

Министерство образования и науки  
Забайкальского края  
Государственное профессиональное образовательное учреждение  
«Забайкальский транспортный техникум»

«Утверждаю»  
Зам. директора по УПР

О.Н. Куткина

«16» мая 2023 года

**Методические рекомендации к  
практическим работам  
ОП.04 «Материаловедение»**

по специальности **23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт  
двигателей, систем и агрегатов автомобилей**

Чита, 2023 г

**Организация-разработчик:** государственное профессиональное образовательное учреждение «Забайкальский транспортный техникум».

**Разработчик:**

1. Полухина Ю.А., преподаватель ГПОУ «Забайкальский транспортный техникум».

Рассмотрено  
на заседании методической комиссии  
Председатель \_\_\_\_\_ Михалева М.Д.  
Протокол № 5 от «16» мая 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	4
Тематическое планирование.....	6
Методические рекомендации по выполнению лабораторно-практических работ....	7
Лабораторно практическая работа №1 .....	7
Лабораторно практическая работа №2 .....	8
Лабораторно практическая работа №3 .....	11
Лабораторно практическая работа №4 .....	17
Лабораторно практическая работа №5 .....	20
Лабораторно практическая работа №6 .....	24
Лабораторно практическая работа №7 .....	30
Лабораторно практическая работа №8 .....	35
Лабораторно практическая работа №9 .....	39
Лабораторно практическая работа №10.....	40
Использованная литература.....	41

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Лабораторно-практические работы предназначены для студентов, обучающихся по специальности 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей.

Лабораторно-практические занятия проходят в лаборатории слесарного дела. Лабораторно-практические занятия позволяют закрепить знания, полученные в ходе изучения дисциплины, сформировать умения.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

1. Распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам.
2. Подбирать материалы по их назначению и условиям эксплуатации для выполнения работ.
3. Выбирать и расшифровывать марки конструкционных материалов.
4. Определять твердость материалов.
5. Определять режимы отжига, закалки и отпуска стали.
6. Подбирать способы и режимы обработки металлов (литьем, давлением, сваркой, резанием и др.) для изготовления различных деталей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать**:

1. Основные виды конструкционных и сырьевых, металлических и неметаллических материалов.
2. Классификацию, свойства, маркировку и область применения конструкционных материалов, принципы их выбора для применения в производстве.
3. Основные сведения о назначении и свойствах металлов и сплавов, о технологии их производства.
4. Особенности строения металлов и их сплавов, закономерности процессов кристаллизации и структурообразования.
5. Виды обработки металлов и сплавов.

6. Сущность технологических процессов литья, сварки, обработки металлов давлением и резанием.
7. Основы термообработки металлов.
8. Способы защиты металлов от коррозии.
9. Требования к качеству обработки деталей.
10. Виды износа деталей и узлов.
11. Особенности строения, назначения и свойства различных групп неметаллических материалов.
12. Классификацию и способы получения композиционных материалов.

Каждая лабораторно-практическая работа выполняется индивидуально каждым студентом и оценивается преподавателем.

Оценка *«отлично»* выставляется, если работа выполнена самостоятельно, все задания выполнены качественно. Отчет по работе сдан в срок.

Оценка *«хорошо»* выставляется, если работа выполнена самостоятельно, все задания выполнены. Отчет по работе сдан в срок.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется, если работа выполнена, Отчет сдан.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

№ п/п Наименование разделов и тем	Наименование лабораторно-практических работ	Объем часов
<b>Раздел 1. Закономерности формирования структуры материала</b>		<b>19</b>
Тема 1.1 Типы межатомных связей их влияние на свойства материалов	ЛПЗ №1. Строение и основные характеристики кристаллической решетки	4
Тема 1.3 Производство черных металлов, чугуна, стали	ЛПЗ №2 Производство и маркировка чугуна	3
	ЛПЗ №3 Маркировка стали	3
	ЛПЗ №4 Технология получения стали	3
	ЛПЗ №5 Изучение диаграмм состояния железо-углерод	3
	ЛПЗ №6 Технология получения деталей из порошков	3
<b>Раздел 2. Виды обработки металлов и сплавов</b>		<b>9</b>
Тема 2.1 Механические свойства материалов и методы их определения	ЛПЗ №7 Определение твердости материалов	6
Тема 2.6 Цветные металлы и сплавы	ЛПЗ №8 Производство и маркировка цветных металлов	3
<b>Раздел 3. Материалы с особыми физическими свойствами</b>		<b>3</b>
Тема 3.1 Электротехнические материалы	ЛПЗ №9 Применение электротехнических материалов	3
<b>Раздел 4. Защита металлов от коррозии</b>		<b>3</b>
Тема 4.1. Способы защиты металлов от коррозии. Требования к качеству обработки деталей. Виды износа деталей и узлов.	ЛПЗ №10 Подбор методов защиты детали от коррозии	3
	<b>Итого:</b>	<b>34</b>

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

## Лабораторно практическая работа №1

**Тема:** Строение и основные характеристики кристаллической решетки указанного элемента.

**Цель:** Закрепить теоретические знания о строении металлов. Научиться описывать строение и характеристики кристаллической решетки указанного элемента.

Проверяемые результаты: ПК 1.3, ПК.3.3, ПК 4.2, ПК 4.3

### Задание:

**Вариант 1:** Описать строение и основные характеристики кристаллической решетки вольфрама (V).

**Вариант 2:** Описать строение и основные характеристики кристаллической решетки меди (Cu).

**Вариант 3:** Описать строение и основные характеристики кристаллической решетки цинка (Zn).

### Ход работы:

1. Определить тип, основные параметры и характеристики кристаллической решетки заданного элемента. Установить связь между строением кристаллической решетки металла и его физико-механическими свойствами.

2. Оформить письменный отчет по практической работе по плану:

2.1. Тема

2.2. Цель

2.3. Задание

2.4. Теоретическая часть: определение металла, кристаллической решетки, виды кристаллической решетки, зависимость свойств металла от строения кристаллической решетки

2.5. Зарисовать кристаллическую решетку заданного элемента.

2.6. Описать основные характеристики кристаллической решетки заданного элемента.

2.7. Сделать вывод о проделанной работе

3. Устный отчет по контрольным вопросам:

3.1 Определение металлов.

3.2 Определение кристаллической решетки.

3.3 Типы кристаллической решетки.

3.4 Характеристики основных видов кристаллических решеток.

3.5 Дефекты кристаллической решетки. Влияние дефектов кристаллической решетки на свойства металла.

3.6 Зависимость свойств металла от строения кристаллической решетки.

## **Практическая работа №2**

**Тема: Производство и маркировка чугуна**

**Цель:** закрепление теоретических знаний по теме: «Производство и маркировка чугуна».

Проверяемые результаты: ПК 1.3, ПК.3.3, ПК 4.2, ПК 4.3 ПК 6.3

**Задание:** Изучить виды и маркировку чугуна

### **Основные понятия**

Чугуны отличаются от стали: по составу – более высоким содержанием углерода; по технологическим свойствам – лучшими литейными качествами, малой способностью к пластической деформации (не поддаются ковке). Чугун дешевле стали.

В зависимости от состояния углерода различают:

1 белый чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде карбида (цементита);

2 серые чугуны, в которых углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в виде графита. В зависимости от формы частиц графита различают:

- обыкновенный серый чугун, в котором углерод находится в виде пластинчатого (червеобразного) графита;

- высокопрочный чугун, в котором углерод находится в форме шаровидного графита;

- ковкий чугун, получающийся в результате отжига отливок из белого чугуна, в котором углерод находится в форме хлопьевидного графита (углерод отжига).

### ***Белые чугуны***

В зависимости от содержания углерода белые чугуны разделяют на три группы:

1 доэвтектические – с содержанием углерода от 2,14 до 4,3%;

2 эвтектические – с содержанием углерода 4,3%;

3 заэвтектические – с содержанием углерода от 4,3 до 6,67% (рис.3.4).

Белые чугуны имеют очень высокую твердость и не поддаются обработке резанием. В машиностроении их применяют только для деталей, подвергающихся обработке шлифованием (валки холодной прокатки), или для изделий, используемых без всякой механической обработки (грузы, противовесы, мелящие тела). Термической обработкой белый чугун перерабатывают в ковкий чугун.



## Обыкновенный серый чугун

В структуре обыкновенного серого чугуна содержится графит пластинчатый (червеобразной) формы, количество и размеры которых изменяются в широких пределах.

По строению металлической основы чугуны разделяют на:

- серый перлитный чугун.

Структура его состоит из перлита с включением графита (рис.2,а);

- серый ферритно-перлитный чугун.

Структура его состоит из феррита, перлита и включений графита (рис. 2,б);

- серый ферритный чугун.

В этом чугуне металлической основой является феррит, а весь углерод присутствует в форме графита. (рис. 2,в).



а



б



в

Рис.2 Микроструктуры серого чугуна:

а – серый перлитный чугун; б – серый ферритно-перлитный чугун; в – серый ферритный чугун

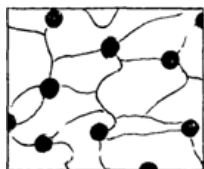
Серые литейные чугуны применяются для станин станков (СЧ10), для цилиндров, коленчатых валов, поршневых колец (СЧ45).

## Высокопрочный чугун

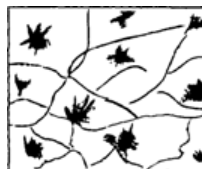
Высокопрочный чугун содержит графит в шаровидной форме.

Прочностные свойства высокопрочного чугуна зависят от структуры металлической основы (перлитная, ферритно-перлитная и ферритная), а также от степени измельченности частиц графита.

Высокопрочный чугун применяют для деталей станков и средне- и высоконагруженных узлов других изделий



а



б

Рис.3 Структуры высокопрочного (а) и ковкого (б) чугунов с ферритной металлической основой

## Ковкий чугун

Ковкий чугун получают томлением (графитизирующим отжигом) из белого чугуна следующего состава; С-2,4-2,8%; Si- 0,8-1,4%; Mn-1%; S-0,1%; P-0,2%; Cr-0,08%.

