

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г. И. Носова»  
Многопрофильный колледж



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ОП.04 Материаловедение**

**для обучающихся специальности**

**15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и  
производств (по отраслям)**

Магнитогорск, 2022

ОДОБРЕНО:

Предметной комиссией  
«Механического, гидравлического оборудования и  
автоматизация

Председатель О.А. Тарасова  
Протокол № 10 от 22.06.2022 г.

Методической комиссией МпК

Протокол  
№ 6 от 29.06.2022 г.

**Разработчик:**

преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Цыганов Данил Денисович

Методические указания по выполнению практических занятий разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Материаловедение».

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального(ых) модуля(ей) программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям) и овладению профессиональными компетенциями.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
Лабораторное занятие 1	6
Практическое занятие 1	11
Практическое занятие 2	17
Практическое занятие 3	17
Практическое занятие 4	21
Практическое занятие 5	23
Практическое занятие 6	26
Практическое занятие 7	28
Практическое занятие 8	30

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений (умений решать задачи по математике, физике, химии, информатике и др.), необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Материаловедение» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий. В рамках практического/лабораторного занятия обучающиеся могут выполнять одну или несколько практических/лабораторных работ.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

У 2.1.10 - определять свойства конструкционных и сырьевых материалов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их;

У 2.1.11 - определять твердость материалов;

У 2.1.13 - подбирать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации;

У 2.1.17 - использовать нормативные документы для выбора проводниковых материалов с целью обеспечения требуемых характеристик изделий;

У 2.1.14 - подбирать способы и режимы обработки металлов (литьем, давлением, сваркой, резанием) для изготовления деталей;

У 2.1.12 - определять режимы отжига, закалки и отпуска стали;

У 2.1.15 - выбирать электротехнические материалы: проводники и диэлектрики по назначению и условиям эксплуатации;

У 2.1.16 - проводить исследования и испытания электротехнических материалов;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 2.1. Осуществлять выбор оборудования и элементной базы систем автоматизации в соответствии с заданием и требованием разработанной технической документации на модель элементов систем автоматизации;

А также формированию **общих компетенций:**

ОК 01 - Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам;

ОК 02 - Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 - Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 09 - Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

Выполнение обучающихся практических и лабораторных работ по учебной дисциплине «Материаловедение» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

Практические и лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 3.1 Диэлектрические материалы

#### Лабораторное занятие № 1

#### Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь изоляционных материалов

**Цель:** Изучить стандартные методы определения диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  и тангенса угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$  высоковольтным мостом переменного тока Р 5026; приобрести навык работы на нем.

#### Выполнив работу, Вы будете:

##### *уметь:*

- определять свойства материалов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их;

#### Материальное обеспечение:

Образцы твердых диэлектриков; мост переменного тока Р 5026 в комплекте с образцовым воздушным конденсатором Р 5023 и электродами для испытания твердых диэлектриков; высоковольтный трансформатор типа НОМ-10 кВ мощностью 100 В А; регулятор напряжения АОМН-40-220; шнуры питания и провода.

#### Задание:

1. Ознакомиться с испытуемым объектом, записать его данные и собрать рабочую схему согласно рис. 1 и 2.
2. Снять зависимость диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков (гетинакс, текстолит, стеклотекстолит, электрокартон, стекло и др.) при изменении приложенного напряжения от 3 до 5 кВ.
3. Построить графики зависимости  $\epsilon = f(u)$ ,  $\operatorname{tg} \delta = f(u)$ .
4. По графику  $\operatorname{tg} \delta = f(u)$  определить напряжение начала ионизации образца, содержащего воздушные включения.

#### Краткие теоретические сведения:

В данной работе исследуют зависимость диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$  твердых диэлектриков при изменении приложенного напряжения. Материал диэлектрика выбирается по усмотрению преподавателя. Измерения  $\epsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$  осуществляются с помощью высоковольтного моста переменного тока.

Сущность метода заключается в следующем: исследуемый образец  $C_x$  включается в одно из плеч моста. Остальные плечи образуются с помощью образцовой емкости  $C_0$ , регулируемого активного сопротивления  $R_3$  и регулируемой ёмкости  $C_4$ , включенной параллельно активному сопротивлению  $R$ . Изменением регулируемых параметров схемы  $R$  и  $C_4$  мост уравнивается. Критерием равновесия моста служит отсутствие тока в его диагонали, что определяется с помощью нулевого индикатора (НИ).

Используя условия равновесия, определяют емкость  $C_x$ . При положении переключателя пределов «А» в положении I формула для определения  $C_x$  и  $\operatorname{tg} \delta$  имеет вид

$$C_x = C_o M(\wedge), \text{пф};$$

$$C_o = 48,7 \text{ пф},$$

где  $C_o$  - действительное значение емкости образцового конденсатора;

$N$  - множитель у переключателя (1 или 0,1);

$R$  - отсчет на мосте.

$$\text{tg } \delta x = NC_4.$$

Переключатель предела "А" установлен в положение "2" или "3", переключатель "N" установлен в положение "1".

Формулы для определения  $C_x$  и  $\text{tg } \delta$  для соответствующих положений переключателей следующие:

$$C_x = 200C_o[(150 - S + \sqrt{3})/\sqrt{3}], \text{ пф};$$

$$C_o = 48,7 \text{ пф},$$

где  $S$  - отсчет на плавно переменном потенциометре.

$$\text{tg } \delta x = C_4;$$

$$C_x = 200C_o[(150 - S + \sqrt{3})/\sqrt{3}], \text{ пф},$$

где  $C_4$  - отсчет на мосте.

Переключатель пределов "А" установлен в положение "4", переключатель "N" - в положение "0,1". Тогда формулы для определения  $C_x$  и  $\text{tg } \delta x$  имеют вид

$$C_x = [(4 \cdot 318,3 \cdot 10^3)/\sqrt{3}], \text{ пф};$$

$$\text{tg } \delta x = C_4.$$

Переключатель пределов "А" установлен в положение "5", переключатель "N" в положение "1". Формулы для определения  $C_x$  и  $\text{tg } \delta_{\text{v}}$  имеют вид

$$C_x = 3183/\sqrt{3}, \text{ пф};$$

$$\text{tg } \delta_{\text{v}} = C_4.$$

Диэлектрическая проницаемость определяется по формуле

$$\epsilon = C/C_в,$$

где  $C_в$  - емкость воздушного конденсатора;

$C$  - ёмкость конденсатора с такими же геометрическими размерами, но между пластинами которого находится диэлектрик.

Для плоского образца

$$C_{\text{в}} = \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot \frac{A}{h}$$

где  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м - диэлектрическая постоянная;

$S_3$  - эффективная площадь электрода, м<sup>2</sup>;

$h$  - расстояние между измерительными и высоковольтными электродами (толщина диэлектрика), м.

Тогда

$$C_{\text{х}} = C_0 \frac{R_4}{R_3} = C_0 \frac{R_4 h}{C_0 R_4 h} = \frac{C_0 R_4 h}{R_3}$$

$$\epsilon = \frac{C_{\text{х}} R_3}{C_0 R_4 h}$$

$$\epsilon = \frac{C_{\text{х}} R_3}{C_0 R_4 h}$$

Образцы твердых диэлектриков представляют собой квадратные пластинки с нанесенными на них фольговыми электродами (рис. 1). Применение охранного (кольцевого) электрода необходимо для выравнивания поля в диэлектрике и устранения погрешности от краевого эффекта.

В формуле для подсчета  $\epsilon$  берется эффективная площадь в м<sup>2</sup> электрода, которая определяется следующим образом:

$$S_{\text{эф}} = \pi \frac{d_1^2 - d_2^2}{4}$$

где  $d_{\text{ср.}} = (d_1 + d_2) / 2$ ;

$d_1 = 50$  мм = 0,05 м;

$d_2 = 115$  мм = 0,115 м;

$R_4 = 3184$  Ом.

