

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

# **ВЫБОР СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК (ОТЛИВОК)**

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 «23» август 2019 г.  
Зав. кафедрой В.К. Шаталов д.т.н., профессор В.К. Шаталов  
-методической комиссией факультета М-КФ  
протокол № 8 от «30» мая 2019 г.  
Председатель методической комиссии факультета М-КФ  
С.Е. Степанов 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  
О.Л. Перерва д.э.н. профессор О.Л. Перерва

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

Авторы: Н.С. Герасимова к.т.н., доцент Герасимова Н.С.  
В.Е. Хайченко ст. преп. Хайченко В.Е.  
В.Д. Шкилев 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.....	2
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. ЗАДАНИЕ НА ПРАКТИЧЕСКУЮ РАБОТУ .....	9
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 определения способа изготовления литой детали.

**Задачи:** изучить технологические процессы литья, ознакомиться с способами литья, получить навык выбора способа изготовления 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- сутьность 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 1,5%. 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 многоразовые. Одноразовые формы после заливки, кристаллизации и охлаждения металла разрушаются, а из многоразовой отливка 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. ЗАДАНИЕ НА ПРАКТИЧЕСКУЮ РАБОТУ**

1. Получите от преподавателя чертеж на литую деталь
  2. Изучите чертеж на предмет: габаритов, толщин стенок, наличие тепловых узлов, возможности удаления модели (отливки) из литейной формы, чистоты поверхностей, марки используемого металла (сплава).
  3. Выберите способ изготовления отливки, используя табл. 1 и табл. 2
  4. Определите класс точности размеров с использованием табл. 3.
  5. Внесите выбранные параметры в чертеж детали.
- Все работы ведите в электронном виде.**

Таблица 1  
Допуски линейных размеров отливок

Номиналь- ный раз- мер, мм	Допуски размеров отливок, мм, не более, для классов точности													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
До 4	0,06	0,08	0,12	0,16	0,24	0,32	0,50	0,61	1,0	1,2	2,0	—	—	—
4-6	0,07	0,09	0,14	0,18	0,28	0,36	0,56	0,70	1,1	1,4	2,2	2,8	—	—
7-10	0,08	0,10	0,16	0,20	0,32	0,40	0,64	0,80	1,2	1,6	2,4	3,2	5,0	—
11-16	0,09	0,11	0,18	0,22	0,36	0,44	0,70	0,90	1,4	1,8	2,8	3,6	5,6	7,0
17-25	0,10	0,12	0,20	0,24	0,40	0,50	0,80	1,00	1,6	2,0	3,2	4,0	6,4	8,0
26-40	0,11	0,14	0,22	0,28	0,44	0,56	0,90	1,10	1,8	2,2	3,6	4,4	7,0	9,0
40-63	0,12	0,16	0,24	0,32	0,50	0,64	1,00	1,20	2,0	2,4	4,0	5,0	8,0	10,0
64-100	0,14	0,18	0,28	0,36	0,56	0,70	1,10	1,40	2,2	2,8	4,4	5,6	9,0	11,0
101-160	0,16	0,20	0,32	0,40	0,64	0,80	1,20	1,60	2,4	3,2	5,0	6,4	10,0	12,0
161-250	—	—	0,36	0,44	0,70	0,90	1,40	1,80	2,8	3,6	5,6	7,0	11,0	14,0
251-400	—	—	0,40	0,50	0,80	1,00	1,60	2,00	3,2	4,0	6,4	8,0	12,0	16,0

Таблица 2  
Припуски на механическую обработку

Допуски размеров отливок, мм	Для рядов, не более					
	1	2	3	4	5	6
До 0,12	0,4	—	—	—	—	—
0,12-0,16	0,5	0,8	—	—	—	—
0,16-0,20	0,6	1,0	1,4	—	—	—
0,20-0,24	0,7	1,1	1,5	—	—	—
0,24-0,30	0,8	1,2	1,6	2,2	3,0	—
0,30-0,40	0,9	1,3	1,8	2,4	3,2	—
0,40-0,50	1,0	1,4	2,0	2,6	3,5	—
0,50-0,60	1,2	1,6	2,2	2,8	3,6	—
0,60-0,80	1,4	1,8	2,4	3,0	3,8	5,0
0,80-1,0	1,6	2,0	2,8	3,2	4,0	5,5
1,0-1,2	2,0	2,4	3,0	3,4	4,2	6,0
1,2-1,6	2,4	2,8	3,2	3,8	4,6	6,5
1,6-2,0	2,8	3,2	3,6	4,2	5,0	7,0
2,0-2,4	3,2	3,6	4,0	4,6	5,5	7,5
2,4-3,0	3,6	4,0	4,5	5,0	6,5	8,0
3,0-40,0	4,5	5,0	5,5	6,5	7,0	9,0
4,0-5,0	5,5	6,0	6,5	7,5	8,0	10,0

*Примечание.* Величины припусков относятся к поверхностям отливки, находящимся при заливке снизу и сбоку. Припуск на верхние поверхности допускается увеличивать до значения, соответствующему ряду.

Таблица 3

Классы точности размеров и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья

Способ литья	Максимальный размер отливки, мм	Тип металла и сплава		
		Цветные	Серый чугун	Сталь
Под давлением, выжиманием, вакуумным всасыванием	До 100	$\frac{3-5}{1}$	$\frac{3-5}{1}$	$\frac{4-7}{1}$
	Более 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7}{1}$	$\frac{5-7}{1}$
В керамические формы по выплавляемым и выжигаемым моделям	До 100	$\frac{3-5}{1}$	$\frac{4-7}{1-2}$	$\frac{5-7}{1-2}$
	Более 100	$\frac{4-7}{1-2}$	$\frac{5-7}{1-2}$	$\frac{5-8}{1-2}$
В кокиль и под низким давлением без и с песчаными стержнями, литье в формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	До 100	$\frac{4-9}{1-2}$	$\frac{5-10}{1-3}$	$\frac{5-11}{1-3}$
	Более 100	$\frac{5-10}{1-3}$	$\frac{5-11}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$
	Более 630	$\frac{5-11}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7-12}{2-4}$
Литье в песчаные формы (сырые и сухие), центробежное литье	До 630	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{7-13}{2-5}$
	630-4000	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-6}$
	Более 4000	$\frac{8-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-6}$	$\frac{9-13}{4-6}$

*Примечание.* В числителе указаны классы точности размеров, в знаменателе - ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производ-

ства; большие — к сложным, мелкосерийно и индивидуально изготовленным отливкам; средние - к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

## **ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

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

По результатам анализа подготовить отчет. Сделать 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, какие параметры влияют на выбор способа литья.
4. Перечислите свойства сплава, которые надо учитывать при выборе способа литья.
5. Объясните, как влияет количество производимых отливок на выбор способа литья
6. Объясните, как влияет разнотолщинность в конструкции детали на качество 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>



