

Министерство науки и высшего образования РФ  
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет среднего профессионального образования  
Машиностроительный колледж

В.В. Чадаева

## **ОП.04 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Методические указания  
по выполнению практических и самостоятельных работ

Издательство  
Иркутского национального исследовательского технического университета  
2025 г.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИРНИТУ

**Автор**

Преподаватель МК ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» **В.В. Чадаева**

**Чадаева В.В. ОП.04 Материаловедение:** метод. Указания по выполнению практических и самостоятельных работ. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2025. 54с.

Соответствуют требованиям ФГОС СПО по специальности 23.02.07 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств».

Предназначены для студентов очной формы обучения машиностроительного колледжа, изучающих дисциплину «ОП.04 Материаловедение» в рамках подготовки специалистов среднего звена.

© ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», 2025

## **Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы:**

Учебная дисциплина «Материаловедение» является обязательной частью общепрофессионального цикла примерной основной образовательной программы в соответствии с ФГОС по ОП.01 Инженерная графика, ОП.03 Электротехника и электроника, профессиональными модулями ПМ 01- Диагностика, техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств и компонентов, междисциплинарными курсами МДК 01.02 – Технологические процессы технического обслуживания и ремонта автомобилей, МДК 01.05 - Техническое обслуживание и ремонт шасси автомобилей, МДК 01.06 – Ремонт кузовов автомобилей.

### **Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

В результате изучения дисциплины студент должен освоить следующие общие компетенции:

#### **Перечень общих компетенций**

<b>Код</b>	<b>Наименование общих компетенций</b>
ОК 01.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;
ОК 02.	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;
ОК 03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;
ОК 04	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде

#### **Перечень профессиональных компетенций**

<b>Код</b>	<b>Наименование профессиональных компетенций</b>
ПК 1.1.	Осуществлять диагностику систем, узлов и механизмов автомобильных двигателей.
ПК 1.2.	Осуществлять техническое обслуживание автомобильных двигателей согласно технологической документации.
ПК 1.3.	Проводить ремонт различных типов двигателей в соответствии с технологической документацией.

Требования к планируемым результатам освоения дисциплины представлены в таблице:

<b>Код ОК, ПК</b>	<b>Умения</b>	<b>Знания</b>
ОК 01.	распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте, анализировать и выделять её составные части определять этапы решения задачи, составлять план действия, реализовывать составленный план, определять	актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить структура плана для решения задач, алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях основные источники информации и ресурсы для решения задач

	необходимые ресурсы выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)	и/или проблем в профессиональном и/или социальном контексте методы работы в профессиональной и смежных сферах порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности
ОК 02.	определять задачи для поиска информации, планировать процесс поиска, выбирать необходимые источники информации выделять наиболее значимое в перечне информации, структурировать получаемую информацию, оформлять результаты поиска оценивать практическую значимость результатов поиска применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач использовать современное программное обеспечение в профессиональной деятельности использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач	информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности приемы структурирования информации формат оформления результатов поиска информации современные средства и устройства информатизации, порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности, в том числе цифровые средства
ОК 03.	определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности применять современную научную профессиональную терминологию определять и выстраивать траектории профессионального развития и самообразования выявлять достоинства и недостатки коммерческой идеи	содержание актуальной нормативно-правовой документации; возможные траектории профессионального развития и самообразования
ОК 04.	организовывать работу коллектива и команды взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности	психологические основы деятельности коллектива психологические особенности личности

ПК 1.1	Выполнять дефектовку и составлять предварительный перечень заменяемых или ремонтируемых компонентов и перечень ремонтных работ для восстановления работоспособности мехатронных систем автотранспортных средств и их компонентов.	Устройство, особенности конструкции, алгоритмы управления мехатронными системами автотранспортных средств и их компонентов.
ПК 1.2	Проводить контрольно-измерительные операции для определения зазоров, биения, люфтов в механизмах, агрегатах и системах автотранспортного средства и в случае необходимости осуществлять их регулировку.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Пользоваться справочными материалами и технической документацией по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов.</li> <li>-Подбирать и применять контрольно-измерительный, механический, автоматизированный инструмент и оборудование, соответствующие технологическому процессу выполняемых работ</li> </ul>
ПК 1.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Подбирать детали и сборочные единицы для замены неисправных компонентов мехатронных систем по итогам анализа их технического состояния.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Применяемость масел, технических жидкостей, технических газов и смазок в ходе проведения ремонтных работ.</li> <li>-Приемы проведения ремонтных работ в соответствии с технологией организации-изготовителя.</li> <li>-Правила использования оборудования, инструмента и специальных приспособлений при выполнении ремонта и устранения неисправностей мехатронных систем автотранспортных средств и их компонентов.</li> </ul>

Общее количество часов 30: на практические работы 24 часа, на самостоятельные работы 6 часов.