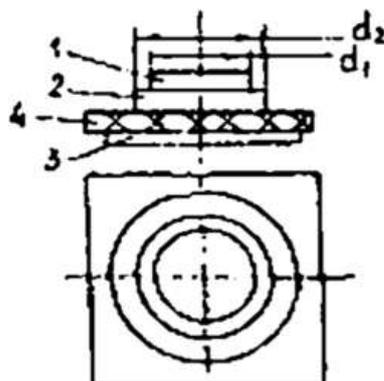


Рис. 1. Образцы для измерения мостовым методом твердого диэлектрика: 1 - измерительный электрод; 2 - охранный кольцо; 3 - высоковольтный электрод; 4 - исследуемый диэлектрик

## Описание установки

Принципиальная электрическая схема установки для измерения  $\epsilon$  и  $\text{tg } \delta$  приведена на рис. 2.

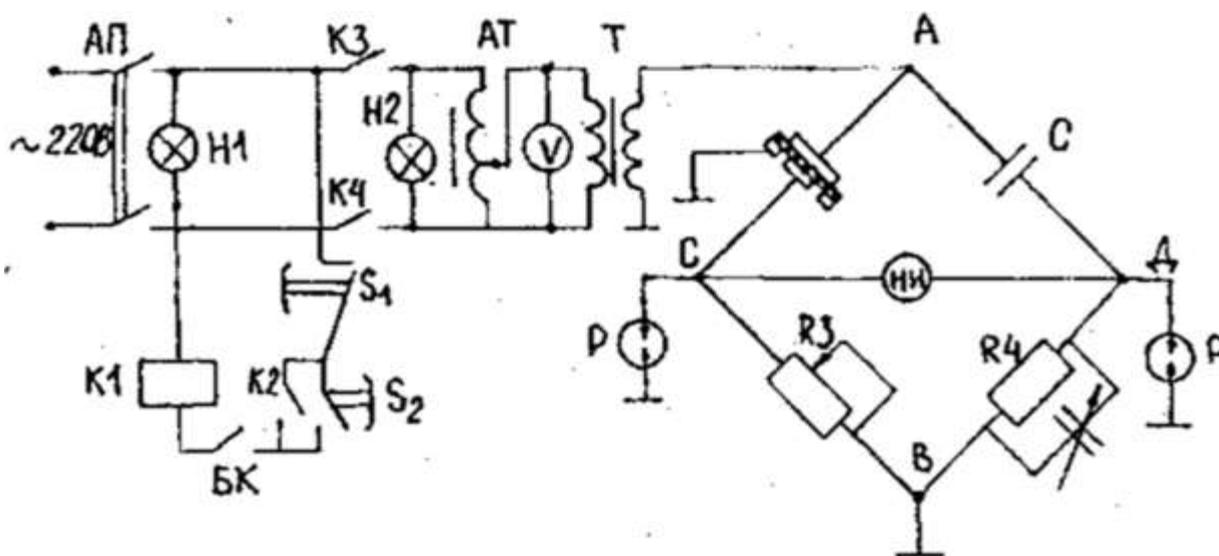


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема установки:

АП - автоматический выключатель; Н1 - зеленая сигнальная лампа;

Н2 - красная сигнальная лампа; БК - контакты блокировки двери;

К1 - катушка магнитного пускателя; К2, К3, К4 - контакты магнитного пускателя; Si - кнопка «стоп»; S2 - кнопка «пуск»; Т - высоковольтный трансформатор; АТ - автотрансформатор АОМН;  $C_x$  - испытуемый образец;

$C_o$  - образцовый воздушный конденсатор; НИ - нуль-индикатор

Питание моста осуществляется высоковольтным трансформатором Т, который вместе с испытуемым образцом  $C_x$  и образцовым конденсатором  $C_o$  составляет высоковольтную часть установки. Высоковольтный трансформатор и образцовый конденсатор находятся внутри ограждения так, что доступа к ним при включенной установке не имеется. Испытуемый образец помещается внутри камеры из органического стекла, дверца которой снабжена контактом блокировки ВК. При открывании дверцы, когда становится возможным доступ к клеммам «высокое напряжение», соединенным с вершиной моста А, контакт блокировки размыкается и установка отключается от сети. Центральный (измерительный) и охранный электроды должны быть расположены на верхней стороне образца. Центральный электрод присоединяется к клемме НИ, соединенной с вершиной моста С, а охранный электрод заземляется.

Практически все напряжение, приложенное к диагонали моста АВ, распределяется на плечи АС и АД, так как их сопротивление вследствие малой величины емкости  $C_x$  и  $C_o$ , во много раз больше сопротивления плеч ВС и ВД. Если учесть, что вершина В заземлена, то напряжение на элементах R3 и C4, с которым работает студент, очень мало. Поэтому плечи ВС и ВД представляют низковольтную часть моста, и работа их с элементами не

представляет опасности. Регулирующие элементы моста  $R_3$  и  $C_4$  выполнены в виде декадных магазинов сопротивлений и емкостей. Для защиты оператора в схеме моста при пробое изоляции испытуемого образца или образцового конденсатора мост снабжен неоновыми разрядниками  $P$ . При появлении высокого потенциала в вершинах моста  $C$  и  $D$  разрядники срабатывают, и эти точки соединяются с землей. Указателем равновесия моста является  $EM$ . Напряжение, подаваемое на образец, регулируется автотрансформатором  $AT$  и измеряется вольтметром  $V$ , включенным на стороне низкого напряжения трансформатора  $T$ . Вольтметр проградуирован с учетом коэффициента трансформации ( $7^{\wedge}=100$  для измерения напряжения от 3 до 10 кВ).

### **Порядок выполнения работы:**

- 1. После полного отключения стенда от сети установить в камере испытуемый образец, поставив металлические электроды на соответствующие фольговые электроды на образце.
- 2. Закрыть дверцу камеры с образцом.
- 3. Установить на "О" переключатели всех декад магазина сопротивления  $R_4$  и магазина емкостей  $C_4$  ( $tg 5$ ).
- 4. Повернуть ручку автотрансформатора до отказа по часовой стрелке, когда напряжение на выходе равно нулю.
- 5. Убедившись, что дверцы камеры закрыты, нажать кнопку «Вкл.» автоматического выключателя АП-50 на стенде, при этом загорится зеленая сигнальная лампа, находящаяся рядом с АП-50.
- 6. Нажать кнопку «Пуск» магнитного пускателя, при этом загорится красная сигнальная лампа.
- 7. Установить ручку «Чувствительность» в такое положение, при котором стрелка микроамперметра отклонится на 30-35 мкА.
- 8. Выбирать вращением положение ручки «А» переключателя пределов измерения, при котором отклонение стрелки микроамперметра будет минимальное. При этом не допускается нажимать кнопку «К».
- 9. Добиться положения, при котором стрелка микроамперметра наиболее близко подойдет к нулевой отметке шкалы, поочередно регулируя сопротивление ряда  $R_3$  и емкости  $C_4$ , увеличивая при этом чувствительность указателя равновесия.
- 10. Уравновешивание моста заканчивается при такой чувствительности, при которой изменение  $R_3$  и  $C_4$  на величину, равную  $1/2$  допускаемой основной погрешности, вызывает отклонение стрелки микроамперметра не менее чем на 0,5 мм.
- 11. Записать значения отсчета  $C_4$  и  $R_3$ , а также положение переключателя полярности  $B$  на мосте и переключателя полярности  $B_0$  на регулирующем устройстве.
- 12. Уменьшить чувствительность указателя равновесия и перевести переключатель полярности  $B$  в другое положение при  $+ tg 5$ .

### **Контрольные вопросы**

- 1. Назовите виды поляризации. Приведите классификацию диэлектриков по видам поляризации.
- 2. Какие виды поляризации могут наблюдаться в газообразных, жидких и твердых диэлектриках?

