

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Калужский филиал
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования
«Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Н.С. Герасимова, В.Е. Хайченко, В.Д. Шкилев

ОТРАБОТКА НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Учебный практикум
по дисциплине «Технология конструкционных материалов»

Калуга, 2019

УДК 669.0

ББК 34.61

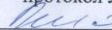
Г 37

Данный учебный практикум издается в соответствии с учебным планом для всех специальностей.

Учебный практикум рассмотрен и одобрен:

-кафедрой «Материаловедение и химия» (М5-КФ)

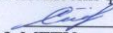
протокол № 9 от «13» апреля 2019 г.

Зав. кафедрой  д.т.н., профессор В.К. Шаталов

-методической комиссией факультета М-КФ

протокол № 8 от «10» мая 2019 г.


Председатель методической комиссии факультета М-КФ


 к.ф.-м.н., доцент Степанов С.Е.

-методической комиссией КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана


протокол № 8 от «4» 06 2019 г.


председатель метод.комиссии


 д.э.н. профессор О.Л. Перерва

Рецензент  доцент кафедры М1-КФ, к.т.н. Мусохранов М.В.

Авторы:

 к.т.н., доцент Герасимова Н.С.

 ст. преп. Хайченко В.Е.

 к.т.н., доцент Шкилев В.Д.

Аннотация

Учебный практикум предназначен для практических занятий по литейному производству. В нем даются основы знаний на основных этапах технологии изготовления отливок, основные понятия литейного производства. Учебный практикум предназначен для студентов всех специальностей.

© КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019 г.

© Герасимова Н.С.

© Хайченко В.Е.

© Шкилев В.Д.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	3
ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ	4
1. ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО	4
2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ УЧИТЫВАТЬ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВОК	5
2.1. МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК	6
2.1.1. СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА	6
2.1.2. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ	7
2.1.2.1. МЕДНЫЕ СПЛАВЫ	7
2.1.2.2. АЛЮМИНЕВЫЕ СПЛАВЫ.....	8
3. ЛИТЕЙНАЯ ФОРМА.....	8
4. ПЛАВКА МЕТАЛЛА И ЗАЛИВКА ФОРМЫ	9
5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВКИ	12
6. ЗАДАНИЕ НА ПРАКТИЧЕСКУЮ РАБОТУ	12
ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ:	13
ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ.....	13
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	14

ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель: формирование практических навыков отработки на технологичность литых деталей.

Задачи: изучить технологические процессы литья. Ознакомиться с требованиями к конструкции литых деталей, получить навык разработки чертежа технологичной литой детали.

1. ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Смысл изготовления изделий или заготовок получаемых для них литьем прост: изготавливается форма из материала, который может выдержать температуру и химическую активность заливаемого жидкого металла; в печи футерованной огнеупорным материалом расплавляется металл; с помощью ковша расплавленный металл заливается в форму; залитый металл кристаллизуется в форме и остывает до температуры окружающей среды; полученная отливка удаляется из формы с выполнением последующих операций.

Форма несет функцию получения геометрических размеров отливки и чистоты её поверхности.

Заливаемый металл после кристаллизации обеспечивает содержание отливки (физические и химические свойства).

Языком ГОСТ 3.1109- сущность формообразования литьем заключается в заполнении металлом (расплавом) полости заданных форм и размеров с последующим его затвердеванием и охлаждением.

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО - область машиностроения, занимающаяся изготовлением отливок.

ОТЛИВКА - заготовка или деталь, получаемая после затвердевания металла в литейной форме.

Литейная технология один из древнейших способов получения изделий из металла.

Корни этой технологии археологи увидели уже в бронзовом веке, далее железный век и наше современное производство. Наш земляк К.Э.Циолковский так писал о литейном производстве: «Легче всего производство машин отливкою. Стоит только приготовить форму и лить в неё жидкий металл».