При высоких температурах (выше 900 С) цементит разлагается с образованием графита хлопьевидной формы (рис.3б).

После томления отливок в зависимости от скорости охлаждения, при температуре немного ниже 727 С, получают ковкий чугун с различными структурами металлической основы: при очень медленном охлаждении – ферритный; при ускоренном охлаждении – ферритно-перлитный; при быстром охлаждении – перлитный.

**Чугуны маркируются следующим образом:**

БЧ – белый чугун

СЧ – серый чугун

КЧ – ковкий

ВЧ –высокопрочный

Первое цифровое обозначение после буквы характеризует прочность, второе – пластичность. Если пластичность низкая, то указывается только прочность.

Например: КЧ 45-7 – ковкий чугун, имеющий предел прочности при растяжении 450 Мпа и относительное удлинение 7%.

### Варианты заданий

(номер варианта соответствует номеру студента по списку в журнале)

№	Марка чугуна	№	Марка чугуна	№	Марка чугуна	№	Марка чугуна
1	СЧ 18, ВЧ 100	8	ВЧ 50, СЧ 15	15	СЧ 35, ВЧ 45-5	22	ВЧ 40-10, СЧ 30
2	СЧ 25, КЧ 30-3	9	ВЧ 45, СЧ 15	16	КЧ 30-6, СЧ 10	23	СЧ 25, КЧ 30-3
3	ВЧ 35, СЧ 15	10	ВЧ 60, КЧ 40-3	17	КЧ 33-8, СЧ 20	24	СЧ 30, КЧ 37-12
4	КЧ 33-8, СЧ 10	11	ВЧ 100, СЧ 18	18	КЧ 35-10, СЧ 18	25	СЧ 18, ВЧ 45
5	ВЧ 70, СЧ 25	12	СЧ 10, ВЧ 45-5	19	КЧ 37-12, СЧ 18	26	СЧ 10, ВЧ 45-5
6	СЧ 20, КЧ 30-3	13	СЧ 15, КЧ 35-4	20	КЧ 40-3, СЧ 20	27	СЧ 18, КЧ 30-3
7	ВЧ 40, СЧ 35	14	СЧ 30, КЧ 37-12	21	КЧ 35-4, СЧ 25	28	СЧ 20, ВЧ 40-10

## Практическая работа №3

**Тема: Маркировка стали**

**Цель:** изучение классификации, состава и маркировки сталей

**Проверяемые результаты:** ПК 1.3, ПК.3.3, ПК 4.2, ПК 4.3ПК 6.3

### Основные понятия

В различных отраслях промышленного производства наибольшее применение получили чёрные металлические сплавы - стали и чугуны.

*Сталь* - сплав железа (основа) с углеродом (до 2,14%), всегда содержит в определенных количествах постоянные примеси: марганец, кремний, серу, фосфор и газы (кислород, азот, водород).

И в стали, и в чугуны вводят различные легирующие элементы с целью повышения механических характеристик и получения специальных свойств.

### Классификация и маркировка стали

Стали классифицируют по следующим признакам: химическому составу, способу производства, качеству, степени раскисления, назначению и структуре.

**1. По химическому составу** различают стали:

- углеродистые
- легированные

Сталь, содержащая железо, углерод и постоянные примеси в количестве до 0,5-0,8%Mn; 0,3-0,4%Si (содержание серы и фосфора определяются качеством стали) называется *углеродистой*.

Если же в процессе выплавки стали к ней добавляют легирующие элементы - хром, никель, ванадий и др., а также марганец и кремний в повышенном количестве по сравнению с углеродистой, то такую сталь называют *легированной*.

*Углеродистые стали* по содержанию в них углерода подразделяют на низкоуглеродистые (до 0,3 % C), среднеуглеродистые (0,3 - 0,7%С) и высокоуглеродистые (более 0,7 % C).

Легированные стали в зависимости от наличия в них легирующих элементов называют хромистыми, кремнистыми, хромоникелевыми и т.п., а в зависимости от общего содержания легирующих элементов подразделяют на низколегированные - до 3 %, среднелегированные от 3 до 10 % и высоколегированные - более 10 %.

**2. По способу производства** различают стали:

- мартеновские (выплавка в мартеновских печах) – переработка чугуна, металлического лома и отходов металлургического производства;
- конвертерные – выплавляемые в конверторах с продувкой кислородом, однородны по составу, имеют низкое содержание азота, серы и фосфора;
- электростали, выплавляемые в электрических печах, по качеству превосходят все остальные виды.

**3. По качеству** стали классифицируют на:

- обыкновенного качества,
- качественные,

- высококачественные,
- особо высококачественные.

Критерием качества стали является, главным образом, содержание вредных примесей - серы и фосфора. Стали обыкновенного качества содержат до 0,060 % S и 0,070 % P, качественные - до 0,040 % S и 0,035 % P, высококачественные - не более 0,025 % S и 0,025 % P, а особо высококачественные - не более 0,015 % S и 0,025 % P.

Необходимо отметить, что углеродистые стали могут быть обыкновенного качества и качественные, а легированные только качественные или высококачественные (особо высококачественные).

**4. По степени раскисления** стали делят на:

- спокойные (сп) - полностью раскисленные ферромарганцем, феррокремнием и алюминием;
- кипящие (кп) - частично раскисленные только ферромарганцем, в ней сохраняется много окиси железа, которая взаимодействует с углеродом, выделяя газ СО (пузырьки газа создают впечатление “кипения”);
- полуспокойные (пс) – раскисленные ферромарганцем и алюминием – промежуточное положение между кипящей и спокойной сталями.

Степень раскисления стали указывается в конце обозначения марки, например, Ст3кп, БСт2пс, ВСт1сп.

**5. По назначению** стали подразделяют на:

- конструкционные (для изготовления деталей машин и конструкций),
- инструментальные (для различного рода инструмента),
- специальные стали с особыми свойствами (с коэффициентом расширения, магнитные и др.).

### **Маркировка сталей**

Для сталей в России принята буквенно-цифровая маркировка. Цифры и буквы указывают на приблизительный состав стали.

1. Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества в соответствии с ГОСТ380-94 поставляют трех групп:

- группа А - с гарантируемыми структурой и механическими свойствами ( $\sigma_{в}, \sigma_{т}, \delta$ );
- группа Б - с гарантируемым химическим составом, допускается наличие хрома, никеля, меди в количестве не более 0,30 % каждого элемента;
- группа В - с гарантируемыми механическими свойствами и химическим составом.

Маркируют стали обыкновенного качества буквами Ст и условным номером от 0 до 6. Если сталь относится к группе А, то обозначение группы в марке не указывают: Ст0, Ст1, Ст2...Ст6. Если сталь относится к группе Б, то в начале марки ставят букву "Б": БСт0, БСт1 ... БСт6. Стали группы В маркируют: ВСт1, ВСт2 ... ВСт5.

Стали всех групп с номером марок 1 - 4 производят кипящими, полуспокойными и спокойными, а с номерами 5 и 6 - только полуспокойными и спокойными.

Стали обыкновенного качества используют для изготовления листов, полос, прокатных профилей, труб, а также для деталей в мостостроении и судостроении.

2. Углеродистые качественные конструкционные стали (ГОСТ1050-88) обозначают двузначным числом, показывающим среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента. Например, стали марок 08, 20, 45 содержат в среднем соответственно 0,08%; 0,20%; 0,45% углерода.

Из них может быть изготовлена большая номенклатура деталей от шайб, втулок, шестерён, шпинделей, шатунов до деталей, работающих в условиях трения (рессоры и пружины).

3. Углеродистые качественные инструментальные стали (ГОСТ1435-99) маркируют следующим образом: впереди ставят букву У, за ней цифру (от 7 до 13), указывающую среднее содержание углерода в десятых долях процента. Например, сталь марки У9 содержит в среднем 0,9 % С; У12 - 1,2 % Си т.д.

Для высококачественных углеродистых инструментальных сталей в конце обозначения марки стали ставят букву А. Например, У7А, У13А.

Из этих сталей может быть изготовлен режущий инструмент – резцы, напильники и др., работающий с небольшими скоростями резания, а также штампы для холодного деформирования для обработки малопрочных материалов.

4. Легированные конструкционные стали (ГОСТ 4543-71) маркируют двухзначным числом, показывающим среднее содержание углерода в сотых долях процента, далее следуют буквы и цифры.

Буквы обозначают легирующие элементы:

В – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, К – кобальт, М – молибден, Н – никель, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ю – алюминий.

Цифры после букв показывают примерное содержание соответствующего легирующего элемента в целых процентах. Если цифра после буквы отсутствует, это означает, что содержание данного легирующего элемента в стали составляет примерно 1 %. Для высококачественных сталей в конце обозначения марки ставят букву А.

Например, сталь марки 12Х2Н4А содержит в среднем 0,12 % С,  $\approx 2$  % Cr,  $\approx 4$  % Ni и является высококачественной.

Конструкционные легированные стали широко применяются в автомобильной промышленности, строительстве и тяжёлом машиностроении для деталей машин и механизмов, работающих в условиях сложного нагружения под действием статических, динамических и знакопеременных нагрузок.

5. Легированные инструментальные стали (ГОСТ 5950-2000) маркируют однозначным числом, показывающим среднее содержание углерода в десятых долях процента, далее следуют буквы и цифры. Принцип обозначения легирующих элементов и их содержание в этих сталях аналогичен с маркировкой конструкционных.

Если же сталь начинается с буквы (кроме буквы У), то в стали около 1 % С.

Например, сталь марки 9ХС содержит в среднем 0,9 % С, ≈1 % Cr, ≈1 % Si; сталь марки ХВГ содержит ≈ 1 % С, ≈1 % Cr, ≈1 % W, ≈1 % Mn.

Инструментальные легированные стали применяют для изготовления всех видов инструментов: режущего (резцы, развёртки, протяжки), штампованного (штампы для холодного и горячего деформирования), измерительного (калибры, меры, шаблоны).