- 3. Опишите схемы замещений диэлектриков, в которых наблюдаются различные виды поляризации.
- 4. Что такое диэлектрическая проницаемость?
- 5. Что такое тангенс угла диэлектрических потерь?
- 6. Опишите частотные и температурные зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь для нейтральных, ионных и полярных диэлектриков.
- 7. Как зависят  $\epsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$  от приложенного напряжения:
  - а) для диэлектриков плотной структуры;
  - б) для пористых диэлектриков;
  - в) для сегнетодиэлектриков?
- 7. Каковы основные виды диэлектрических потерь?
- 8. Приведите параллельную и последовательную схемы замещения диэлектриков. Вывод формул для обеих схем.
- 9. От каких факторов зависят диэлектрические потери?

### **Форма представления результата:**

Отчет выполняется в тетради для лабораторных и практических работ:

- тема работы;
- цель;
- задание;
- выполнить пункты задания
- оформить протокол;
- сделать вывод.

## **Тема 1.2. Механические и физические свойства материалов и основные**

### **Практическое занятие № 1**

#### **Физические свойства металлов и методы их изучения**

**Цель:** изучить физические свойства металлов, методы их определения.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- определять свойства металлов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их

**Материальное обеспечение:**

- методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

**Задание:**

1. Запишите название работы и ее цель.
2. Заполнить таблицу и сделать вывод.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите теоретическую часть.
2. Выполните задания.

**Краткие теоретические сведения:**

К физическим свойствам относятся: плотность, плавление (температура плавления), теплопроводность, тепловое расширение.

Плотность - количество вещества, содержащееся в единице объема. Это одна из важнейших характеристик металлов и сплавов. По плотности металлы делятся на следующие группы: легкие (плотность не более  $5 \text{ г/см}^3$ ) - магний, алюминий, титан и др; тяжелые - (плотность от 5 до  $10 \text{ г/см}^3$ ) - железо, никель, медь, цинк, олово и др. (это наиболее обширная группа); очень тяжелые (плотность более  $10 \text{ г/см}^3$ ) - молибден, вольфрам, золото, свинец и др. В таблице 1 приведены значения плотности металлов.

Таблица 1-Плотность металлов

металл	плотность $\text{г/см}^3$	металл	плотность $\text{г/см}^3$
Магний	1,74	Железо	7,87
Алюминий	2,70	Медь	8,94
Титан	4,50	Серебро	10,50
Никель	7,14	Свинец	11,34
Олово	7,29	Золото	19,32

Температура плавления -это температура, при которой металл переходит из кристаллического (твердого) состояния в жидкое с поглощением теплоты.

Температура плавления металлов лежат в диапазоне от  $-39 \text{ }^\circ\text{C}$  (ртуть) до  $3410 \text{ }^\circ\text{C}$  (вольфрам). Температура плавления большинства металлов (за исключением щелочных) высока, однако некоторые «нормальные» металлы, например олово и свинец, можно расплавить на обычной электрической или газовой плите.

В зависимости от температуры плавления металл подразделяют на следующие группы: легкоплавкие (температура плавления не превышает  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ ) - цинк, олово, свинец, висмут и др.; среднеплавкие (от  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ ) - к ним относятся почти половина металлов, в том числе магний, алюминий, железо, никель, медь, золото; тугоплавкие (более  $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ ) - вольфрам, молибден, титан, хром и др. При введении в металл добавок температура плавления, как правило, понижается.

Таблица 2-Температура плавления и кипения металлов

металл	Температур а °С		мет алл	Температур а °С	
	пл авления	к ипения		пл авления	к ипения
Олово	23 2	2 600	Сер ебро	96 0	2 180
Железо	15 39	2 900	Маг ний	65 0	1 100
Медь	10 83	2 580	Ци нк	42 0	9 07
Золото	10 63	2 660	Сви нец	32 7	1 750
Титан	16 80	3 300	Ал юминий	66 0	2 400

Теплопроводность - способность металла с той или иной скоростью проводить теплоту при нагревании.

Электропроводность - способность металла проводить электрический ток.

Тепловое расширение - способность металла увеличивать свой объем при нагревании.

Гладкая поверхность металлов отражает большой процент света - это явление называется металлическим блеском. Однако в порошкообразном состоянии большинство металлов теряют свой блеск; алюминий и магний, тем не менее, сохраняют свой блеск и в порошке. Наиболее хорошо отражают свет алюминий, серебро и палладий - из этих металлов изготавливают зеркала. Для изготовления зеркал иногда применяется и родий, несмотря на его исключительно высокую цену: благодаря значительно большей, чем у серебра или даже палладия, твердости и химической стойкости, родиевый слой может быть значительно тоньше, чем серебряный.

### Методы исследований в материаловедении

Основными методами исследования в металловедении и материаловедении являются: излом, макроструктура, микроструктура, электронная микроскопия, рентгеновские методы исследования. Рассмотрим их особенности более подробно.

1. Излом - самый простой и доступный способ оценки внутреннего строения металлов. Метод оценки изломов, несмотря на свою кажущуюся грубость оценки качества материала, применяется довольно широко в различных отраслях производства и научных исследований. Оценка излома во многих случаях может характеризовать качество материала.

Излом может быть кристаллическим или аморфным. Аморфный излом характерен для материалов, не имеющего кристаллического строения, таких как стекло, канифоль, стекловидные шлаки.

Металлические сплавы, в том числе сталь, чугун, алюминиевые, магниевые сплавы, цинк и его сплавы дают зернистый, кристаллический излом.

Каждая грань кристаллического излома является плоскостью скалывания отдельного зерна. Поэтому излом показывает нам размеры зерна металла. Изучая излом стали, можно видеть, что размер зерна может колебаться в очень широких пределах: от нескольких сантиметров в литой, медленно остывшей, стали до тысячных долей миллиметра в

правильно откованной и закаленной стали. В зависимости от размера зерна, излом может быть крупнокристаллический и мелкокристаллический. Обычно мелкокристаллический излом соответствует более высокому качеству металлического сплава.

В случае если разрушение исследуемого образца проходит с предшествующей пластической деформацией, зерна в плоскости излома деформируются, и излом уже не отражает внутреннего кристаллического строения металла; в этом случае излом называется волокнистым. Часто в одном образце в зависимости от уровня его пластичности, в изломе могут быть волокнистые и кристаллические участки. Часто по соотношению площади излома, занятого и кристаллическими участками при данных условиях испытания оценивают качество металла.

Хрупкий кристаллический излом может получаться при разрушении по границам зерен или по плоскостям скольжения, пересекающим зерна. В первом случае излом называется межкристаллитным, во втором транскристаллитным. Иногда, особенно при очень мелком зерне, трудно определить природу излома. В этом случае излом изучают с помощью лупы или бинокулярного микроскопа.

В последнее время развивается отрасль металловедения по фрактографическому изучению изломов на металлографических и электронных микроскопах. При этом находят новые достоинства старого метода исследований в металловедении - исследований излома, применяя к таким исследованиям понятия фрактальных размерностей.

2. Макроструктура - является следующим методом исследования металлов. Макроструктурное исследование заключается в изучении плоскости сечения изделия или образца в продольном, поперечном или любых иных направлениях после травления, без применения увеличительных приборов или при помощи лупы. Достоинством макроструктурного исследования является то обстоятельство, что с помощью этого метода можно изучить структуру непосредственно целой отливки или слитка, поковки, штамповки и т.д. С помощью этого метода исследования можно обнаружить внутренние пороки металла: пузыри, пустоты, трещины, шлаковые включения, исследовать кристаллическое строение отливки, изучать неоднородность кристаллизации слитка и его химическую неоднородность (ликвацию).

С помощью серных отпечатков макрошлифов на фотобумаге по Бауману определяется неравномерность распределения серы по сечению слитков. Большое значение этот метод исследования имеет при исследовании кованных или штампованных заготовок для определения правильности направления волокон в металле.

3. Микроструктура - один из основных методов в металловедении - это исследование микроструктуры металла на металлографических и электронных микроскопах.