Изготовление заготовок и деталей методом литья используется во всех отраслях промышленного производства, а также в архитектуре, медицине и иных областях жизни человека. Основные преимущества литейного производства по сравнению с обработкой давлением, обработкой резанием и сваркой:

- это наиболее простой и дешевый способ получения деталей и заготовок;
- масса получаемых литых изделий может быть от нескольких грамм до сотни тонн;
- размеры литых деталей колеблются от нескольких миллиметров до десятков метров;
- при использовании специальных способов литья получают отливки высокого качества, которые имеют минимальные припуски и высокую чистоту поверхности;
- литьём получают детали, как простой, так и сложной формы из любых металлов и сплавов на их основе, которые нельзя или трудно получить другими способами.

Образцы литых деталей и способы литья представлены на стендах лаборатории.

2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ УЧИТЫВАТЬ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВОК

К основным законам, влияющим на процесс получения литой детали в соответствии с требованиями чертежа относятся: [жидкотекучесть](#), [усадка](#), [ликвация](#).

ЖИДКОТЕКУЧЕСТЬ – способность расплавленного металла заполнить контур литейной формы и обеспечить выполнение геометрических размеров и чистоты поверхности литой детали. Жидкотекучесть зависит от металла или сплава на его основе, а также от его температуры при заливке формы. При расплавлении металла расстояние между атомами увеличивается и межатомные связи ослабевают, но не разрываются, этим и объясняется необходимость учитывать эту особенность жидкого металла при изготовлении литых заготовок.

УСАДКА – свойство металла уменьшать свой объем при затвердевании и последующем охлаждении. Причиной образования усадки является изменение расстояния между атомами в процессе пе-

рехода металла из жидкого состояния в твердое и последующего охлаждения его до температуры окружающей среды. Величина усадки зависит от металла или сплава на его основе и температуры заливаемого в форму металла. Величину усадки учитывают при изготовлении литейной формы. Усадку разделяют на два вида: объемную и линейную. Объемная – это уменьшение размеров по трем координатам (X,Y,Z). Линейная – это уменьшение размера по одной из трех координат. Величина усадки металлов и сплавов применяемых в литье колеблется: линейная - от 0,5 - 2,4%, объемная - от 0,9 – 8%.

ЛИКВАЦИЯ – изменение химического состава сплава по объему отливки или кристалла.

2.1. МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК

Основную массу отливок, используемых в промышленности и других отраслях изготавливают из сплавов на основе железа, меди, алюминия, магния, цинка, никеля, титана и других. Рассмотрим основные металлы и их сплавы применяемые при изготовлении отливок.

2.1.1. СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Сплавы на основе железа относятся к классу черных металлов и сплавов. Они подразделяются на два основных вида: чугуны, стали.

Чугун – сплав железа с углеродом. Содержание углерода в чугунах может колебаться от 2,15 – 6%, в основном используются чугуны с содержанием углерода от 2,4 до 3,8 %. Кроме углерода в состав чугуна входят как постоянные составляющие: кремний, марганец, сера и фосфор. В свою очередь чугуны делятся на: серые, высокопрочные, чугуны с вермикулярным графитом, белые чугуны, ковкие чугуны, специальные чугуны.

Особенностью чугунов является то, что углерод в сплаве может находиться не только в растворенном и связанном состоянии, также в свободном состоянии. Свободный углерод в чугуне равномерно распределен в металлической основе сплава, форма включений углерода

в виде графита разнообразна. Связанный углерод в чугунах представляет собой химическое соединение – карбид железа. Широкое применение получили серые чугуны с пластинчатым графитом, они обладают хорошими литейными свойствами (хорошей жидкотекучестью и малой усадкой). Хорошие литейные свойства чугуна позволяют получать сложные по конфигурации тонкостенные отливки. В промышленности это: станины машин, корпуса редукторов, опоры подшипников, сантехнические изделия (канализационные трубы, батареи отопления, корпуса запорной арматуры, канализационные люки, ванны). Используют чугунные отливки и в архитектуре (статуи, элементы зданий и сооружений).

Сталь – сплав железа с углеродом, в котором содержание углерода доходит до 2,14%. Стальные литые детали широко применяют во всех отраслях промышленного производства. Сталь применяют, прежде всего, для деталей, к которым предъявляют повышенные требования по прочности, пластичности, надежности и долговечности при эксплуатации. Масса производимых отливок колеблется от нескольких граммов до сотен тонн, соответственно и размеры от нескольких миллиметров до десятков метров.