6. Специальные стали это высоколегированные стали, в которых содержание легирующих элементов более 10 %, обладающие особыми свойствами, например, коррозионностойкие стали (ГОСТ 5632-72), обладающие высокой химической стойкостью в агрессивных средах. В состав коррозионностойкой стали обязательно входят хром и никель, причём содержание хрома должно быть более 12 %, а маркировка сохраняет принципы маркировки легированных сталей: сталь марки 17Х18Н9 содержит 0,17 % С, ≈18 % Cr, ≈9 % Ni.

Эти стали применяют для изготовления клапанов гидропрессов, лопаток турбин, карбюраторных игл и других деталей машин, подвергающихся действию атмосферных осадков, воды, водных растворов солей и других агрессивных сред при комнатной температуре или до 400° С.

Некоторые специальные стали имеют маркировку, отличающуюся от вышеизложенных правил:

- углеродистые автоматные стали (ГОСТ 1414-75) с повышенным содержанием серы и фосфора, а иногда с добавлением небольшого количества Рb, Са, Mn и др., обладающие хорошей обрабатываемостью резанием, применяют для изготовления деталей на металлорежущих станках-автоматах. Автоматные стали маркируют буквой А и цифрами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента; например, А12 - автоматная сталь с содержанием углерода в среднем 0,12%;

- шарикоподшипниковые стали (ГОСТ 801-83) применяют для изготовления подшипников качения и других деталей, работающих в условиях трения, должны обладать высокой контактной прочностью и износостойкостью, содержат около 1 % Сс обязательным наличием хрома (0,4-1,9 %). Шарикоподшипниковые стали маркируются буквой “Ш”, далее буква “Х” – хром, содержание которого указывается в десятых долях процента. Из этих сталей изготавливают шарики и ролики подшипников, подшипниковые кольца, корпуса и направляющие;

- быстрорежущие стали (ГОСТ 19265-73) применяют для изготовления режущего инструмента (резцы, свёрла, фрезы и т.д.), работающего при высоких скоростях резания. Марки этих сталей обозначают русской буквой Р (rapid - быстрый), а следующая за ней цифра указывает среднее содержание основного легирующего элемента вольфрама в процентах. Например, Р18 - быстрорежущая сталь, содержащая около 1 % С и 18 % W, а также ≈4 % Cr и около 2,5 % V, но это не внесено в марку;

- стали, применяемые для получения отливок (ГОСТ 977-88), имеют в своем обозначении букву Л. Например, 15Л - сталь для отливок, содержащая в среднем 0,15 % С. Из этих сталей отливают втулки, шестерни и т.д.

## Порядок выполнения работ

1. Получить от преподавателя индивидуальное задание по классификации и маркировке сталей (табл. 1).

2. Расшифровать обозначение каждой марки стали. Указать, какой является сталь по содержанию углерода (низко-, средне- или высокоуглеродистой), по степени легированности (низко-, средне- или высоколегированной), качеству, назначению. Результат работы свести в табл. 2.

3. Представить преподавателю оформленный отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

### Содержание отчета

1. Тема
2. Цель
3. Выполненное задание, в виде таблицы
4. Вывод

### Контрольные вопросы

1. Что такое сталь, характеристики стали?
2. Как классифицируются стали по химическому составу?
3. Как классифицируются стали по содержанию углерода?
4. Как классифицируются стали по степени легированности?
5. Как можно подразделить стали по назначению?
6. Как классифицируются стали по способу производства, степени раскисления?
7. Как маркируются углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества, качественные и высококачественные стали?
8. Как маркируются углеродистые инструментальные стали?
9. Что такое легированная сталь?
10. Как маркируются легированные стали?

### Варианты индивидуальных заданий

Таблица 1

Индивидуальные задания

№ варианта	Марки сплавов для изучения			
	1	Ст0;	08кп;	09Г2;
2	Ст1пс;	10;	09Г2С;	У7А;
3	Ст2кп;	15;	30ХГТ;	У8;
4	Ст3;	20;	12Х2Н4А;	У8А;
5	БСт1кп;	25;	25ХГМ;	У9;
6	БСт2пс;	30;	40ХН;	У9А;
7	БСт3;	35;	38ХМА;	У10;
8	Ст5;	40;	20Х;	У10А;
9	Ст6;	45;	12ХН3А;	У12;
10	БСт3кп;	55;	38ХГН;	У12А;

11	ВСт4сп;	60;	30ХГСА;	Р9;
12	БСт5пс;	09Г2;	У7;	12Х18Н9Т;
13	ВСт5сп;	14Г2;	ШХ15;	У13;
14	БСт6пс;	15ГФ;	ШХ20СГ;	У13А;
15	ВСт6;	17ГС;	ШХ15СГ;	Х12М;
16	БСт4;	35ГС;	40ХФА;	ХВГ;
17	ВСт1сп;	09Г2С;	50ХФА;	Р18;
18	Ст2пс;	25Г2С;	65;	30Х13;
19	Ст4кп;	15Х;	18ХГТ;	60Г;
20	БСт2кп;	20Х;	15Г;	9ХС;
21	БСт3;	30Х;	70;	50ХФА;
22	БСт6пс;	35Х;	60Г;	08Х17Т;
23	ВСт5сп;	38ХА;	75;	У12;
24	БСт5пс;	40Х;	ШХ15СГ;	70;
25	ВСт4сп;	40Г;	30ХМ;	У10;
26	БСт3кп;	35ГС;	55С2;	У9А;
27	Ст6;	60С2;	У9;	Х12Ф1;
28	Ст5;	09Г2;	12ХН3А;	У9;

Таблица 2

Результаты работы по классификации и маркировке сталей

Номер варианта	Марка материала	Расшифровка материала	Качество стали	Назначение материала

#### Практическая работа №4

**Тема:** Технология получения стали

**Цель:** Закрепление теоретических знаний о процессе производства стали в конвертерах, мартеновских печах и электропечах.



Проверяемые результаты: ПК 1.3, ПК.3.3, ПК 4.2, ПК 4.3 ПК 6.3

**1. Описать процессы, протекающие при выплавки стали**

Первый этап \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Второй этап \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

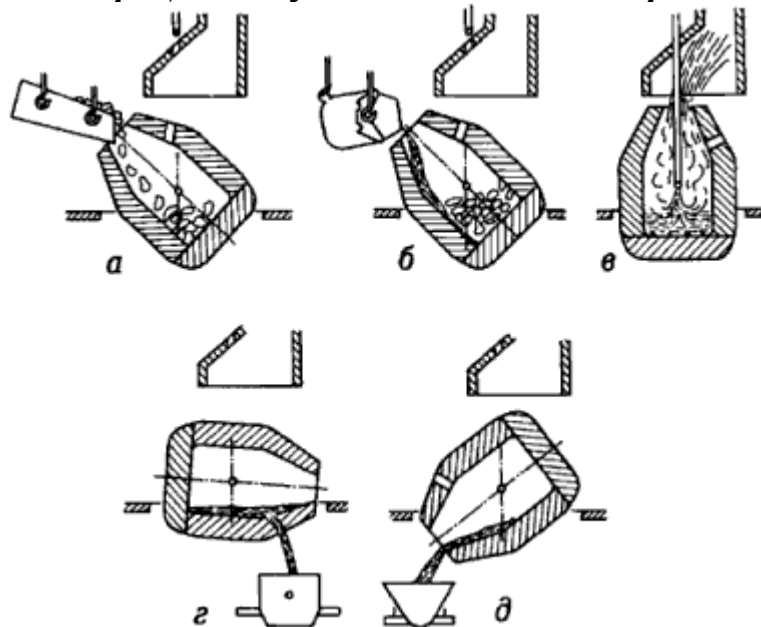
\_\_\_\_\_

Третий этап \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

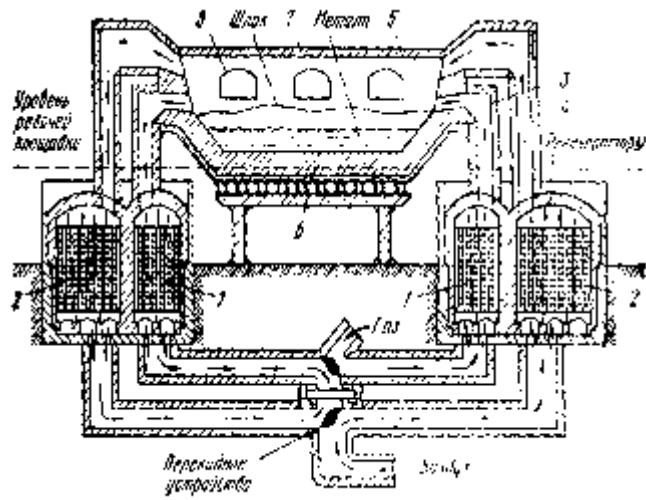
\_\_\_\_\_

**2. Описать процесс получения стали в кислородном конвертере**



- а – \_\_\_\_\_
- б – \_\_\_\_\_
- в – \_\_\_\_\_
- г – \_\_\_\_\_
- д – \_\_\_\_\_

**3. Описать процесс получения стали в мартеновской печи**



1

- 2 — \_\_\_\_\_
- 3 — \_\_\_\_\_
- 4 — \_\_\_\_\_
- 5 — \_\_\_\_\_
- 6 — \_\_\_\_\_
- 7 — \_\_\_\_\_
- 8 — \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

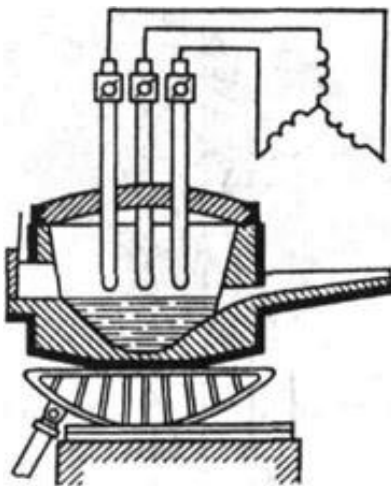
---

---

---

**4. Описать процесс получения стали в электропечах**

4.1 Дуговая электропечь



---

---

---

---

---

---

---

---

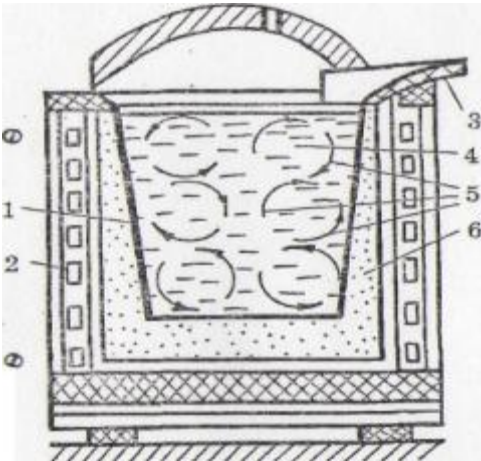
---

---

---

---

**4.2 Индукционная тигельная печь**



1 –

- 2 – \_\_\_\_\_
- 3 – \_\_\_\_\_
- 4 – \_\_\_\_\_
- 5 – \_\_\_\_\_
- 6 – \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

Вывод: \_\_\_\_\_

---

---

---

\_\_\_\_\_ Выпол-

нил: \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

## Практическая работа № 5

**Тема:** Изучение диаграмм состояния железо-углерод

**Цель работы:** Изучить диаграмму состояния железоуглеродистых сплавов и описать структурные превращения с заданным содержанием углерода.