## **Введение**

Целью методических указаний является реализация и подтверждение теоретических положений формированием практических умений в условиях действия Федерального государственного образовательного стандарта по специальности. Оказание помощи обучающимся в организации их практической работы над изучением тем учебного материала.

У1: выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения при производстве, ремонте и модернизации автомобилей;

У2: выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения при производстве, ремонте и модернизации автомобилей;

У3: назначать способы и режимы упрочнения деталей и способы их восстановления, при ремонте автомобиля, исходя из их эксплуатационного назначения;

У4: обрабатывать детали из основных материалов;

У5: проводить расчеты режимов резания.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

31: строение и свойства машиностроительных материалов;

32: методы оценки свойств машиностроительных материалов;

33: области применения материалов;

34: классификацию и маркировку основных материалов, применяемых для изготовления деталей автомобиля и ремонта;

35: методы защиты от коррозии автомобиля и его деталей;

36: способы обработки материалов;

37: инструменты и станки для обработки металлов резанием, методику расчета режимов резания;

38: инструменты для слесарных работ.

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 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде

ПК 1.1. Осуществлять диагностику систем, узлов и механизмов автомобильных двигателей

ПК 1.2. Осуществлять техническое обслуживание автомобильных двигателей согласно технологической документации.

ПК 1.3. Проводить ремонт различных типов двигателей в соответствии с технологической документацией.

Актуальность выбранных практических занятий позволит обучающимся овладеть профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем будут иметь социальную значимость будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

Наряду с формированием умений и навыков обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатываются способности к готовности использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения, самостоятельность, ответственность, творческая инициатива.

Общее количество часов – 24 часа

**Информационное обеспечение**

**Основные источники:**

**Печатные издания:** не предусмотрены

**Электронные издания:**

1 Стуканов В.А. Материаловедение : учеб.пособие / В.А. Стуканов. — М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2018. — 368 с. <http://znanium.com/catalog/product/929593>

2 Черепахин А.А. Материаловедение : учебник / А.А. Черепахин. — М.: КУРС: ИНФРА-М, 2017. — 336 с. <http://znanium.com/catalog/product/79570>

3 Черепахин А.А. Основы материаловедения: учебник / А.А. Черепахин. — М.: КУРС: ИНФРА-М, 2019. — 240 с. <http://znanium.com/catalog/product/1010661>

4 Адаскин А.М. Материаловедение машиностроительного производства. В 2 ч. Часть 1 : учебник для СПО / А. М. Адаскин, Ю. Е. Седов, А. К. Онегина, В. Н. Климов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 258 с. <https://www.biblio-online.ru/viewer/materialovedenie-mashinostroitelnogo-proizvodstva-v-2-ch-chast-1-442580#page/2>

5 Адаскин А.М. Материаловедение машиностроительного производства. В 2 ч. Часть 2 : учебник для СПО / А. М. Адаскин, Ю. Е. Седов, А. К. Онегина, В. Н. Климов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 291 с. <https://www.biblio-online.ru/viewer/materialovedenie-mashinostroitelnogo-proizvodstva-v-2-ch-chast-2-442306#page/1>

6 Россова Р.В. Материаловедение: учебное пособие / Р.В. Россова. — Иркутск : ИРНИТУ, 2016.

**Дополнительные источники:**

7 Слесарчук В.А. Материаловедение и технология материалов : учебное пособие для сред.спец. образования / В.А. Слесарчук. — 2-е изд., стер. — Минск : РИПО, 2015. — 391 с. : ил. <http://www.iprbookshop.ru/67649.html>

8 Россова Р.В. Материаловедение : методические указания по выполнению внеаудиторных самостоятельных работ / Р.В. Россова. — Иркутск : ИРНИТУ, 2018.

9 Фрадкин Е.И. Металлообработка: справочник : учеб.пособие / Л.И. Верейна, М.М. Краснов, Е.И. Фрадкин ; под общ. ред. Л.И. Верейной. — М. : ИНФРА-М, 2019. — 320 с. <http://znanium.com/catalog/product/988249>

**Электронные ресурсы:**

10 Материаловедение: журнал :<http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=601714>

**Общие критерии оценки**

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, глубоко и прочно усвоившему изучаемый материал, четко, самостоятельно отвечающему на вопросы, без замечаний выполнившему практическое задание, сделав правильный вывод.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, твердо знающему изучаемый материал, грамотно и по существу отвечающему на вопрос и не допускающему существенных неточностей при выполнении практического задания.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, который обнаруживает знание основного материала, но не знает его деталей, допускает неточности при выполнении практического задания.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не выполнил задание или выполнил частично, не знает изучаемый материал.