Этот метод позволяет изучать микроструктуру металлических объектов с большими увеличениями: от 50 до 2000 раз на оптическом металлографическом микроскопе и от 2 до 200 тыс. раз на электронном микроскопе. Исследование микроструктуры производится на полированных шлифах. На нетравленных шлифах изучается наличие неметаллических включений, таких как оксиды, сульфиды, мелкие шлаковые включения и другие включения, резко отличающиеся от природы основного металла.

Микроструктура металлов и сплавов изучается на травленных шлифах. Травление обычно производится слабыми кислотами, щелочами или другими растворами, в зависимости от природы металла шлифа. Действие травления заключается в том, что он по-разному растворяет различные структурные составляющие, окрашивая их в разные тона или цвета. Границы зерен, отличающиеся от основного раствора имеют травимость обычно отличающуюся от основы и выделяется на шлифе в виде темных или светлых линий.

Видимые под микроскопом полиэдры зерен представляют собой сечения зерен поверхностью шлифа. Так как это сечение является случайным и может проходить на разных

расстояниях от центра каждого отдельного зерна, то различие в размерах полиэдров не соответствует действительным различиям в размерах зерен. Наиболее близкой величиной к действительному размеру зерна являются наиболее крупные зерна.

При травлении образца, состоящего из однородных кристаллических зерен, например чистого металла, однородного твердого раствора и др. наблюдается часто различно протравленные поверхности разных зерен.

Это явление объясняется тем, что на поверхности шлифа выходят зерна, имеющие различные кристаллографическую ориентировку, вследствие чего степень воздействия кислоты на эти зерна оказываются разной. Одни зерна выглядят блестящими, другие сильно протравливаются, темнеют. Это потемнение связано с образованием различных фигур травления, по-разному отражающих световые лучи. В случае сплавов, отдельные структурные составляющие образуют микрорельеф на поверхности шлифа, имеющий участки с различным наклоном отдельных поверхностей.

Нормально расположенные участки отражают наибольшее количество света и оказываются наиболее светлыми. Другие участки - более темные. Часто контраст в изображении зернистой структуры связан не со структурой поверхности зерен, а с рельефом у границ зерен. Кроме того, различные оттенки структурных составляющих могут являться результатом образования пленок, образованных при взаимодействии травителя со структурными составляющими.

С помощью металлографического исследования можно осуществлять качественное выявление структурных составляющих сплавов и количественное изучение микроструктур металлов и сплавов, во-первых, путем сравнения с известными изученными микроструктурами и, во-вторых, специальными методами количественной металлографии.

Величина зерна определяется. Методом визуальной оценки, состоящей в том, что рассматриваемая микроструктура, приближенно оценивается баллами стандартных шкал по ГОСТ 5639-68, ГОСТ 5640-68. По соответствующим таблицам, для каждого балла определяется площадь одного зерна и количество зерен на  $1 \text{ мм}^2$  и в  $1 \text{ мм}^3$ .

Методом подсчета количества зерен на единице поверхности шлифа по соответствующим формулам. Если  $S$  - площадь, на которой подсчитывается количество зерен  $n$ , а  $M$  - увеличение микроскопа, то средняя величина зерна в сечении поверхности шлифа

Определение фазового состава. Фазовый состав сплава чаще оценивают на глаз или путем сравнения структуры со стандартными шкалами.

Приближенный метод количественного определения фазового состава может быть проведен методом секущей с подсчетом протяженности отрезков, занятых разными структурными составляющими. Соотношение этих отрезков соответствует объемному содержанию отдельных составляющих.

Точечный метод А.А. Глаголева. Этот метод осуществляется путем оценки количества точек (точек пересечения окулярной сетки микроскопа), попадающих на поверхности каждой структурной составляющей. Кроме того, методом количественной металлографии производят: определение величины поверхности раздела фаз и зерен; определение числа частиц в объеме; определение ориентации зерен в поликристаллических образцах.

4. Электронная микроскопия. Большое значение в металлографических исследованиях находит в последнее время электронный микроскоп. Несомненно, ему принадлежит большое будущее. Если разрешающая способность оптического микроскопа достигает значений  $0,00015 \text{ мм} = 1500 \text{ \AA}$ , то разрешающая способность электронных микроскопов достигает  $5-10 \text{ \AA}$ , т.е. в несколько сот раз больше, чем у оптического.

На электронном микроскопе осуществляют исследование тонких пленок (реплик), снятых с поверхности шлифа или непосредственное изучение тонких металлических пленок, полученных утонением массивного образца.

В наибольшей степени нуждаются в применении электронной микроскопии исследования процессов, связанные с выделением избыточных фаз, например, распад пересыщенных твердых растворов при термическом или деформационном старении.

5. Рентгеновские методы исследования. Одним из наиболее важных методов в установлении кристаллографического строения различных металлов и сплавов является рентгеноструктурный анализ. Этот метод исследования дает возможность определения характера взаимного расположения атомов в кристаллических телах, т.е. решить задачу, не доступную ни обычному, ни электронному микроскопу.

В основе рентгеноструктурного анализа лежит взаимодействие между рентгеновскими лучами и лежащими на их пути атомами исследуемого тела, благодаря которому последние становятся как бы новыми источниками рентгеновских лучей, являясь центрами их рассеяния.

Рассеяние лучей атомами можно уподобить отражению этих лучей от атомных плоскостей кристалла по законам геометрической оптики.

Рентгеновские лучи отражаются не только от плоскостей, лежащих на поверхности, но и от глубинных. Отражаясь от нескольких одинаково ориентированных плоскостей, отраженный луч усиливается. Каждая плоскость кристаллической решетки дает свой пучок отраженных волн. Получив определенное чередование отраженных пучков рентгеновских лучей под определенными углами, рассчитывают межплоскостное расстояние, кристаллографические индексы отражающих плоскостей, в конечном счете, форму и размеры кристаллической решетки.

#### **Форма представления результата:**

В отчете необходимо указать название, цель работы.

2. Перечислите основные физические свойства металлов (с определениями).
3. Зафиксируйте в тетради таблицы 1-2. Сделайте выводы по таблицам.
4. Заполните таблицу: «Основные методы исследования в материаловедении».

Название метода	Что изучается	Суть метода	Приборы, необходимые для исследования
Излом			
Макроструктура			
Микроструктура			
Электронная микроскопия			
Рентгеновские методы исследования			

## Тема 1.3. Металлические сплавы и диаграммы состояния

### Практическое занятие № 2 Изучение диаграмм состояния

**Цель:** ознакомление студентов с основными видами диаграмм состояния, их основными линиями, точками, их значением.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- определять свойства конструкционных и сырьевых материалов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их

**Материальное обеспечение:**

- методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

**Задание:**

1. Запишите название работы и ее цель.
2. Запишите что такое диаграмма состояния.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите теоретическую часть.
2. Выполните задания.

**Форма представления результата:**

Рисунок необходимо зафиксировать в тетрадь.

- 1 вариант дает ответы по рисунку 2;
- 2 вариант дает ответы по рисунку 3.

### Практическое занятие № 3

#### Изучение углеродистых и легированных конструкционных сталей

**Цель:** ознакомление студентов с маркировкой и областью применения конструкционных сталей; формирование умения расшифровки маркировки конструкционных сталей

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- подбирать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации

**Материальное обеспечение:**

- методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

**Задание:**

1. Запишите название работы, ее цель.
2. Запишите основные признаки маркировки всех групп конструкционных сталей (обыкновенного качества, качественных сталей, легированных конструкционных сталей,

рессорно-пружинных сталей, шарикоподшипниковых сталей, автоматных сталей), с примерами.

### **Краткие теоретические сведения:**

Сталь – это сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится в количестве 0-2,14%.

Стали являются наиболее распространенными материалами. Обладают хорошими технологическими свойствами. Изделия получают в результате обработки давлением и резанием.

Достоинством является возможность, получать нужный комплекс свойств, изменяя состав и вид обработки.