**Проверяемые результаты:** ПК 1.3, ПК.3.3, ПК 4.2, ПК 4.3ПК 6.3

**Задание:** Вычертить диаграмму состояния железо-углерод, описать структурные превращения с заданным содержанием углерода.

### Основные положения

Диаграмма железоуглеродистых сплавов может быть представлена в двух вариантах: метастабильном, отражающем превращения в системе “железо-карбид железа”, и стабильном, отражающем превращения в системе “железо-графит”. Наибольшее практическое значение имеет диаграмма состояния “железо-карбид железа”, т.к. для большинства технических сплавов превращения реализуются по этой диаграмме.

Карбид железа ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) называют цементитом, поэтому метастабильную диаграмму железоуглеродистых сплавов называют диаграммой состояния “железо-цементит” ( $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ ).

На рисунке 1 представлена диаграмма состояния системы сплавов железо-углерод.

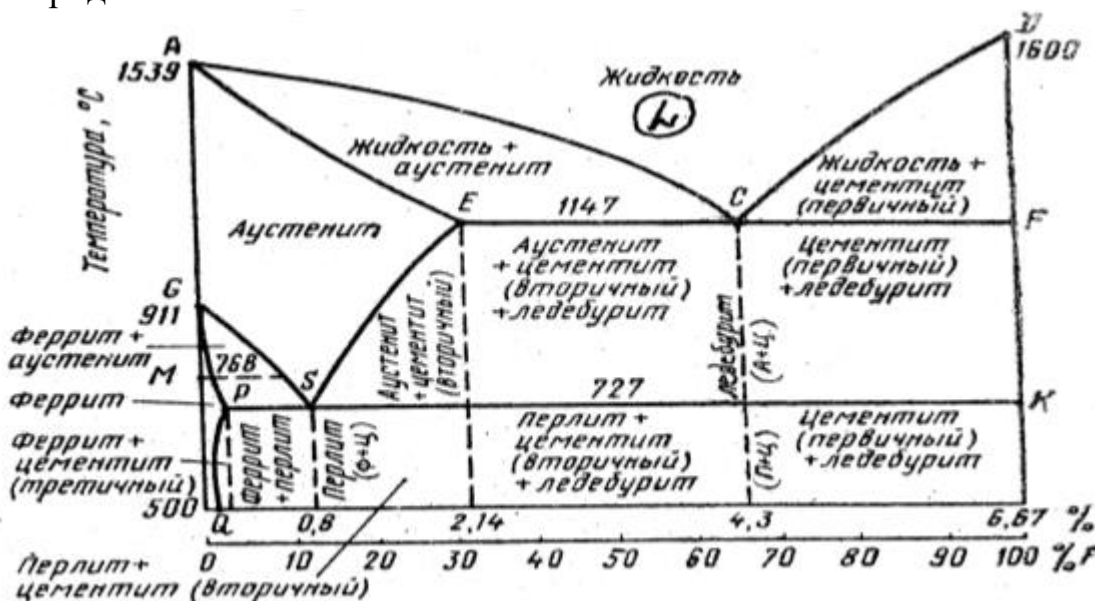


Рис. 1. Диаграмма состояния системы сплавов железо-углерод

### Анализ диаграммы железо-углерод

Диаграмма состояния ( $\text{Fe} - \text{C}$ ) отражает сложный фазовый состав железоуглеродистых сплавов, поскольку в этих сплавах превращения происходят не только в жидком, но и в твердом состоянии.

Анализ диаграммы в настоящей работе проводится по упрощенной схеме. Ниже приводятся основные характеристики компонентов системы железо-углерод.

**Ж е л е з о** – металл переходной группы, серебристо-серого цвета, очень пластичный, с температурой плавления  $1539^{\circ}\text{C}$ . Железо имеет несколько аллотропических модификаций. При нормальной температуре железо имеет объемно-центрированную кристаллическую решетку и обозначается  $\text{Fe} - \alpha$ .  $\alpha$  – железо обладает сильно выраженными магнитными свойствами. При температуре  $768^{\circ}\text{C}$  (точка Кюри) железо теряет магнитные свойства. Кристаллическая решетка при этом не меняется – аллотропического превращения не происходит. При температуре  $911^{\circ}\text{C}$  происходит аллотропическое превращение железа. Кубическая объемно-центрированная решетка переходит при этой температуре в кубическую гранецентрированную решетку. Такое железо обозначается  $\text{Fe} - \gamma$ .  $\gamma$  – железо имеет высокую пластичность и вязкость, оно немагнитно.

**У г л е р о д** – неметаллический элемент с температурой плавления  $3500^{\circ}\text{C}$ . Углерод имеет три аллотропические модификации: алмаз, графит и уголь. В форме алмаза и угля в металлических сплавах углерод не присутствует. В форме графита в промышленных сплавах углерод встречается только в серых чугунах. Кристаллическая решетка графита – гексагональная. Чаще всего в железоуглеродистых сплавах углерод встречается в виде твердых растворов внедрения в  $\alpha$ - и  $\gamma$ - железо, а также в виде химического соединения  $\text{Fe}_3\text{C}$  – цемента.

#### **Фазами сплава являются:**

**Ф е р р и т (Ф)** – твердый раствор внедрения углерода в  $\alpha$  – железо. Феррит имеет кубическую объемно-центрированную кристаллическую решетку. Максимальная растворимость углерода в  $\alpha$  – железе равна 0,25% при температуре  $727^{\circ}\text{C}$ ; минимальная при комнатной температуре – 0,01% .

**А у с т е н и т (А)** – твердый раствор углерода и других примесей в  $\gamma$ -железе. Аустениту присуща кубическая гранецентрированная решетка. Растворимость углерода в аустените меняется в зависимости от температуры сплава. Так, при температуре  $1147^{\circ}\text{C}$  в аустените растворяется до 2,14% углерода, а при температуре  $727^{\circ}\text{C}$  – только до 0,8%.

**Ц е м е н т и т (Ц)** – карбид железа  $\text{Fe}_3\text{C}$ , химическое соединение железа с углеродом, содержащее 6,6% углерода. Обладает сложной кристаллической решеткой.

Различают *первичный цементит* (Ц1) – который кристаллизуется из жидкой фазы у всех железоуглеродистых сплавов, содержащих углерод более 4,3%; *вторичный цементит* (Ц2), выделяющийся при вторичной кристаллизации из аустенита в интервале температур от  $1147$  до  $727^{\circ}\text{C}$ , и *третичный цементит* (Ц3), образующийся за счет переменной растворимости феррита в интервале температур ниже  $727^{\circ}\text{C}$ .

**П е р л и т (П)** – эвтектоидная механическая смесь, состоящая из двух фаз: феррита и цементита. Перлит образуется при распаде аустенита эвтектоидного состава (0,8%) при температуре 727° С. Содержание углерода в перлите для всех железоуглеродистых сплавов постоянно и равно 0,8%.

**Л е д е б у р и т (Л)** – эвтектическая смесь, образующаяся из жидкой фазы, содержащей 4,3% при температуре 1147° С. Ледебурит состоит из двух фаз – аустенита и цементита. При температуре 727° С вследствие аллотропических превращений ( $Fe_{\gamma}$ - $Fe_{\alpha}$ ) происходит перекристаллизация ледебурита с образованием смеси, состоящей из зерен перлита и цементита.

Выше линии АСD (рис. 1) все сплавы находятся в жидком состоянии. Она называется линией – л и к в и д у с. Ниже линии АЕСF, называемой с о л и д у с, все сплавы системы полностью кристаллизуются и находятся в твердом состоянии. Горизонтальные линии ЕСF и PSK, соответственно называются линиями э в т е к т и ч е с к и х и э в т е к т о и д н ы х превращений.

**Фазовые превращения на линиях по диаграмме железо-углерод**

Обозначение линий	Фазовые превращения на линиях (при охлаждении)	Перечень фаз	Количество фаз
АС	Начало выделения аустенита из жидкости	Аустенит + жидкость	2
АЕ	Конец выделения аустенита из жидкости	Аустенит + жидкость	2
ЕС	Конец выделения аустенита из жидкости и образование ледебурита	Аустенит + цементит ++ жидкость	3
СD	Начало выделения цементита (первичного) из жидкости	Жидкость + цементит	2
СF	Конец выделения цементита из жидкости и образование ледебурита из жидкости	Жидкость + цементит ++ аустенит	3
ЕСF	Образование ледебурита из жидкости	Жидкость + аустенит + цементит	3
GS	Начало выделения феррита из аустенита	Аустенит + феррит	2
GP	Конец выделения феррита из аустенита	Аустенит + феррит	2
PS	Конец выделения феррита из аустенита и образование перлита из аустенита	Аустенит + феррит + + цементит	3
PSK	Образование перлита из аустенита	Аустенит + феррит + + цементит	3
SE	Начало выделения цементита (вторичного)	Аустенит + цементит	2
SK	Конец выделения цементита (вторичного) из аустенита образование перлита из аустенита	Аустенит + цементит ++ феррит	3
PQ	Начало выделения цементита (третичного) из феррита	Феррит + цементит	2

**Содержание письменного отчета:**

1. Тема
2. Цель
3. Задание
4. Вычертить диаграмму состояния системы сплавов железо-углерод
5. Описать структурные превращения в системе
6. Вывод

**Контрольные вопросы:**

1. Фазы железоуглеродистых сплавов
2. Компоненты железоуглеродистых сплавов
3. В каких координатах построена диаграмма состояния системы железо-углерод
4. Описать структурный состав сплава выше и ниже линии солидус и ликвидус

## **Практическая работа №6**

**Тема:** Технология получения деталей из порошков

**Цель:** закрепить теоретические знания о технологии получения изделий методом порошковой металлургии, определить целесообразность применения данной технологии в промышленности.