Литейные свойства стали значительно хуже, чем у чугуна и сплавов цветных металлов (алюминиевых сплавов, бронз, латуни). Стали имеют высокую усадку, низкую жидкотекучесть, а высоколегированные стали склонность к дендритной ликвации.

2.1.2. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Цветные металлы и сплавы на их основе – к ним относятся металлы и сплавы на их основе: меди, алюминия, цинка, олова, никель, титан и других металлов.

2.1.2.1. МЕДНЫЕ СПЛАВЫ

Медные сплавы – подразделяются на *бронзы* и *латуни*.

Бронзы в свою очередь подразделяются на оловянные (сплав меди с оловом) и безоловянные (сплав меди с алюминием, железом, марганцем, никелем и другими металлами).

Латуни – сплавы меди с цинком, в которых могут также присутствовать такие металлы как: кремний, алюминий, железо, марганец, свинец).

Основные преимущества медных сплавов: высокая коррозионная стойкость, теплопроводность и электропроводность, хорошее сопротивление износу, низкий коэффициент трения, хорошо работают при отрицательных температурах. Они немагнитны и хорошо обрабатываются резаньем.

Недостатки медных сплавов – высокая плотность и низкие свойства при высоких температурах.

Бронзы имеют умеренную жидкотекучесть, малую линейную усадку, четко воспроизводят рельеф формы в сложных отливках при художественном литье, однако они склонны к объемной ликвации

Из бронз получают главным образом отливки работающие под давлением, в условиях трения.

Латуни имеют хорошую жидкотекучесть, большую, чем у бронз линейную усадку. Литейные латуни применяют для изготовления фасонных отливок, которые невозможно изготовить обработкой давлением.

2.1.2.2. АЛЮМИНЕВЫЕ СПЛАВЫ

Алюминиевые сплавы – сплавы алюминия с кремнием, магнием, медью, титаном, марганцем, цинком и другими металлами. Самыми распространенными алюминиевыми сплавами для получения отливок являются сплавы алюминия с кремнием, они называются силуминами, содержание кремния в них колеблется от 6 до 13 %.

Алюминиевые сплавы обладают хорошей жидкотекучестью, сравнительно невысокой линейной усадкой, что позволяет получать тонкостенные отливки сложной конфигурации.

Отливки из алюминиевых сплавов используют во всех отраслях промышленности.

3. ЛИТЕЙНАЯ ФОРМА

Литейная форма практически всегда состоит из двух половинок.

Литейные формы подразделяются на *одноразовые* и *многократно*. Одноразовые формы после заливки, кристаллизации и охлаждения металла разрушаются, а из многократной отливки извлекается.

Литейная форма зависит от способа получения отливки. В настоящее время насчитывается около пятидесяти способов литья, основными являются: литьё в песчаные формы (с использованием разных способов соединения частиц огнеупорного материала); литьё по выплавляемым моделям; литьё в кокиль; литьё под давлением; центробежное литьё; литьё под низким давлением.

4. ПЛАВКА МЕТАЛЛА И ЗАЛИВКА ФОРМЫ

Плавка – процесс перевода металла из твердого состояния в жидкое. Исходные материалы, которые используются для выплавки литейных сплавов, называются шихтой. В состав шихты входят следующие основные компоненты: исходный материал в виде слитков, отходы собственного производства (литники, бракованные отливки), шлакообразующие компоненты, лигатуры, модификаторы.

Слитки исходного материала формируют основной химический состав сплава.

Отходы собственного производства обеспечивают минимальные потери металла в процессе производства.

Шлакообразующие компоненты обеспечивают защиту поверхности жидкого металла от окисления и очищают расплавленный металл от посторонних примесей.

Лигатуры обеспечивают легирование металла отдельными легирующими добавками.

Модификаторы позволяют измельчить зерно в процессе кристаллизации отливки.

Типы печей для плавки металла: пламенные, дуговые, индукционные, эл. сопротивления, плазменные.

Общая схема конструкции всех печей для плавки металла: тигель – емкость для где проходит весь цикл плавки, каркас с теплоизоляцией или охлаждением тигля и системой для слива жидкого металла, источник тепла - устройство для передачи тепла расплавляемому металлу.