Таблица 1 – Перечень практических работ

№	Тема	Номер и название работы	Коды общих и профессиональных компетенций	Количество часов
<u>Семестр 3</u>				
1	Тема 1.1 Строение и свойства материалов	Практическая работа №1 Определение твердости по методу Бринелля.	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
2	Тема 1.1 Строение и свойства материалов	Практическая работа №2 Определение твердости по методу Роквеллу	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
3	Тема 1.1 Строение и свойства материалов	Практическая работа №3 Определение твердости по методу Виккерса	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
3	Тема 1.1 Строение и свойства материалов	Практическая работа № 4 Анализ диаграммы Pb-Sb	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
5	Тема 1.2. Сплавы железа с углеродом	Практическое занятие № 5 Анализ диаграммы железо-углерод	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
6	Тема 1.2. Сплавы железа с углеродом	Практическое занятие № 6 Изучение микроструктуры сталей и чугунов	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
7	Тема 1.3 Инструментальные стали и твёрдые сплавы	Практическое занятие № 7 Маркировка твердых сплавов	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
8	Тема 1.4 Обработка деталей из основных материалов	Практическое занятие № 8 Закалка углеродистых сталей	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
9	Тема 1.4 Обработка деталей из основных материалов	Практическое занятие № 9 Цементация углеродистых сталей	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
10	Тема 1.5 Цветные металлы и сплавы	Практическая работа №10 Расшифровка материалов	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
11	Тема 1.5 Цветные металлы и сплавы	Практическое занятие №11 Проведение микроанализа цветных сплавов	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
12	Тема3.1Составляющие процесса резания	Практическое занятие № 12 Расчет режимов резания при точении	ПК1.1,ПК1.2, ПК1.3	2
13	Тема 1.1. Строение и свойства машиностроительных материалов	Самостоятельная работа №1. Современные физико-химические методы исследования металлов и сплавов. Неразрушающие	ОК.01; ОК.02; ОК.03; ОК.04	2

		методы контроля		
1 4	Тема 1.1. Строение и свойства машиностроительных материалов	Самостоятельная работа №2. Диаграммы состояния сплавов образующие неограниченные твердые растворы, ограниченные твердые растворы эвтектического типа, образующие химические соединения	OK.01; OK.02; OK.03; OK.04	4
	Итого:			<b>30</b>

**Практическая работа №1**  
**Определение твердости по методу Бринелля**  
**Количество часов – 2**

Цель работы: расширение и закрепление теоретических знаний, получение навыков расчета твердости образца.

Оборудование, материалы, инструменты: варианты задач.

Задание: выполнить расчет твердости металлов

Твердостью называют способность материала оказывать сопротивление проникновению в него другого тела. При испытаниях на твердость тело, внедряемое в материал и называемое индентором, должно быть более твердым, иметь определенные размеры и форму, не должно получать остаточной деформации. Испытания на твердость могут быть статическими и динамическими. К первому виду относятся испытания методом вдавливания, ко второму - методом ударного вдавливания. Кроме того, существует метод определения твердости царапанием - склерометрия.

По значению твердости металла можно составить представление об уровне его свойств. Например, чем выше твердость, определенная вдавливанием наконечника, тем меньше пластичность металла, и наоборот.

Испытания на твердость по методу вдавливания состоят в том, что в образец под действием нагрузки вдавливают индентор (алмазный конус или пирамида, закаленный стальной шарик). После снятия нагрузки на образце остается отпечаток, измерив величину которого (диаметр, глубину или диагональ) и сопоставив ее с размерами индентора и величиной нагрузки, можно судить о твердости металла.

Твердость определяется на специальных приборах - твердомерах. Наиболее часто твердость определяют методами Бринелля (ГОСТ 9012-59) и Роквелла (ГОСТ 9013-59).

**Метод Бринелля:** используют для мягких материалов (цветные сплавы); индентор – стальной шарик различного диаметра (10, 5, 2,5 мм); число твердости НВ находят по таблицам по диаметру отпечатка шарика.

При измерении твердости по Бринеллю необходимо помнить следующее:

можно испытывать материалы с твердостью не более НВ 4500 МПа, так как при большей твердости образца происходит недопустимая деформация самого шарика.