Проверяемые результаты: ПК 1.3, ПК.3.3, ПК 4.2,ПК 4.3ПК 6.3

### **Задание:**

Составить технологическую схему получения детали «втулка» методом порошковой металлургии

### **Ход работы:**

1. Составить схему технологического процесса получения заданной детали методом порошковой металлургии:

- определить конструктивные особенности заданной детали;
- выполнить эскиз заданного изделия;
- составить схему технологического процесса получения изделия.

2. Оформить письменный отчет по практической работе по плану:

- 2.1. Тема
- 2.2. Цель
- 2.3. Задание
- 2.4. Технологическая схема процесса получения заданного изделия методом порошковой металлургии
- 2.5. Вывод по работе: описать достоинства и недостатки данного метода получения изделий

3. Устный отчет по контрольным вопросам:

- 3.1. Дать определение порошковой металлургии
- 3.2. Основные стадии технологического процесса получения изделий методом порошковой металлургии
- 3.3. Материалы, применяемые в порошковой металлургии
- 3.4. Основные достоинства и недостатки данного метода
- 3.5. Характеристика свойств изделий, получаемых методом порошковой металлургии

### **Основные теоретические сведения**

Одним из основных направлений развития технологии машиностроения в настоящее время является совершенствование существующих и разработка новых безотходных, материалосберегающих производственных процессов, т. е. таких процессов, которые обеспечивают получение заготовок с минимальными допусками под последующую механическую обработку либо вообще без них



при одновременном снижении расхода дефицитных материалов. В решении этой проблемы определенная роль принадлежит порошковой металлургии.

Порошковая металлургия — это отрасль техники, включающая изготовление порошков из металлов и их сплавов и получение из них заготовок и изделий без расплавления основного компонента. Методами порошковой металлургии можно создавать материалы из различных компонентов с резко отличающимися свойствами и температурами плавления, новые материалы с разнообразным комплексом физико-механических свойств. Порошковая металлургия используется как для создания принципиально новых материалов и изделий из них, так и для изготовления самой широкой номенклатуры конструктивных деталей общего назначения.

В настоящее время расширяется сфера применения порошковой металлургии в различных областях промышленности, совершенствуется ее технология. Относительно небольшие производственные расходы на получение изделий из порошковых материалов в сочетании с возможностью придания им заданных свойств, окончательной формы и размеров практически без проведения механической обработки выдвинули порошковую металлургию в ряд наиболее эффективных и перспективных технологий. Эта технология успешно конкурирует с литьем, обработкой давлением, резанием и другими методами обработки металлов, дополняя или заменяя их.

### ***Технологический процесс производства порошковых изделий и области их применения***

Процесс изготовления деталей из порошковых материалов заключается в получении порошка исходного материала, составлении шихты, прессовании и спекании изделий. Каждая из указанных операций вносит свой существенный вклад в формирование конечных свойств порошковых изделий.

Методами порошковой металлургии получают: твердые сплавы для изготовления режущего, бурового, волоочильного инструмента, а также деталей, подвергающихся интенсивному изнашиванию; высокопористые материалы для изготовления фильтров, используемых для очистки жидкостей от твердых включений, воздуха и газа, от пыли и т. д.; антифрикционные материалы для производства подшипников скольжения, втулок, вкладышей и других деталей, работающих в тяжелых условиях эксплуатации; фрикционные материалы для получения деталей узлов трения, сцепления и тормозных систем машин; жаропрочные и жаростойкие материалы для производства изделий, работающих в условиях высоких температур и в сильно агрессивных газовых средах; материалы сложных составов (псевдосплавы) для изготовления электрических контактов, которые получить другими способами невозможно; магнитные материалы для изготовления постоянных магнитов, магнитоэлектриков, ферритов и т. д.

#### **1. Получение порошка исходного материала.**

Получение металлических порошков является важнейшей операцией технологического процесса изготовления деталей из порошковых материалов, от которой зависят их основные свойства.

Металлические порошки различаются как по размерам (от долей микрометра до долей миллиметра), так и по форме и состоянию поверхности частиц.

Все известные способы производства порошков условно разделяют на механические и физико-химические. Механические методы получения порошков — дробление и размол, распыление, грануляция — характеризуются переработкой материалов в порошок практически без изменения их химического состава. Физико-химические методы — восстановление, термическая диссоциация карбонильных соединений — отличаются тем, что получаемый порошок по химическому составу существенно отличается от исходного материала.

Наибольшее промышленное распространение получили методы изготовления порошков путем восстановления оксидов и других соединений металлов, распыления и др.

*Механические методы получения порошков* основаны на измельчении частиц материала путем разрушения их под действием внешних нагрузок, преодолевающих внутренние силы сцепления в материале.

Недостатками механических методов получения порошков является загрязнение последних продуктами истирания шаров и барабана, их высокая стоимость и относительно низкая производительность процессов.

Одним из *физико-химических методов* получения порошков является восстановление оксидов и других соединений металлов. Под восстановлением в порошковой металлургии понимают процесс получения металлов из их химических соединений путем отнятия неметаллической составляющей (кислорода и других элементов) при помощи восстановителя.

Методом восстановления получают порошки кобальта, вольфрама, молибдена, титана, меди, железа и других металлов. В качестве восстановителей применяют газы (водород, конвертерный, доменный, коксовый и др.) или твердые вещества (углерод, магний). Получение металлических порошков восстановлением является наиболее распространенным, высокопроизводительным и экономичным из рассматриваемых методов.

Электролиз водных растворов и расплавленных сред заключается в разложении водных растворов соединений выделяемого металла или расплавленных солей при пропускании через них постоянного электрического тока. Этим способом получают порошки олова, серебра, меди, железа, а также порошки редких металлов (тантала, тория, ниобия, циркония и др.) с дендритной формой частиц. Порошки отличаются высокой чистотой и хорошей прессуемостью вне зависимости от степени чистоты исходного сырья. Стоимость порошков высока из-за больших затрат электроэнергии и низкой производительности процесса.

## **2 Формование заготовок из порошковых материалов**

Под *формованием* следует понимать процесс получения заготовок требуемых форм и размеров, а также достаточной прочности для последующего изготовления из них изделий. Формование предполагает уплотнение порошка.

Прочность заготовки с повышением давления прессования увеличивается и обеспечивается за счет механического сцепления частиц и сил межмолекулярных связей.

Обычно перед формованием производят подготовку порошков, заключающуюся в их отжиге, классификации и приготвлении смесей (шихты).

Отжиг применяют с целью повышения пластичности и прессуемости порошков за счет восстановления остаточных оксидов и снятия наклепа.

Классификация — разделение порошков на фракции по размерам частиц. Разделение осуществляют с помощью сит либо воздушных сепараторов.

Приготовление шихты производят в мельницах, смесителях и др. Для этого дозированные порции компонентов определенного гранулометрического и химического состава смешивают в указанных устройствах.

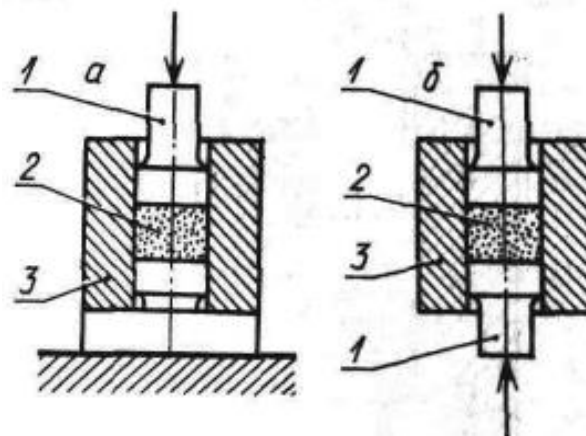


Рис. 1. Схемы прессования

Прессование в стальной пресс-форме (рис. 1) является наиболее распространенным способом получения заготовок. Пуансон 1 передает давление на порошок 2, помещенный в пресс-форму 3, и порошок уплотняется.

Одним из основных недостатков формования в пресс-формах является возникновение сил трения порошка о стенку матрицы (пресс-формы). Это вызывает неравномерное распределение плотности (прочности) по высоте заготовки, особенно если высота значительно превышает ее диаметр.

Уплотнение производят на гидравлических или механических прессах, давление прессования составляет 200... 1000 МПа в зависимости от свойств порошка и назначения изделия.

### 3. Спекание и окончательная обработка порошковых изделий

Только прессованием порошка получить изделие достаточной прочности невозможно. На поверхности частиц порошка образуются оксиды и всегда есть загрязнения, препятствующие возникновению металлических контактов. В силу упругих свойств частиц порошка велико их сопротивление деформированию. Поэтому для повышения прочности и твердости изделий заготовки подвергают спеканию.

Операция спекания состоит в нагреве и выдержке заготовок при температуре, составляющей 0,7...0,8 от абсолютной температуры плавления основного компонента спекаемой композиции. Средняя продолжительность выдержки составляет 1...2 ч.