Пламенные печи, в качестве топлива для расплавления металла используется газ. Передача тепла происходит конвекцией. Применяются в основном для плавки алюминиевых сплавов и частично медных сплавов.

Дуговые печи, источником тепла для расплавления металла является электрическая дуга, температура которой составляет в пределах 3000°C . Применяются для плавки сталей, чугунов, никелевых, титановых и других сплавов имеющих высокую температуру плавления. Принципиальная схема устройства электродуговой печи показана на рис.1.

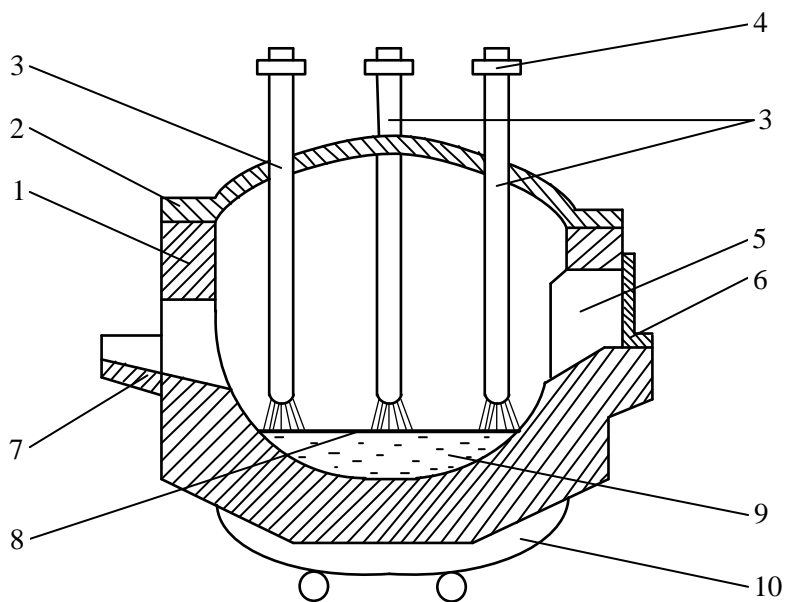


Рис.1. Схема электродуговой печи: 1- корпус печи, 2 – съемный свод печи, 3 – электроды; 4 – электрододержатель, 5 – рабочее окно, 6 – заслонка окна, 7- желоб для выпуска металла, 8 – слой шлака, 9 – расплав металла, 10 – механизм наклона печи.

Корпус печи имеет форму цилиндра со сферическим или плоским дном. Снаружи печи стальной кожух, внутри он выложен

(футерован) огнеупорным кирпичом. Свод печи также футерован огнеупорным кирпичом и имеет три отверстия для графитовых электродов. В стенке корпуса печи расположено рабочее окно с заслонкой для: слива шлака, загрузки шихты, взятия проб. Готовый металл сливают через выпускное отверстие по желобу. Электрическая дуга горит между электродами и шихтой или расплавом на дне печи. Емкость расплавляемого металла таких печей от 0,5 до 400 тонн.

Индукционные печи, источником тепла для расплавления металла являются вихревые токи в шихте или расплаве образующиеся под действием электромагнитного поля. Применяются для плавки всех видов сплавов. Принципиальная схема индукционной печи приведена на рис.2.