В зависимости от назначения стали делятся на 3 группы: конструкционные, инструментальные и стали специального назначения.

Качество в зависимости от содержания вредных примесей: **серы и фосфора** стали подразделяют на:

- Стали обыкновенного качества, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора.
- Качественные - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно.
- Высококачественные - до 0,025% серы и фосфора.
- Особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Раскисление – это процесс удаления кислорода из стали, т. е. по степени её раскисления, существуют: спокойные стали, т. е., полностью.

раскисленные; такие стали обозначаются буквами "сп" в конце марки (иногда буквы опускаются); кипящие стали – слабо раскисленные; маркируются буквами "кп"; полуспокойные стали, занимающие промежуточное положение между двумя предыдущими; обозначаются буквами "пс".

Сталь обыкновенного качества подразделяется еще и по поставкам на 3 группы: сталь группы А поставляется потребителям по механическим свойствам (такая сталь может иметь повышенное содержание серы или фосфора); сталь группы Б – по химическому составу; сталь группы В – с гарантированными механическими свойствами и химическим составом.

Конструкционные стали предназначены для изготовления конструкций, деталей машин и приборов.

Наличие широкого сортамента выпускаемых сталей и сплавов, изготавливаемых в различных странах, обусловило необходимость их идентификации, однако до настоящего времени не существует единой системы маркировки сталей и сплавов, что создает определенные трудности для металлоторговли.

Так в России и в странах СНГ (Украина, Казахстан, Белоруссия и др.) принята разработанная ранее в СССР буквенно-цифровая система обозначения марок сталей и сплавов, где согласно ГОСТу, буквами условно обозначаются названия элементов и способов выплавки стали, а цифрами — содержание элементов. До настоящего времени международные организации по стандартизации не выработали единую систему маркировки сталей.

#### **Маркировка конструкционных углеродистых сталей обыкновенного качества**

- Обозначают по ГОСТ 380-94 буквами "Ст" и условным номером марки (от 0 до 6) в зависимости от химического состава и механических свойств.

- Чем выше содержание углерода и прочностные свойства стали, тем больше её номер.

- Буква "Г" после номера марки указывает на повышенное содержание марганца в стали.

- Перед маркой указывают группу стали, причем группа "А" в обозначении марки стали не ставится.

- Для указания категории стали к обозначению марки добавляют номер в конце соответствующий категории, первую категорию обычно не указывают.

**Например:**

- **Ст1кп2** - углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая, № марки 1, второй категории, поставляется потребителям по механическим свойствам (группа А);

- **ВСт5Г** - углеродистая сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием марганца, спокойная, № марки 5, первой категории с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа В);

- **ВСт0** - углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы Б, первой категории (стали марок Ст0 и Бст0 по степени раскисления не разделяют).

**Маркировка конструкционных углеродистых качественных сталей.**

- В соответствии с ГОСТ 1050-88 эти стали маркируются двухзначными числами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: 05 ; 08 ; 10 ; 25 ; 40, 45 и т.д.

- Для спокойных сталей буквы в конце их наименований не добавляются. Например, 08кп, 10пс, 15, 18кп, 20 и т.д.

- Буква Г в марке стали указывает на повышенное содержание марганца. **Например:** 14Г, 18Г и т.д.

- Самая распространенная группа для изготовления деталей машин (валы, оси, втулки, зубчатые колеса и т.д)

**Например:**

- 10 – конструкционная углеродистая качественная сталь, с содержанием углерода около 0,1 %, спокойная

- 45 – конструкционная углеродистая качественная сталь, с содержанием углерода около 0,45%, спокойная

- 18 кп – конструкционная углеродистая качественная сталь с содержанием углерода около 0.18%, кипящая

- 14Г – конструкционная углеродистая качественная сталь с содержанием углерода около 0,14%, спокойная, с повышенным содержанием марганца

**Маркировка легированных конструкционных сталей.**

- В соответствии с ГОСТ 4543-71 наименования таких сталей состоят из цифр и букв.

- Первые цифры марки обозначают среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента.

- Буквы указывают на основные легирующие элементы, включенные в сталь.

- Цифры после каждой буквы обозначают примерное процентное содержание соответствующего элемента, округленное до целого числа, при содержании легирующего элемента до 1.5% цифра за соответствующей буквой не указывается.

- Буква А в конце марки указывает на то, что сталь высококачественная (с пониженным содержанием серы и фосфора)

- Н – никель, Х – хром, К – кобальт, М – молибден, В – вольфрам, Т – титан, Д – медь, Г – марганец, С – кремний.

**Например:**

- 12Х2Н4А – конструкционная легированная сталь, высококачественная, с содержанием углерода около 0,12%, хрома около 2%, никеля около 4%
- 40ХН – конструкционная легированная сталь, с содержанием углерода около 0,4%, хрома и никеля до 1,5%

### **Маркировка других групп конструкционных сталей.**

#### **Рессорно-пружинные стали.**

- Основной отличительный признак этих сталей – содержание углерода в них должно быть около 0.8% (в этом случае в сталях появляются упругие свойства)
- Пружины и рессоры изготавливают из углеродистых (65,70,75,80) и легированных (65С2, 50ХГС, 60С2ХФА, 55ХГР) конструкционных сталей
- Эти стали легируют элементами которые повышают предел упругости – кремнием, марганцем, хромом, вольфрамом, ванадием, бором

**Например: 60С2** – сталь конструкционная углеродистая рессорно-пружинная с содержанием углерода около 0,65%, кремния около 2%.

#### **Шарикоподшипниковые стали.**

- ГОСТ 801-78 маркируют буквами "ШХ", после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента.
- Для сталей, подвергнутых электрошлаковому переплаву, буква Ш добавляется также и в конце их наименований через тире. Например: ШХ15, ШХ20СГ, ШХ4-Ш.
- Из них изготавливают детали для подшипников, также их используют для изготовления деталей, работающих в условиях высоких нагрузок.

**Например: ШХ15** – сталь конструкционная шарикоподшипниковая с содержанием углерода 1%, хрома 1,5%

#### **Автоматные стали.**

- ГОСТ 1414-75 начинаются с буквы А (автоматная).
- Если сталь при этом легирована свинцом, то ее наименование начинается с букв АС.
- Для отражения содержания в сталях остальных элементов используются те же правила, что и для легированных конструкционных сталей. Например: А20, А40Г, АС14, АС38ХГМ.

**Например: АС40** – сталь конструкционная автоматная, с содержанием углерода 0,4%, свинца 0,15-0,3% (в марке не указывается)

### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задания по **вариантам**:
  - расшифруйте марки сталей и запишите область применения конкретной марки (т.е. для изготовления чего она предназначена)

№ п/п	Задание для 1 варианта	Задание для 2 варианта
1.	Ст0	Ст3
2.	БСтЗГпс	ВСтЗпс
3.	08	10

4.	40	45
5.	18Х2Н4МА	12ХН3А
6.	30ХГСА	38ХМЮА
7.	70	85
8.	55С2А	60С2Х2
9.	50ХФА	55С2
10.	ШХ4-Ш	ШХ20
11.	А40	А11

**Форма представления результата:**

Выполнение индивидуального задания.

**Практическое занятие № 4**

**Изучение углеродистых и легированных инструментальных сталей**

**Цель:** ознакомление студентов с маркировкой и областью применения конструкционных сталей; формирование умения расшифровки маркировки конструкционных сталей

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- подбирать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации

**Материальное обеспечение:**

- методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

**Задание:**

1. Запишите название работы, ее цель.
2. Запишите основные принципы маркировки всех групп инструментальных сталей (углеродистых, легированных, высоколегированных)

**Краткие теоретические сведения:**

Сталь – это сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится в количестве 0-2,14%.

Стали являются наиболее распространенными материалами. Обладают хорошими технологическими свойствами. Изделия получают в результате обработки давлением и резанием.

Достоинством является возможность, получать нужный комплекс свойств, изменяя состав и вид обработки.