Между частицами порошка возникают металлические контакты. Спекание сопровождается обычно некоторым уплотнением заготовок — усадкой, ко-

торая зависит от дисперсности исходного порошка, температуры и продолжительности спекания. При спекании снимаются остаточные напряжения в заготовках, изменяются их физические свойства и улучшаются механические характеристики. Для предотвращения окисления частиц порошка спекание проводят в вакууме или в защитной атмосфере (водорода, оксида азота, генераторного газа и др.).

Нагрев заготовок при спекании осуществляют в печах различного типа, работающих периодически или непрерывно. Печи периодического действия применяют при небольшом выпуске порошковых изделий. Они бывают колокольного типа, муфельные и шахтные. При массовом производстве изделий используют методические печи непрерывного действия: конвейерные, рольганговые, с шагающим подом, толкательные.

При необходимости порошковые изделия подвергают отделочным операциям: калиброванию, обработке резанием, термической и химико-термической обработке, повторному спеканию, повторному прессованию.

Калиброванием можно получать изделия с погрешностью размеров 0,0005...0,01 мм. Порошковое изделие продавливают через отверстие в стальных пресс-формах специальной конструкции. При этом происходит не только уточнение размеров, но и уплотнение и полировка поверхностного слоя изделий, повышается их износостойкость.

Обработку резанием (точение, сверление, фрезерование и т. д.) применяют в тех случаях, когда прессованием нельзя получить детали заданных форм и размеров, для нарезания внутренних и наружных резьб, получения узких, но глубоких отверстий и т. д. При обработке резанием используют хорошо заточенный и доведенный инструмент, оснащенный пластинками из твердого сплава или алмаза.

Термическую и химико-термическую обработку порошковых изделий (азотирование, хромирование и т. д.) проводят так же, как и для компактных металлов. Некоторой особенностью термической обработки порошковых изделий является необходимость нагрева их и переноса в закалочную ванну в защитной атмосфере, так как они отличаются склонностью к окислению.

Повторное прессование применяют при получении изделий сложной формы, когда при первом прессовании обеспечиваются лишь приближенные их форма и размеры.

### **Эффективность технологии порошковой металлургии**

Применение методов порошковой металлургии для изготовления изделий позволяет достигать высокой производительности труда и значительной экономии средств в народном хозяйстве страны. Экономия достигается за счет получения изделий высокой прочности, рационального использования металла, снижения его потерь, повышения качества изделий, создания новых прогрессивных деталей и др.

Если обычное изготовление деталей на металлорежущих станках сопровождается потерями до 20...80% металла, связано с необходимостью выполне-

ния большого числа технологических операций и значительными трудозатратами, то получение изделий методами порошковой металлургии отличается тем, что при числе операций 3...5 отходы металла составляют всего 5...10%. Кроме того, производство порошковых изделий сосредоточено в основном на одном предприятии, не требует большого станочного парка и высокой квалификации рабочих.

Многие изделия, изготовленные методами порошковой металлургии, обладают более высокими качествами, чем изделия, полученные традиционными методами. Так, стойкость инструмента из порошка быстрорежущей стали в 3...4 раза больше стойкости инструмента из литой стали. Новые инструментальные материалы на основе системы  $\text{Si}_3\text{N}_4 - \text{Al}_2\text{O}_3$  по стойкости во многих случаях превосходят вольфрам-титановые твердые сплавы.

Рост скоростей движения механизмов и нагрузок на детали и узлы современных машин обуславливает повышение требований, предъявляемых к материалам. Так, для торможения современного самолета в течение 30 с необходимо свыше 400 МВт энергии, а для остановки за 10 с автомобиля массой 2,5 т, движущегося со скоростью 180 км/ч,— более 220 кВт энергии. При этом теплота, выделяющаяся в тормозных узлах, должна рассеиваться до очередного торможения, в противном случае нарушается нормальный режим работы тормозов. Традиционные фрикционные материалы в подобных случаях не могут обеспечить требуемый режим работы узлов трения. Использование же порошковых фрикционных накладок в тормозных системах самолетов позволяет значительно уменьшить длину посадочных полос аэродромов, что обеспечивает получение большого экономического эффекта.

Порошковые антифрикционные материалы предназначены в основном для замены традиционных подшипниковых материалов и создания новых, не имеющих аналогов. Применение таких материалов позволяет увеличить в 1,5...3 раза срок службы узлов трения, достичь экономии материалов за счет полной или частичной ликвидации механической обработки при изготовлении деталей, снижения массы изделия и трудоемкости его изготовления.

Таким образом, порошковая металлургия позволяет решать вопросы, связанные с изготовлением материалов и изделий как с обычными, так и особыми свойствами. Эффективность порошковой металлургии повышается в условиях массового производства изделий. С увеличением объема выпуска изделий себестоимость изготовления порошковых деталей снижается по сравнению с себестоимостью литых заготовок.

Предполагается дальнейшее развитие теории и практическое применение методов порошковой металлургии.

## Лабораторная работа №7

**Тема: Определение твердости материалов.**

**Цель:** Ознакомиться с методикой определения твердости металлов по Бринеллю.

Проверяемые результаты: ПК 1.3, ПК.3.3, ПК 4.2, ПК 4.3, ПК 6.3, ПК 2.3

### Общие сведения

Под **твердостью** понимают свойство материала сопротивляться проникновению в него более твердого наконечника (индентора), не деформирующегося при испытании.

Твердость можно определять методом вдавливания, царапания, упругой отдачи и т.д. наиболее распространен метод вдавливания статической нагрузкой, который предусматривает внедрение индентора в образец (изделие) под действием нагрузки, прикладываемой плавно и постепенно, причем время выдержки под нагрузкой регламентируется соответствующими стандартами на методы измерения твердости. В результате вдавливания поверхностные слои металла, находящиеся под индентором и вблизи него, пластически деформируются. Особенность происходящей при этом деформации в том, что она протекает только в небольшом объеме, окружено недеформированным металлом. Таким образом, твердость характеризует сопротивление металла пластической деформации при контактном воздействии в поверхностном слое, т.е. способность одного тела противостоять проникновению (внедрению) в него другого более прочного тела.

Испытания на твердость получили большое распространение в промышленности, т.к. они дают возможность изучать свойства материала не только на опытных образцах, но и на готовых конструкциях и деталях. К тому же имеется возможность по результатам испытаний на твердость определить величину предела прочности материала без проведения испытаний на растяжение.

Наибольшее распространение получили статические методы:

1. Метод Бринелля – вдавливание стального закаленного шарика;
2. Метод Роквелла – вдавливание стального шарика при контроле мягких материалов или алмазного конуса при испытании твердых;
3. Метод Виккерса – вдавливание алмазной пирамиды.

Указанные методы определения твердости регламентированы соответствующими ГОСТами. Метод измерения твердости по Бринеллю - ГОСТ 9012-59, метод определения твердости по Роквеллу – ГОСТ 9013-59, метод определения твердости по Виккерсу – ГОСТ 2999-75.

### Методика и техника эксперимента

#### Определение твердости по методу Бринелля

При определении твердости по Бринеллю стальной шарик диаметром  $D$  вдавливается в испытуемый образец под действием нагрузки  $P$  (рис. 1) приложенной в течение определенного времени. Значение твердости определяют по

величине поверхности отпечатка, оставляемого шариком, который изготовлен из термически обработанной инструментальной стали.

Вдавливание шарика осуществляется на твердомере Бринелля (рис. 3) следующим образом. На столик 2 устанавливают испытуемый образец или изделие 3. Вращая маховик 1 по часовой стрелке поднимают столик вверх для обеспечения контакта образца с индентором-шариком 4. Потом нажатием кнопки включается электродвигатель 6 прибора, после чего нагрузка начинает плавно передаваться на испытуемый образец. Эта нагрузка, создаваемая грузом 5, действует обычно 10-60 с, в зависимости от твердости измеряемого материала; выключается двигатель автоматически. Столик 2 вместе с образцом опускают вращением маховика 1 в обратном направлении. Образец 3 снимают и измеряют диаметр полученного на нем отпечатка с помощью лупы, на окуляре которой нанесена шкала с делениями, соответствующими 0,1 мм. Схема измерения диаметра отпечатка специальной лупой показана на рис. 2.

Число твердости по Бринеллю (НВ) определяют путем деления нагрузки  $P$  (Н) на площадь поверхности сферического отпечатка  $F$  (мм<sup>2</sup>) и вычисляют по формуле:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}; \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр вдавливаемого шарика, мм;

$d$  – диаметр отпечатка, мм;

Между числами твердости по Бринеллю и пределом прочности  $G_B$  существует следующая приближенная зависимость:

$$G_B \approx kHB;$$

(2)

где  $k$  – коэффициент, определяемый опытным путем. Значения  $k$  для стали, алюминия и меди:

- сталь  $HB < 175$  - 3,4

- сталь  $HB > 175$  - 3,6

- алюминий отожженный - 4,0

- медь отожженная - 3,5.

Чем тверже металл, тем меньше диаметр отпечатка и тем выше число твердости по Бринеллю.

Диаметр шарика, нагрузку и продолжительность выдержки под нагрузкой выбирают в зависимости от твердости и толщины испытуемого изделия или образца. Нормы испытания на твердость приведены в таблице 1.

На практике при измерении твердости шариком определенного диаметра и установленной нагрузкой пользуются таблицами, указывающими число в зависимости от диаметра отпечатка.

Измерение твердости по Бринеллю не рекомендуется применять:

- для сталей твердостью  $> 450$  НВ из-за деформации стального шарика;

- для цветных металлов с твердостью  $> 200$  НВ;

- для тонких поверхностных слоев (толщиной 1-2 мм), которые шарик будет продавливать.