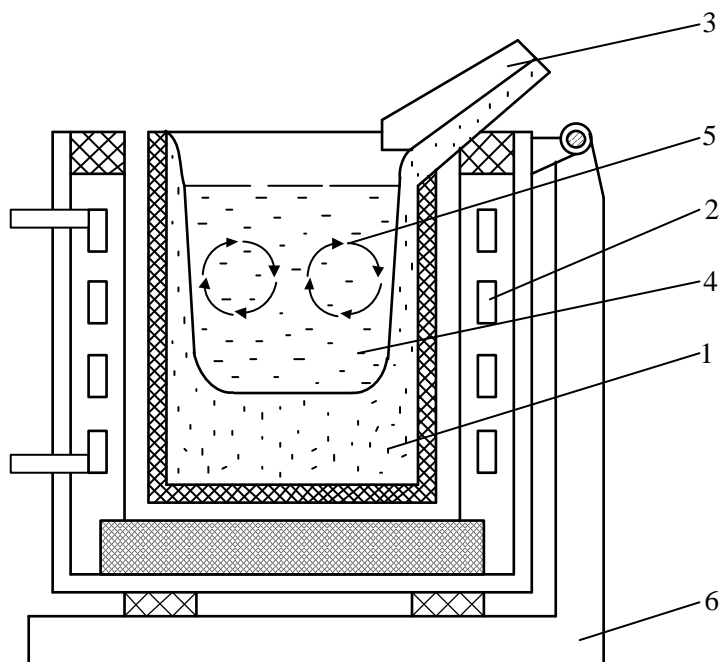


Рис.2. Схема электрической индукционной печи:

1 – тигель, 2 – медные индуктор, 3 – желоб для слива металла, 4 – расплав металла, 5 – вихревые токи, 6 – каркас печи.

Расплавляют металл в тигле из огнеупорного материала. Вокруг тигля располагается многovitковый индуктор, изготовленный из мед-

ной трубки, в которой циркулирует охлаждающая вода. При пропускании переменного тока через индуктор в шихте, находящейся в тигле, наводятся вихревые токи, за счет которых идет процесс нагрева и расплавления её. Емкость таких печей может быть от 1 кг до 100 тонн.

Печи эл. сопротивления, источником тепла для расплавления металла является тепло выделяемое нагревателем (нихромовой спиралью) при прохождении по нему электрического тока. В печах такого типа ведут плавку алюминиевых сплавов.

Плазменные печи, источником тепла для ведения процесса плавки является дуга плазмы, температура которой составляет порядка 10000 °С. В таких печах плавя сплавы имеющие высокую температуру плавления.

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВКИ

Технологический процесс получения любой отливки состоит из следующих основных операций:

- изготовление литейной формы
- плавка металла
- заливка формы и её охлаждение
- удаление отливки из формы
- отделение литниково-питающей системы
- термообработка отливки для снятия напряжений
- очистка поверхностей отливки
- зачистка отливки и исправление дефектов литья
- контроль отливки

6. ЗАДАНИЕ НА ПРАКТИЧЕСКУЮ РАБОТУ

Получите от преподавателя чертеж на литую деталь.

Разработайте чертеж отливки в соответствии с требованиями ЕСКД с указанием способа литья и класса точности.

Все работы ведите в электронном виде.

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ:

Проведите сверку чертежа на деталь и чертежа отливки на предмет соответствия.

По результатам анализа подготовьте отчет. Сделайте выводы по выполненной работе.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен содержать:

1. Содержание выполненных работ.
2. Последовательное описание выполнения работы
3. Список использованных источников для выполнения работы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните, в чем заключается сущность получения отливки.
2. Перечислите достоинства технологии литья.
3. Объясните, за счет чего получаются наружные и внутренние поверхности отливки.
4. Перечислите материалы, используемые для получения разовых форм и стержней.
5. Перечислите свойства, которыми должна обладать разовая литейная форма.
6. Перечислите литейные свойства сплавов, которые нужно учитывать при изготовлении отливки.
7. Перечислите, какие дефекты могут образовываться в отливках, и какие меры принимаются по их предупреждению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материаловедение и технологии конструкционных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Масанский [и др.]. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. - 268 с. : табл., граф., ил. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435698](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435698)
2. Кузнецов, В.Г. Технология литья [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов ; - Казань : КНИТУ, 2012. - 146 с. : ил., табл., схем. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258609](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258609)
3. Ковшов А.Н. Технология машиностроения [Электронный ресурс]/ А.Н. Ковшов — СПб. : Лань, 2016. — 320 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/86015>.
4. Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ С.С. Некрасов [и др.].— СПб.: Квадро, 2016.— 240 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57307>
5. Солнцев, Ю. П. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Ю. П. Солнцев, Б. С. Ермаков, В. Ю. Пирайнен ; под ред. Ю. П. Солнцева. —СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. — 504 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67356.html> (УМО)
6. Марукович Е.И. Литейные сплавы и технологии [Электронный ресурс]: монография/ Е.И.Марукович, М.И.Карпенко— Минск: Белорусская наука, 2012.— 443 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29469>