В зависимости от назначения стали делятся на 3 группы: конструкционные, инструментальные и стали специального назначения.

Качество в зависимости от содержания вредных примесей: **серы и фосфора** стали подразделяют на: стали обыкновенного качества, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора; качественные - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно; высококачественные - до 0,025% серы и фосфора; особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Инструментальные стали предназначены для изготовления различного инструмента, как для ручной обработки, так и для механической.

Наличие широкого сортамента выпускаемых сталей и сплавов, изготавливаемых в различных странах, обусловило необходимость их идентификации, однако до настоящего времени не существует единой системы маркировки сталей и сплавов, что создает определенные трудности для металлоторговли.

Так в России и в странах СНГ (Украина, Казахстан, Белоруссия и др.) принята разработанная ранее в СССР буквенно-цифровая система обозначения марок сталей и сплавов, где согласно ГОСТу, буквами условно обозначаются названия элементов и способов выплавки стали, а цифрами — содержание элементов. До настоящего времени международные организации по стандартизации не выработали единую систему маркировки сталей.

#### **Маркировка углеродистых инструментальных сталей.**

- Данные стали в соответствии с ГОСТ 1435-90 делятся на качественные и высококачественные.

- Качественные стали обозначаются буквой У (углеродистая) и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в стали, в десятых долях процента.

**Например:** У7, У8, У9, У10. У7 – углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода около 0.7%

- В обозначения высококачественных сталей добавляется буква А (У8А, У12А и т.д.). Кроме того, в обозначениях как качественных, так и высококачественных углеродистых инструментальных сталей может присутствовать буква Г, указывающая на повышенное содержание в стали марганца.

**Например:** У8Г, У8ГА. У8А – углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода около 0,8%, высококачественная.

- Изготавливают инструмент для ручной работы (зубило, кернер, чертилка и т.д.), механической работы на невысоких скоростях (сверла).

#### **Маркировка легированных инструментальных сталей.**

- Правила обозначения инструментальных легированных сталей по ГОСТ 5950-73 в основном те же, что и для конструкционных легированных. Различие заключается лишь в цифрах, указывающих на массовую долю углерода в стали.

- Процентное содержание углерода также указывается в начале наименования стали, в десятых долях процента, а не в сотых, как для конструкционных легированных сталей.

- Если же в инструментальной легированной стали содержание углерода составляет около 1.0%, то соответствующую цифру в начале ее наименования обычно не указывают.

**Приведем примеры:** сталь 4Х2В5МФ, ХВГ, ХВЧ.

- 9Х5ВФ – легированная инструментальная сталь, с содержанием углерода около 0,9%, хрома около 5%, ванадия и вольфрама до 1%

#### **Маркировка высоколегированных (быстрорежущих) инструментальных сталей.**

- Обозначают буквой "Р", следующая за ней цифра указывает на процентное содержание в ней вольфрама: В отличие от легированных сталей в наименованиях быстрорежущих сталей не указывается процентное содержание хрома, т.к. оно составляет около 4% во всех сталях, и углерода (оно пропорционально содержанию ванадия).

- Буква Ф, показывающая наличие ванадия, указывается только в том случае, если содержание ванадия составляет более 2.5%.

**Например:** Р6М5, Р18, Р6 М5Ф3.

- Обычно из этих сталей изготавливают высокопроизводительный инструмент: сверла, фрезы и т.д. (для удешевления только рабочую часть)

**Например:** P6M5K2 – быстрорежущая сталь, с содержанием углерода около 1%, вольфрама около 6%, хрома около 4%, ванадия до 2,5%, молибдена около 5%, кобальта около 2%.

### Порядок выполнения работы:

1. Расшифруйте марки сталей и запишите область применения конкретной марки (т.е. для изготовления чего она предназначена)

№ п/п	Задание для 1 варианта	Задание для 2 варианта
1.	У8	У9
2.	У13А	У8А
3.	Х	9ХС
4.	ХВСГ	ХВГ
5.	P18	P6
6.	P6M5	P6M5Ф3

### Форма представления результата:

Выполнение индивидуального задания.

## Практическое занятие № 5 Изучение чугунов

**Цель:** ознакомление студентов с маркировкой и областью применения чугунов; формирование умения расшифровки марок чугунов.

### Выполнив работу, Вы будете:

#### **уметь:**

- определять свойства чугунов, применяемых в производстве, по маркировке, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их

### Материальное обеспечение:

- методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

### Задание:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части

### Краткие теоретические сведения:

*Чугун отличается от стали:* по составу - более высокое содержание углерода и примесей; по технологическим свойствам - более высокие литейные свойства, малая способность к пластической деформации, почти не используется в сварных конструкциях.

В зависимости от состояния углерода в чугуне различают: белый чугун – углерод в связанном состоянии в виде цементита, в изломе имеет белый цвет и металлический блеск; серый чугун – весь углерод или большая часть находится в свободном состоянии в виде графита, а в связанном состоянии находится не более 0,8 % углерода. Из-за большого количества графита его излом имеет серый цвет; половинчатый – часть углерода находится в свободном состоянии в форме графита, но не менее 2 % углерода находится в форме цементита. Мало используется в технике.

В зависимости от формы графита и условий его образования различают следующие группы чугунов: *серый* — с пластинчатым графитом; *высокопрочный* — с шаровидным графитом; *ковкий* — с хлопьевидным графитом.

Графитовые включения можно рассматривать как соответствующей формы пустоты в структуре чугуна. Около таких дефектов при нагружении концентрируются напряжения, значение которых тем больше, чем острее дефект. Отсюда следует, что графитовые включения пластинчатой формы в максимальной мере разупрочняют металл. Более благоприятна хлопьевидная форма, а оптимальной является шаровидная форма графита. Пластичность зависит от формы таким же образом. Наличие графита наиболее резко снижает сопротивление при жестких способах нагружения: удар; разрыв. Сопротивление сжатию снижается мало.

#### **Серые чугуны.**

Серый чугун широко применяется в машиностроении, так как легко обрабатывается и обладает хорошими свойствами.

В зависимости от прочности серый чугун подразделяют на 10 марок (ГОСТ 1412).

Серые чугуны при малом сопротивлении растяжению имеют достаточно высокое сопротивление сжатию. Структура металлической основы зависит от количества углерода и кремния.

Учитывая малое сопротивление отливок из серого чугуна растягивающим и ударным нагрузкам, следует использовать этот материал для деталей, которые подвергаются сжимающим или изгибающим нагрузкам. В станкостроении это - базовые, корпусные детали, кронштейны, зубчатые колеса, направляющие; в автостроении - блоки цилиндров, поршневые кольца, распределительные валы, диски сцепления. Отливки из серого чугуна также используются в электромашиностроении, для изготовления товаров народного потребления.

**Маркировка серых чугунов:** обозначаются индексом СЧ (серый чугун) и числом, которое показывает значение предела прочности, умноженное на 10-1.

**Например:** СЧ 10 – серый чугун, предел прочности при растяжении 100 Мпа.

#### **Ковкий чугун.**

Хорошие свойства у отливок обеспечиваются, если в процессе кристаллизации и охлаждения отливок в форме не происходит процесс графитизации. Чтобы предотвратить графитизацию, чугуны должны иметь пониженное содержание углерода и кремния.

Различают 7 марок ковкого чугуна: три с ферритной (КЧ 30 - 6) и четыре с перлитной (КЧ 65 - 3) основой (ГОСТ 1215).

По механическим и технологическим свойствам ковкий чугун занимает промежуточное положение между серым чугуном и сталью. Недостатком ковкого чугуна по сравнению с высокопрочным является ограничение толщины стенок для отливки и необходимость отжига.

Отливки из ковкого чугуна применяют для деталей, работающих при ударных и вибрационных нагрузках.

Из ферритных чугунов изготавливают картеры редукторов, ступицы, крюки, скобы, хомутики, муфты, фланцы.