Таблица 1

## Нормы испытания на твердость по Бринеллю

Материал	Твердость по Бринеллю НВ	Толщина образца, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка Р, Н	Соотношение Р и D	Выдержка под нагрузкой, с	
Черные металлы	140-450	6-3	10,0	29420	$P=30D^2$	10	
		4-2	5,0	7354		10	
		<2	2,5	1834		10	
Черные металлы	<140	6	10,0	9810	$P=10D^2$	10	
		6-3	5,0	2451		10	
		<3	2,5	614		10	
Цветные металлы	>130	6-3	10,0	29420	$P=30D^2$	30	
		4-2	5,0	7354		30	
		<2	2,5	1834		30	
	35-130	9-3	10,0	9810	$P=10D^2$	30	
		6-3	5,0	2452		30	
		<3	2,5	614		30	
	8-35	>6	>6	10,0	2451	$P=2,5D^2$	60
			6-3	5,0	614		60
			<3	2,5	153		60

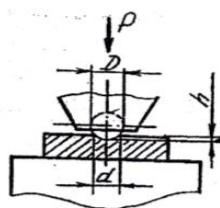


Рис. 1 Схема измерения твердости по методу Бринелля



Рис. 2 Схема измерения диаметра отпечатка

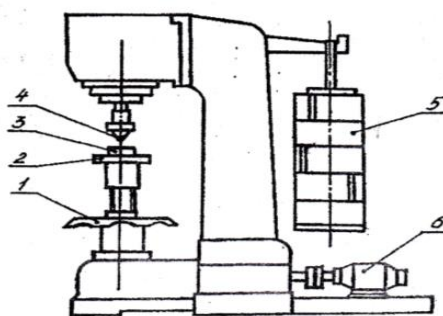


Рис. 3 Схема прибора для определения твердости по методу Бринелля



## Порядок выполнения работы

### Задание:

1. Изучить теоретические вопросы:
  - 1.1 схему испытания (с зарисовкой) твердости по Бринеллю;
  - 1.2 определение твердости по формуле;
  - 1.3 устройство автоматического рычажного пресса (с зарисовкой);
  - 1.4 выбор диаметра шарика и нагрузки;
  - 1.5 методику измерения отпечатка с помощью лупы.
2. Изучить порядок работы на твердомере
3. Определить твердость образцов
4. Определить приблизительное значение предела прочности образцов
5. Сделать вывод о зависимости твердости и прочности различных материалов образцов.

Результаты оформить в виде протокола.

Материал	Толщина образца, мм	Диаметр шарика, мм	Нагрузка, Н	Диаметр отпечатка, мм			Твердость, НВ	Предел прочности, Гв, МПа
				d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>ср</sub>		

### 6. Содержание и оформление отчета по работе

- тема
- цель
- задание
- описание методики проведения испытаний с зарисовкой рис. 1 и рис. 3
- результаты измерений
- выводы по работе

### Устный отчет по лабораторной работе:

1. Определение твердости.
2. Перечислить методы измерения твердости.
3. На чем основан метод измерения твердости по Бринеллю?
4. Как определяется твердость по методу Бринелля (формула)?
5. Как осуществляется выбор диаметра шарика и нагрузки в лабораторной работе?
6. Методика измерения отпечатка.

## Практическая работа №8

### Тема: Производство и маркировка цветных металлов

**Цель:** закрепление теоретических знаний о производстве и маркировке цветных металлов, научиться расшифровывать заданные марки цветных металлов и сплавов и определять область их применения.

Проверяемые результаты: ПК 1.3, ПК.3.3, ПК 4.2, ПК 4.3ПК 6.3, ПК 2.3

### Классификация и маркировка цветных сплавов

#### Медь и её сплавы

Технически чистая медь обладает высокими пластичностью и коррозионной стойкостью, малым удельным электросопротивлением и высокой теплопроводностью. По чистоте медь подразделяют на марки (ГОСТ 859-78):

Марка	МВЧк	МОО	МО	М1	М2	М3
Содержание Cu+Ag, не менее %	99,993	99,99	99,95	99,9	99,7	99,5

После обозначения марки указывают способ изготовления меди: к - катодная, б - бес кислородная, р - раскисленная. Медь огневого рафинирования не обозначается.

МООк - технически чистая катодная медь, содержащая не менее 99,99% меди и серебром - технически чистая медь огневого рафинирования, содержит не менее 99,5% меди и серебра.

Медные сплавы разделяют на бронзы и латуни.

Бронзы- это сплавы меди с оловом (4 - 33% Sn хотя бывают без оловянные бронзы), свинцом (до 30% Pb), алюминием (5-11% Al), кремнием (4-5% Si), сурьмой и фосфором (ГОСТ 493-79 , ГОСТ 613-79, ГОСТ 5017-74, ГОСТ 18175-78).

Латуни - сплавы меди с цинком (до 50% Zn) и небольшими добавками алюминия, кремния, свинца, никеля, марганца (ГОСТ 15527-70, ГОСТ 17711-80).

Медные сплавы предназначены для изготовления деталей методами литья, называют литейными, а сплавы, предназначенные для изготовления деталей пластическим деформированием - сплавами, обрабатываемыми давлением.

Медные сплавы обозначают начальными буквами их названия (Бр или Л), после чего следуют первые буквы названий основных элементов, образующих сплав, и цифры, указывающие количество элемента в процентах. Приняты следующие обозначения компонентов сплавов:

А - алюминий  
Мц - марганец  
С - свинец

Б - бериллий  
Мг - магний  
Ср - серебро

Ж - железо  
Мш - мышьяк  
Су - сурьма

К - кремний  
Н - никель  
Т - титан

Кд - кадмий  
О - олово  
Ф - фосфор

Х - хром  
Ц - цинк

Примеры:

БрА9Мц2Л - бронза, содержащая 9% алюминия, 2% Мп, остальное Сu ("Л" указывает, что сплав литейный);

ЛЦ40Мц3Ж - латунь, содержащая 40% Zn, 3% Мп, ~1% Fe, остальное Сu;

Бр0Ф8,0-0,3 - бронза наряду с медью содержащая 8% олова и 0,3% фосфора;

ЛАМш77-2-0,05 - латунь содержащая 77% Сu, 2% Al, 0,055 мышьяка, остальное Zn (в обозначении латуни, предназначенной для обработки давлением, первое число указывает на содержание меди).

В несложных по составу латунях указывают только содержание в сплаве меди:

Л96 - латунь содержащая 96% Сu и ~4% Zn (томпак);

Л63 - латунь содержащая 63% Сu и ~37% Zn.

### Алюминий и его сплавы

Алюминий - легкий металл, обладающий высокими тепло- и электропроводностью, стойкий к коррозии. В зависимости от степени чистоты первичный алюминий согласно ГОСТ 11069-74 бывает особой (А999), высокой (А995, А95) и технической чистоты (А85, А7Е, АО и др.). Алюминий маркируют буквой А и цифрами, обозначающими доли процента свыше 99,0% Al; буква "Е" обозначает повышенное содержание железа и пониженное кремния.

А999 - алюминий особой чистоты, в котором содержится не менее 99,999% Al;

А5 - алюминий технической чистоты в котором 99,5% алюминия.

Алюминиевые сплавы разделяют на деформируемые и литейные. Те и другие могут быть не упрочняемые и упрочняемые термической обработкой.

**Деформируемые алюминиевые сплавы** хорошо обрабатываются прокаткой, ковкой, штамповкой. Их марки приведены в ГОСТ4784-74. К деформируемым алюминиевым сплавам не упрочняемым термообработкой, относятся сплавы системы Al-Mn и Al-Mg:Амц; АмцС; Амг1; Амг4,5; Амг6. Аббревиатура включает в себя начальные буквы, входящие в состав сплава компонентов и цифры, указывающие содержание легирующего элемента в процентах. К деформируемым алюминиевым сплавам, упрочняемым термической обработкой, относятся сплавы системы Al-Cu-Mg с добавками некоторых элементов (дуралюны, ковочные сплавы), а также высокопрочные и жаропрочные сплавы сложного хим.состава.

Дуралюмины маркируются буквой "Д" и порядковым номером, например: Д1, Д12, Д18, АК4, АК8.

Чистый деформируемый алюминий обозначается буквами "АД" и условным обозначением степени его чистоты: АДоч (>=99,98% Al), АД000 (>=99,80% Al), АД0(99,5% Al), АД1 (99,30% Al), АД(>=98,80% Al).

**Литейные алюминиевые сплавы** (ГОСТ 2685-75) обладает хорошей жидко-текучестью, имеет сравнительно не большую усадку и предназначены в основном для фасонного литья. Эти сплавы маркируются буквами "АЛ" с последующим порядковым номером: АЛ2, АЛ9, АЛ13, АЛ22, АЛ30.

Иногда маркируют по составу: АК7М2; АК21М2, 5Н2,5; АК4МЦ6. В этом случае "М" обозначает медь. "К" - кремний, "Ц" - цинк, "Н" - никель; цифра - среднее % содержание элемента.

Из алюминиевых антифрикционных сплавов (ГОСТ 14113-78) изготавливают подшипники и вкладыши как литьем так и обработкой давлением. Такие сплавы маркируют буквой "А" и начальными буквами входящих в них элементов: А09-2, А06-1, АН-2,5, АСМТ. В первые два сплава входят в указанное количество олова и меди (первая цифра-олово, вторая-медь в %), в третий 2,7-3,3% Ni и в четвертый медь сурьма и теллур.

### **Титан и его сплавы**

Титан - тугоплавкий металл с невысокой плотностью. Удельная прочность титана выше, чем у многих легированных конструкционных сталей, поэтому при замене сталей титановыми сплавами можно при равной прочности уменьшить массу детали на 40%. Титан хорошо обрабатывается давлением, сваривается, из него можно изготовить сложные отливки, но обработка резанием затруднительна. Для получения сплавов с улучшенными свойствами его легируют алюминием, хромом, молибденом.

Титан и его сплавы маркируют буквами "ВТ" и порядковым номером: ВТ1-00, ВТ3-1, ВТ4, ВТ8, ВТ14.

Пять титановых сплавов обозначены иначе: 0Т4-0, 0Т4, 0Т4-1, ПТ-7М, ПТ-3В.

### **Магний и его сплавы**

Среди промышленных металлов магний обладает наименьшей плотностью (1700 кг/м<sup>3</sup>). Магний и его сплавы неустойчивы против коррозии, при повышении температуры магний интенсивно окисляется и даже самовоспламеняется. Он обладает малой прочностью и пластичностью, поэтому как конструкционный материал чистый магний не используется. Для повышения химико-механических свойств в магниевые сплавы вводят алюминий, цинк, марганец и другие легирующие добавки.

