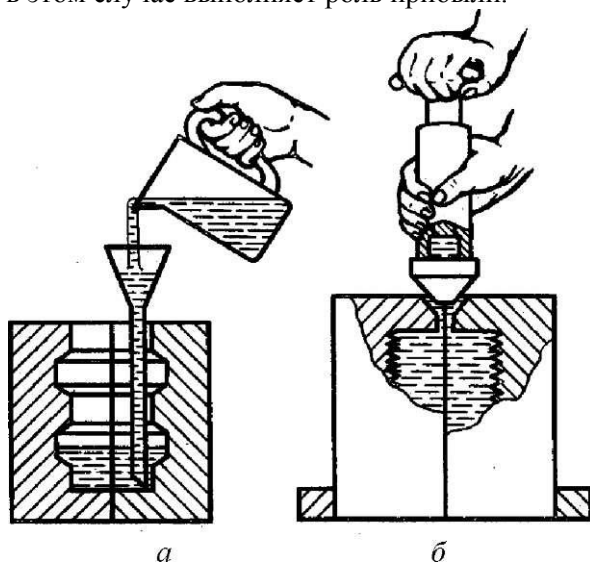


Рисунок 1 – Способы заполнения пресс-форм модельной массой

#### 4.2 Изготовление керамической оболочки.

Процесс изготовления керамических оболочек включает следующие операции: приготовление связующего раствора и суспензии, формирование керамического покрытия на поверхности блока моделей, выплавление моделей и прокаливание форм.

Связующие Remasol имеют пониженную вязкость и способны совмещаться практически с любыми наполнителями, используемыми

в ЛВМ. Низкая вязкость также дает возможность введения большего количества наполнителя. Как уже говорилось, расчет компонентов суспензии ведется относительно ее массы. Например, при приготовлении первого слоя необходимо ввести до 80% (массы) наполнителя относительно общей массы суспензии. Пример: на 10 кг суспензии - 2 кг связующего на 8 кг наполнителя. Однако, данные количества являются лишь рекомендуемыми. Разумеется, максимальное количество наполнителя определяется вязкостью полученной смеси. Вводить наполнитель следует следующим образом, сначала 50% от необходимого количество с постепенным смачиванием, а затем, добавляя понемногу оставшееся количество, получают необходимую вязкость суспензии. Окончанием процесса смачивания наполнителя считается время, когда получилась равномерная суспензия без комков, и ее вязкость остается постоянной в течение длительного времени. Аналогичный подход применяют при изготовлении суспензии для опорных слоев. Разница лишь в количестве введенного наполнителя - 60% (масс. ) от массы суспензии в зависимости от вязкости. (на 10 кг суспензии - 4 кг связующего и 6 кг наполнителя). Перемешивание – аналогично. Рекомендуемая вязкость суспензии лицевого слоя на Premium Plus должна быть на 10 секунд больше по чашке ВЗ-4 аналогичной суспензии на этилсиликате. То же самое справедливо и для последующих слоев на Remasol Premium.

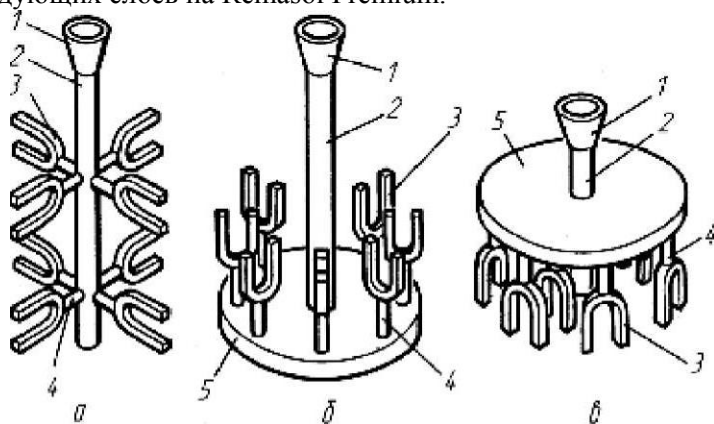


Рисунок 2 – Модельные блоки:

1 - литниковая воронка; 2 - стояк; 3 - модель; 4 - питатель; 5 - коллектор

Нанесение слоев на восковую модель, необходимо убедиться в достаточной смачиваемости поверхности модели связующим, при необходимости обработать поверхность модели моющим средством. Смачивание моделей необходимо проводить под углом приблизительно 30 градусов во избежание образования пузырей на поверхности модели. Если модель имеет поднутрения, вырезы, изменения толщин, необходимо убедиться в полном смачивании поверхности, например, в случае поднутрений или вырезов возможно смачивание модели "вниз головой", чтобы обеспечить полное заполнение всей поверхности. После извлечения модели необходимо дать стечь излишкам связующего полностью в бак и сразу приступить к обсыпке.

Обсыпка. При обсыпке необходимо медленно вращать модель для построения оболочки с равномерной толщиной. Подаваемый воздух не должен быть слишком горячим во избежание подсыхания связующего, так как в этом случае возможно осыпание обсыпки и нарушение толщины оболочки, что приведет к снижению прочности. Особенно это важно на участках со сложным геометрическим профилем, как уже говорилось выше.