Из перлитных чугунов, характеризующихся высокой прочностью, достаточной пластичностью, изготавливают вилки карданных валов, звенья и ролики цепей конвейера, тормозные колодки.

**Маркировка ковкого чугуна:** обозначаются индексом КЧ (ковкий чугун) и числами. Первое число соответствует пределу прочности на растяжение, умноженное на 10-1, второе число – относительное удлинение.

**Например:** КЧ 30-6 – ковкий чугун, предел прочности при растяжении 300МПа, относительное удлинение 6 %.

#### **Высокопрочный чугун.**

Получают эти чугуны из серых, в результате модифицирования магнием или церием. По сравнению с серыми чугунами, механические свойства повышаются, это вызвано отсутствием неравномерности в распределении напряжений из-за шаровидной формы графита.

Эти чугуны обладают высокой жидкотекучестью, линейная усадка - около 1%. Литейные напряжения в отливках несколько выше, чем для серого чугуна. Из-за высокого модуля упругости достаточно высокая обрабатываемость резанием. Обладают удовлетворительной свариваемостью.

Из высокопрочного чугуна изготавливают тонкостенные отливки (поршневые кольца), шаботы ковочных молотов, станины и рамы прессов и прокатных станков, изложницы, резцедержатели, планшайбы.

Отливки коленчатых валов массой до 2..3 т, взамен кованных валов из стали, обладают более высокой циклической вязкостью, малочувствительны к внешним концентраторам напряжения, обладают лучшими антифрикционными свойствами и значительно дешевле.

**Маркировка высокопрочного чугуна:** обозначаются индексом ВЧ (высокопрочный чугун) и числом, которое показывает значение предела прочности, умноженное на 10-1.

**Например:** ВЧ 50 – высокопрочный чугун с пределом прочности на растяжение 500 МПа.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Запишите название работы, ее цель.

2. Заполните таблицу:

Название чугуна	Свойства чугуна	Маркировка чугуна	Применение чугуна
1. Серые чугуны			
2. Ковкие чугуны			
3. Высокопрочные чугуны			

#### **Форма представления результата:**

1. Тема работы

2. Цель работы

3. Заполненная таблица

4. Вывод по работе

**Раздел 2. Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы**  
**Тема 2.1. Классификация и основные свойства проводниковых материалов**

**Практическое занятие № 6**  
**Изучение сплавов на основе меди: латуни, бронзы**

**Цель:** ознакомление с маркировкой и областью применения цветных металлов – меди и сплавов на ее основе: латуней и бронз; формирование умения расшифровки маркировки латуней и бронз

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- *выбирать сплавы металлов по условиям эксплуатации;*

**Материальное обеспечение:**

- методические указания по выполнению работы

**Задание:**

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части.

**Краткие теоретические сведения:**

**Латуни.**

Латуни могут иметь в своем составе до 45 % цинка. Повышение содержания цинка до 45 % приводит к увеличению предела прочности до 450 МПа. Максимальная пластичность имеет место при содержании цинка около 37 %.

По способу изготовления изделий различают латуни деформируемые и литейные.

Деформируемые латуни маркируются буквой Л, за которой следует число, показывающее содержание меди в процентах, например в латуни Л62 содержится 62 % меди и 38 % цинка. Если кроме меди и цинка, имеются другие элементы, то ставятся их начальные буквы (О - олово, С - свинец, Ж - железо, Ф - фосфор, Мц - марганец, А - алюминий, Ц - цинк). Количество этих элементов обозначается соответствующими цифрами после числа, показывающего содержание меди, например, сплав ЛАЖ60-1-1 содержит 60 % меди, 1 % алюминия, 1 % железа и 38 % цинка.

Латуни имеют хорошую коррозионную стойкость, которую можно повысить дополнительно присадкой олова. Латунь ЛО70-1 стойка против коррозии в морской воде и называется “морской латунью”.

Добавка никеля и железа повышает механическую прочность до 550 МПа.

Литейные латуни также маркируются буквой Л, После буквенного обозначения основного легирующего элемента (цинк) и каждого последующего ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Например, латунь ЛЦ23А6Ж3Мц2

содержит 23 % цинка, 6 % алюминия, 3 % железа, 2 % марганца. Наилучшей жидкотекучестью обладает латунь марки ЛЦ16К4. К литейным латуням относятся латуни типа ЛС, ЛК, ЛА, ЛАЖ, ЛАЖМц. Литейные латуни не склонны к ликвации, имеют сосредоточенную усадку, отливки получаются с высокой плотностью.

Латуни являются хорошим материалом для конструкций, работающих при отрицательных температурах.

### **Бронзы.**

Сплавы меди с другими элементами кроме цинка называются *бронзами*. Бронзы подразделяются на деформируемые и литейные.

При маркировке деформируемых бронз на первом месте ставятся буквы Бр, затем буквы, указывающие, какие элементы, кроме меди, входят в состав сплава. После букв идут цифры, показывающие содержание компонентов в сплаве. Например, марка БрОФ10-1 означает, что в бронзу входит 10 % олова, 1 % фосфора, остальное - медь.

Маркировка литейных бронз также начинается с букв Бр, затем указываются буквенные обозначения легирующих элементов и ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Например, бронза БрОЗЦ12С5 содержит 3 % олова, 12 % цинка, 5 % свинца, остальное - медь.

*Оловянные бронзы* При сплавлении меди с оловом образуются твердые растворы. Эти сплавы очень склонны к ликвации из-за большого температурного интервала кристаллизации. Благодаря ликвации сплавы с содержанием олова выше 5 % являются благоприятным для деталей типа подшипников скольжения: мягкая фаза обеспечивает хорошую прирабатываемость, твердые частицы создают износостойкость. Поэтому оловянные бронзы являются хорошими антифрикционными материалами.

Оловянные бронзы имеют низкую объемную усадку (около 0,8 %), поэтому используются в художественном литье.

Наличие фосфора обеспечивает хорошую жидкотекучесть.

Оловянные бронзы подразделяются на деформируемые и литейные.

В *деформируемых бронзах* содержание олова не должно превышать 6%, для обеспечения необходимой пластичности, БрОФ6,5-0,15.

В зависимости от состава деформируемые бронзы отличаются высокими механическими, антикоррозионными, антифрикционными и упругими свойствами, и используются в различных отраслях промышленности. Из этих сплавов изготавливают прутки, трубы, ленту, проволоку.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Запишите название и цель работы.

2. Заполните таблицу:

Название сплава, его определение	Основные свойства сплава	Пример маркировки	Расшифровка марки	Область применения

3. Сделать вывод по работе.

**Форма представления результата:**

1. Тема работы
2. Цель работы
3. Заполненная таблица
4. Вывод по работе

**Практическое занятие № 7  
Изучение алюминиевых сплавов****Цель:**

- ознакомление с маркировкой и областью применения цветных металлов – алюминия и сплавов на его основе;
- изучение особенностей применения алюминиевых сплавов в зависимости от их состава.

**Выполнив работу, Вы будете:****уметь:**

- выбирать алюминий изделия по условиям эксплуатации;

**Материальное обеспечение:**

- методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

**Задание:**

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части.

**Краткие теоретические сведения:**

*Принцип маркировки алюминиевых сплавов.* В начале указывается тип сплава: Д - сплавы типа дюралюминов; А - технический алюминий; АК - ковкие алюминиевые сплавы; В - высокопрочные сплавы; АЛ - литейные сплавы.

Далее указывается условный номер сплава. За условным номером следует обозначение, характеризующее состояние сплава: М - мягкий (отожженный); Т - термически обработанный (закалка плюс старение); Н - нагартованный; П – полунагартованный.

По технологическим свойствам сплавы подразделяются на три группы: деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой; деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой; литейные сплавы. Методами порошковой металлургии изготавливают спеченные алюминиевые сплавы (САС) и спеченные алюминиевые порошковые сплавы (САП).