Магниевые сплавы подразделяют на деформируемые (ГОСТ 14957-76) и литейные (ГОСТ 2856-79). Первые маркируются буквами "МА", вторые "МЛ". После букв указывается порядковый номер сплава в соответствующем ГОСТе.

Например:

МА1-деформируемый магниевый сплав №1; МЛ19-литейный магниевый сплав №19

### **Задание:**

1. Определить по таблице 1 заданные марки цветных сплавов
2. Расшифровать данные марки
3. Описать характеристики заданных сплавов
4. Результаты оформить в таблицу 2

5. Сделать вывод о проделанной работе.

**Таблица 1 - Исходные данные**

<b>№ варианта</b>	<b>Заданные марки</b>	<b>№ варианта</b>	<b>Заданные марки</b>
1	М006, Амч3, ВТ1-00, МЛ3	16	БрА9Ж4Н4Мц1, Амг6, ВТ1-0, МА21
2	БрА9Мц2Л, АЛ19, ВТ1-0, МЛ4	17	ЛЦ23А6Ж3Мц2, Д16, ВТ16, МЛ19
3	БрА7Мц15Ж3Н2Ц2, А6, ОТ4-0, МА1	18	ЛАМш77-2-0,05, АЛ23, ВТ5, МА18
4	Бр04Ц7С5, АД0Е, ОТ4-1, МА2	19	Бр0Фб, Д18, ВТ1-00, МА19
5	БрОФ4-0, АЛ33, ОТ-4, МЛ19	20	ЛК80-3, АК4М4, ВТ22, МЛ8
6	ЛС63-2, Амц, ВТ5, МЛ15	21	БрКМц3-1, АК7, ВТ20, МЛ12
7	ЛА77-2, Д16, ВТ9, МА18	22	Бр06Ц6С3, АЛ9, ПТ-3В, МА2
8	М2р, АЛ25, ВТ14, МА15	23	ЛЦ38Мц2С2, Амг2, ВТ3, МЛ4
9	БрСу3Н3Ц3С20Ф, А8, ВТ16, МЛ5	24	БрАЖНМц9-4-4-1, АД0, ВТ14, МА20
10	ЛЦ40Мц3А, АЛ21, ВТ20, МА17	25	ЛАНКМц75-2-2, А7, ВТ9, МЛ9
11	ЛЖМц59-1-1, АК4М4, ВТ22, МЛ6	26	М006, Амч3, ВТ1-00, МЛ3
12	ЛС59-1, Д12, ПТ-7М, МЛ10	27	БрА9Мц2Л, АЛ19, ВТ1-0, МЛ4
13	Л68, А5Е, ПТ-3В, МА-12	28	БрА7Мц15Ж3Н2Ц2, А6, ОТ4-0, МА1
14	БрАЖНЮ-4-4, АЛ2, ВТ9, МА11	29	Бр04Ц7С5, АД0Е, ОТ4-1, МА2
15	БрА7Мц15Ж3Н2Ц2, АК9, ВТ5, МЛ8	30	БрОФ4-0, АЛ33, ОТ-4, МЛ19

**Таблица 2 - Маркировка цветных металлов**

<b>№ п/п</b>	<b>Заданная марка</b>	<b>Описание заданного металла или сплава</b>	<b>Область применения заданного металла или сплава</b>

## **Практическая работа № 9**

**Тема:** Применение электротехнических материалов

**Цель:** закрепление теоретических знаний по теме: «Материалы с особыми электрическими свойствами».

Проверяемые результаты: ПК 1.3, ПК.3.3, ПК 4.2, ПК 4.3ПК 6.3, ПК 2.3

### **Задание:**

Привести пример проводникового, полупроводникового или диэлектрического материала и описать область его применения

### **Ход работы:**

1. Выбрать проводниковый, полупроводниковый материал, диэлектрик, изучить область его применения, используя техническую литературу
2. Оформить письменный отчет по практической работе по плану:
  - 2.1 Тема
  - 2.2 Цель
  - 2.3 Задание
  - 2.4 Описание выбранного материала и области его применения
3. Устный отчет по вопросам:
  - 3.1 Характеристика проводниковых материалов, область их применения
  - 3.2 Характеристика полупроводниковых материалов, область их применения
  - 3.3 Характеристика диэлектриков, область их применения

## Практическая работа № 10

**Тема: Подбор методов защиты детали от коррозии**

**Цель занятия:** знакомство с некоторыми методами защиты металлов от коррозии, выбор более эффективного метода защиты.

Проверяемые результаты: ПК 1.3, ПК.3.3, ПК 4.2, ПК 4.3ПК 6.3, ПК 2.3

### Содержание

1. Теоретические сведения

2. Контрольные задания

**Значимость темы:** коррозия металлов наносит большой ущерб народному хозяйству. Она вызывает как потерю самого металла, так и недолговечность металлических и железобетонных конструкций. Инженеру любой специальности необходимо знать основные методы защиты металлов от коррозии, так как это позволяет выбирать оптимальные методы защиты металлических и железобетонных конструкций, что ведет к повышению долговечности зданий, сооружений и технологического оборудования. Это в свою очередь уменьшает затраты на ремонт и обеспечивает безаварийность производства.

#### 1. Теоретические сведения

Коррозию металла можно затормозить пассивацией и изменением потенциала металла, уменьшением концентрации окислителя, изоляцией поверхности металла от окислителя и пр. Все эти способы защиты можно объединить в группы:

- 1) защитные покрытия металлов;
- 2) обработка коррозионной среды;
- 3) электрохимические методы защиты;
- 4) получение коррозионно-стойких сплавов.

Рассмотрим первые два способа.

Покрытия, применяемые для защиты металлов, подразделяются на металлические, неметаллические и образованные в результате химической или электрохимической обработки поверхности металла.

Металлические покрытия по характеру защитного действия подразделяются на катодные и анодные.

К **анодным** относятся такие покрытия, в которых металл покрытия имеет более отрицательное значение электродного потенциала, чем защищаемая деталь. Например, железо, покрытое цинком. При **катодном** покрытии металл покрытия имеет более положительное значение электродного потенциала, чем сама деталь. Например, железо, покрытое медью или оловом (луженое железо). Пока защитный слой не нарушен, принципиального различия между этими покрытиями нет.

При нарушении целостности катодное покрытие перестает защищать основной металл от коррозии, создавая с ним гальваническую пару, усиливает его коррозию. Анодное же покрытие будет само подвергаться разрушению, защищая тем самым основной металл.

Работа подобных гальванических пар в кислой и нейтральной средах приведена в теоретических сведениях лабораторной работы № 8.

Метод обработки коррозионной среды пригоден для случаев, когда защищаемое изделие эксплуатируется в ограниченном объеме жидкости. Например, скорость процессов кислотной коррозии может быть значительно снижена введением в кислоту ингибиторов – веществ, замедляющих коррозию, в количестве 0,1? 0,5%.

Механизм действия ингибиторов заключается в том, что, адсорбируясь на поверхности металла, они подавляют действие коррозионных микропар, препятствуя катодному или анодному процессу или обоим вместе.

Электрохимический метод защиты основан на торможении анодных или катодных реакций за счет изменения потенциала этих реакций. Одним из электрохимических методов является протекторная защита. Сущность его заключается в том, что к защищаемой конструкции присоединяют протектор, то есть металл, имеющий более отрицательный электродный потенциал. В искусственно созданной коррозионной гальванической паре разрушается протектор, то есть анод, а основной металл сохраняется.

## **2. Контрольные задания**

**Вариант 1.** Железо покрыто оловом, какое это покрытие: анодное или катодное? Расписать работу коррозионной гальванической пары в кислой среде.

**Вариант 2.** Из перечисленных металлов (Cu; Zn; Ni) подобрать протектор для стальной детали (Fe). Расписать работу гальванической пары в нейтральной среде ( $H_2O+O_2$ ).

### **Отчет по практической работе:**

1. Тема
2. Цель
3. Задание
4. Решение контрольного задания
5. Вывод по работе

### **Контрольные вопросы:**

1. Определение коррозии
2. Виды коррозии
3. Методы защиты от коррозии



## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основные источники:

1. Колесник П.А. Материаловедение на автомобильном транспорте: учебник для студентов/ П.А. Колесник, В.С. Кланица. – 7-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 320 с.
2. Груздев В.С. Материаловедение: учебник для студ. учреждений / В.С. Груздев, И.А. Синявский. – М. : Издательский центр «Академия», 2018. – 272 с.

### Дополнительные источники:

1. Заплатин В.Н., Основы материаловедения (металлообработка): учебник для нач. проф. образования / (В.Н. Заплатин, Ю.И. Сапожников, А.В. Дубов и др.); под ред. В.Н. Заплатина. – 5-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 272 с.
2. Заплатин В.Н., Справочное пособие по материаловедению (металлообработка): учеб. пособие для нач. проф. образования / В.Н. Заплатин, Ю.И. Сапожников, А.В. Дубов; под ред. В.Н. Заплатина. – 4-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 256 с.
3. Лабораторный практикум по материаловедению в машиностроении и металлообработке : учебное пособие для нач. проф. образования / (В.Н. Заплатин, Ю.И. Сапожников, А.В. Дубов, В.С. Новосёлов); под ред. В.Н. Заплатина. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 240 с.
4. Соколова Е.Н. Материаловедение: Контрольные материалы: учеб. пособие для нач. проф. образования / Е.Н. Соколова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 80 с.

### Интернет-ресурсы:

1. Все о материалах и материаловедении// Materiall.ru: URL: <http://materiall.ru/>..
2. Электронный ресурс «Материаловедение» - Режим доступа: <http://www.materialcince.ru>
3. Материаловедение // Material Science Group: URL: [www.materialscience.ru](http://www.materialscience.ru)..
4. Платков В.. Литература по Материалам и материаловедению // Materialu.com.: URL: <http://materialu-adam.blogspot.com/> .
5. Сайт для студентов и преподавателей // twirpx.com: URL: <http://www.twirpx.com/files/machinery/material>.