Сушка каждого слоя производится до кондиции, когда возможно будет избежать осыпания обсыпки. Обсыпка должна быть прочно на поверхности, материал сухой на ощупь. Однако, для обеспечения равномерного наложения опорных слоев друг на друга необходимо избавиться встряхиванием от «лишних», неприлипших частиц обсыпки на поверхности.

Рекомендуемые режимы сушки:

Первый слой - при относительной влажности воздуха 50%, 20°C, БЕЗ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА!, составляет 4 часа

Опорные слои - при относительной влажности воздуха 50%, 20°C, движение воздуха 1 м/с, составляет 2 часа на слой.

При увеличении температуры (до 30°C макс.) и скорости обдува воздухом опорных слоев возможно снижение времени сушки до 45 минут - 1 часа.

Количество слоев рекомендуется оставить таким же, как и для оболочки на основе этил-силиката на первом этапе. Пожалуйста, контролируйте осыпание обсыпки, следите за равномерностью толщины оболочки!

Перед выплавлением модели напильником стачивают участок керамической оболочки с торцевой части литниковой воронки. Вытопка модельной массы может производиться как в кипящей воде, так и в бойлерклаве. Максимальное время вытопки – 10 минут. Возможна вытопка и в расплаве модельной массы.

Прокаливание производится при температуре 850-950°C в течение по меньшей мере одного часа. Рекомендуемое время - 3 часа. Прокаливание может проводиться без использования опорного наполнителя. При этом выгорают остатки модельной массы, удаляется влага, повышается газопроницаемость оболочки, снижается ее прочность, что уменьшает опасность возникновения внутренних напряжений и трещин в отливках. Сталь, никелевые и медные сплавы заливают в горячие формы, алюминиевые сплавы - в холодные.

После прокаливания рекомендуется немедленная заливка металла в форму без какого-либо охлаждения.

При заливке поставьте оболочку в ящик (рисунок 3), заполненный песком, так чтобы дно оболочки стояло на песке и не касалось твердой поверхности. Наклоните оболочку с таким расчетом, чтобы металл стекал по стенке на дно, а не попадал на дно непосредственно с высоты.

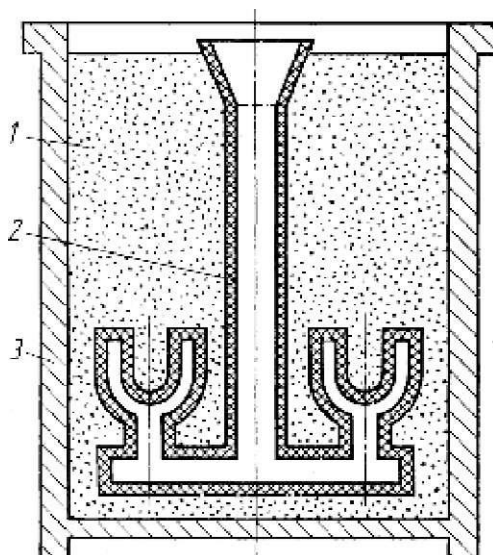


Рисунок 3 – Форма для литья по выплавляемым моделям

Залитые формы охлаждают в течение 40-60 мин и извлекают из них блоки. Поверхность отливок очищают от остатков керамического покрытия. Отливки отрезают от литниковой системы с помощью механической пилы или ручной ножовки.

## 5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Работа рассчитана на 12 ч.

Приготовить модельный состав.

Изготовить модели отливок и элементов литниковых систем в пресс-формах.

Собрать модельные блоки.

Приготовить связующий раствор и суспензию.

Нанести керамическое покрытие на поверхность модельных блоков.

Выплавить модели из керамической оболочки.

Прокалить литейную форму.

Залить форму не магнитным сплавом.

После охлаждения, выбивки и очистки блоков отрезать отливки от литниковой системы.

Оценить качество и шероховатость поверхности отливок.

## **6. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ И ИХ ОБРАБОТКА**

Результаты измерения шероховатости поверхности отливок внести в рабочий журнал. Провести статистическую обработку результатов измерения шероховатости. Найти доверительный интервал при вероятности 0,95.

## **7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Описание технологии изготовления отливок по выплавляемым моделям.

Эскизы эластичных силиконовых форм, модельного блока и литейной формы.

Результаты определения шероховатости поверхности отливок и описание качества поверхности.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается сущность способа литья по выплавляемым моделям?
2. Каковы преимущества, недостатки и область применения способа литья по выплавляемым моделям?
3. Какие исходные материалы применяют для изготовления моделей и оболочковых форм?
4. Как изготавливают модели и формы?
5. Расскажите технологию изготовления огнеупорной суспензии?
6. В каких режимах сушат оболочки?
7. С какой целью проводится термическая обработка оболочковых форм?
8. Как происходит заливка формы?
9. Каковы финишные операции обработки отливок?



## 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.