**Деформируемые литейные сплавы, не упрочняемые термической обработкой.**

Прочность алюминия можно повысить легированием. В сплавы, не упрочняемые термической обработкой, вводят марганец или магний. Атомы этих элементов существенно повышают его прочность, снижая пластичность. Обозначаются сплавы: с марганцем - АМц, с магнием - АМг; после обозначения элемента указывается его содержание (АМгЗ).

Магний действует только как упрочнитель, марганец упрочняет и повышает коррозионную стойкость.

Прочность сплавов повышается только в результате деформации в холодном состоянии. Чем больше степень деформации, тем значительно растет прочность и снижается

пластичность. В зависимости от степени упрочнения различают сплавы нагартованные и полунагартованные (АМгЗП).

Эти сплавы применяют для изготовления различных сварных емкостей для горючего, азотной и других кислот, мало- и средненагруженных конструкций.

#### **Деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой.**

К таким сплавам относятся дюралюмины (сложные сплавы систем алюминий - медь - магний или алюминий - медь - магний - цинк). Они имеют пониженную коррозионную стойкость, для повышения которой вводится марганец. *Дюралюмины* обычно подвергаются закалке с температуры 500оС и естественному старению, которому предшествует двух-, трехчасовой инкубационный период. Максимальная прочность достигается через 4.5 суток. Широкое применение дюралюмины находят в авиастроении, автомобилестроении, строительстве.

*Высокопрочными стареющими сплавами* являются сплавы, которые кроме меди и магния содержат цинк. Сплавы В95, В96 имеют предел прочности около 650 МПа. Основной потребитель - авиастроение (обшивка, стрингеры, лонжероны).

*Ковочные алюминиевые сплавы* АК, АК8 применяются для изготовления поковок. Поковки изготавливаются при температуре 380-450оС, подвергаются закалке от температуры 500-560оС и старению при 150-165оС в течение 6 часов.

В состав алюминиевых сплавов дополнительно вводят никель, железо, титан, которые повышают температуру рекристаллизации и жаропрочность до 300оС.

Изготавливают поршни, лопатки и диски осевых компрессоров, турбореактивных двигателей.

#### **Литейные сплавы.**

К литейным сплавам относятся сплавы системы алюминий - кремний (силумины), содержащие 10.13 % кремния.

Присадка к силуминам магния, меди содействует эффекту упрочнения литейных сплавов при старении. Титан и цирконий измельчают зерно. Марганец повышает антикоррозионные свойства. Никель и железо повышают жаропрочность.

Литейные сплавы маркируются от АЛ2 до АЛ20. Силумины широко применяют для изготовления литых деталей приборов и других средне- и малонагруженных деталей, в том числе тонкостенных отливок сложной формы.

### **Порядок выполнения работы:**

#### **Практическая часть**

1. Запишите название и цель работы.
2. Заполните таблицу:

Название сплава, его определение	Основные свойства сплава	Пример маркировки	Расшифровка марки	Область применения

3. Сделать вывод по работе.

#### **Форма представления результата:**

1. Тема работы
2. Цель работы

3. Заполненная таблица
4. Вывод по работе

## Тема 2.3. Провода и кабели

### Практическое занятие № 8 Изучение конструкции и маркировки проводов и кабелей

**Цель:** научиться применять полученные знания о проводниковых материалах при расшифровке марок монтажных проводов и кабелей

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- использовать электроматериалы при выполнении монтажных работ

**Материальное обеспечение:**

- методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

**Задание:**

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части.

**Краткие теоретические сведения:**

В ассортименте кабельно-проводниковой продукции имеются также провода.

Чем они отличаются от кабеля? Как правило, они имеют меньшее сечение, могут быть в изоляции или без нее. Есть провода, состоящие из одной жилы, есть — из нескольких.



Чтобы по названию можно было отличить их от кабелей, в названии в начале маркировки ставят букву «П». Она стоит на первом месте, если жилы медные и их обозначение просто не ставится (пример 1), или на втором месте, если жилы из алюминия и обозначаются буквой А (пример 2).

1. ПБППГ — провод (П), бытового и промышленного назначения (БП), плоской формы (П), гибкий (Г).
2. АППВ — алюминиевые проводники (А), провод плоский (ПП), в ПВХ оболочке.



### Маркировка проводов разного назначения

Провода могут быть двух сечений:

- круглые — в маркировке это никак не отображается;
- плоские, тогда ставится буква П.

Если провод имеет специфическое назначение — монтажный — вместо буквы «П» ставят «М». Например, МГШВ. Расшифровывается как монтажный (М) многожильный (Г) провод в оболочке из полиамидного шелка и ПВХ.

Назначение монтажных проводов — для соединения частей приборов, электронной и электрической аппаратуры.

Марка провода	ГОСТ, ТУ	Конструктивные особенности
НВ	ГОСТ 17515-72	С медной луженой жилой в изоляции из поливинилхлоридного пластика
НВМ	То же	То же, с медной жилой
НВЭ	То же	С одной или несколькими медными лужеными жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластика
НВМЭ	То же	То же, с медными жилами
МГШВ	ТУ 16-505.437-82	С медной луженой жилой с изоляцией из поливинилхлоридного пластика с дополнительным волокнистым слоем
МГШВ-1	То же	То же, с дополнительным пленочным слоем
МГШВЭ	То же	То же, что МГШВ, экранированный
МЛТП	ТУ 16-505.554-81	С медной луженой жилой с изоляцией из облученного полиэтилена с дополнительной полиэфирной изоляцией
МСТП	То же	То же, с дополнительной изоляцией из стекловолокна
МПО	ТУ 16-505.339-79	С медной луженой жилой с изоляцией из облученного полиэтилена
МПОЭ	То же	То же. Экранированный
МГТФ	ТУ 16-505.185-71	С медной жилой с изоляцией из запеченных пленок фторопласта-4
МГТФЭ	То же	То же, с экраном из медных луженых проволок
Провода специального назначения типа МС	ТУ 16-505.083-78	С жилой из медных посеребренных проволок или из бронзовых посеребренных проволок с изоляцией и оболочкой из пленок фторопласта-4
	ТУ 16-505.913-80	То же, с изоляцией из пленок фторопласта Ф-4МБ
	ТУ 16.К76-011-89	С жилой из медной, бронзовой или медной посеребренной проволокой с изоляцией из полиимидного лака с экраном из медных луженых проволок

### Расшифровка в маркировке монтажных проводов

Провода с изоляцией из ПВХ (в маркировке обозначаются буквой В) предназначены для работы при температуре не выше 70°C, из сшитого полиэтилена (Пв) — до 100°C. Для работы в среде, нагреваемой до температуры 200°C применяют провода типа МС и МГТФ.

### Порядок выполнения работы:

1. Расшифруйте марки проводов, предложенные преподавателем, и определите область их применения. Данные занесите в таблицу:

Марка провода	Материал токоведущей жилы	Материал изоляции	Расшифровка марки	Условия эксплуатации	Область применения
МГВ, МГВЭ					
БПВЛ					
МГЦСЛ					
МГШВ, МГШВЭ					
ПВЛ ПВЛЭ					
МГТФ, МГТФЭ					
МПО					
МВ					

2. Назовите проводниковые резистивные материалы и дайте их характеристики.
3. Ответить на контрольные вопросы:
  - Какими механическими свойствами обладают проводниковые материалы?
  - Какой металл является электротехническим стандартом?
  - Где используют материалы высокого сопротивления?
4. Сделать вывод по работе.

**Форма представления результата:**

1. Тема работы
2. Цель работы
3. Заполненная таблица
4. Ответы на вопросы

**Критерии оценки:**

Оценка «5» ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений, самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование, все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов, соблюдает требования правил техники безопасности, правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, правильно выполняет анализ погрешностей.

Оценка «4» ставится, если выполнены все требования к оценке «5», но было допущено два-, три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной ее части позволяет получить правильный результат и вывод, или если в ходе проведения опыта и измерения были допущены ошибки.

Оценка «2» ставится, если работа выполнена не полностью, или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов, или если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.