Твердость металла по Бринеллю определяют вдавливанием в образец закаленного стального шарика диаметром 10; 5 или 2,5 мм и выражают числом твердости НВ, полученным делением приложенной нагрузки Р в Н или кгс (1Н = 0,1 кгс) на площадь поверхности образовавшегося на образце отпечатка F в мм

$$HB = P/F (H/mm^2); (1H/mm^2 = 1 \text{ MPa} \sim 0,1 \text{ кгс/ mm}^2), F = \pi * D * h,$$

где

D – диаметр шарика, мм;  
h – глубина отпечатка, мм.

Число твердости по Бринеллю HB выражается отношением приложенной нагрузки F к площади S сферической поверхности отпечатка (лунки) на измеряемой поверхности.

$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \text{ МПа},$$

где

HB – твердость металла по Бринеллю, МПа;

F – нагрузка, Н;

S – площадь сферической поверхности отпечатка, мм<sup>2</sup> (выражена через D и d);

D – диаметр шарика, мм;

d – диаметр отпечатка, мм;

Величину нагрузки F, диаметр шарика D и продолжительность выдержки под нагрузкой τ, выбирают по таблице.

Задача. Какова твердость испытываемого образца (HB). Если испытание проводилось вдавливанием закаленного стального шарика диаметром 10 мм, нагрузка составила 30 000 Н, а диаметр полученного отпечатка составил 3,02 мм?

Образец решения (смотри таблицу 1).

$$HB = \frac{2 * P}{\pi * D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$HB = \frac{2 * 3000}{3,14 * 10(10 - \sqrt{10^2} - 3,02^2)} = 409,2$$

Таблица 1 – Образец заполнения таблицы с результатами расчетов

материал	Диаметр шарика	Диаметр отпечатка	Нагрузка	HB	HRA	HRC	HV
1	2	3	4	5	6	7	7
Сталь	10 мм	3,02 мм	3000 кг	409,2	72	43,5	430

### Вариант 1

Задача А. Какова твердость испытываемого образца (HB). Если испытание проводилось вдавливанием закаленного стального шарика диаметром 10 мм, нагрузка составила 30 000 Н, а диаметр полученного отпечатка составил 3,80 мм?

Задача Б. Рассчитать приложенную на закаленный стальной шарик диаметром 10 мм нагрузку, если диаметр полученного отпечатка составил 4,33 мм, твердость испытываемого образца 400 HB.

### Вариант 2

Задача А. Какова твердость испытываемого образца (HB). Если испытание проводилось вдавливанием закаленного стального шарика диаметром 10 мм, нагрузка составила 30 000 Н, а диаметр полученного отпечатка составил 2,65 мм?

Задача Б. Рассчитать приложенную на закаленный стальной шарик диаметром 10 мм нагрузку, если диаметр полученного отпечатка составил 2,55 мм, твердость

испытываемого образца 193 НВ.

### **Вариант 3**

Задача А. Какова твердость испытываемого образца (НВ). Если испытание проводилось вдавливанием закаленного стального шарика диаметром 10 мм, нагрузка составила 10 000 Н, а диаметр полученного отпечатка составил 2,25 мм?

Задача Б. Рассчитать приложенную на закаленный стальной шарик диаметром 10 мм нагрузку, если диаметр полученного отпечатка составил 2,70 мм, твердость испытываемого образца 171 НВ.

Методика выполнения задания

1. Изучение материала по данной теме по конспекту лекций и учебнику.
2. Выполнение задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
  - Что называется твердостью?
  - В чем сущность определения твердости?

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4 . Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

цель работы;

исходные данные;

ход решения;

ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);

выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

Ссылки на источники: [2].

## **Практическая работа №2**

### **«Определение твердости по методу Роквелла»**

Количество часов на выполнение – 2 часа

Цель работы: расширение и закрепление теоретических знаний по определению твёрдости металлов по методу Роквелла.

Оборудование: образцы материалов, твердомер.

Содержание задания:

1. Изучите правила по технике безопасности.
2. Изучите теоретический материал в описании к лабораторной работе.

Получите у преподавателя образцы материалов для лабораторной работы.

3. Проведите опыты и оформите отчет.

4. В отчете должны содержаться краткие теоретические основы, схема прибора, таблица перевода единиц твердости по Роквеллу на твердость по Бринеллю и вывод.

5. Поиск информации на ПК о переводе единиц твердости по Роквеллу на твердость по Бринеллю.

5. Сдайте отчет преподавателю.

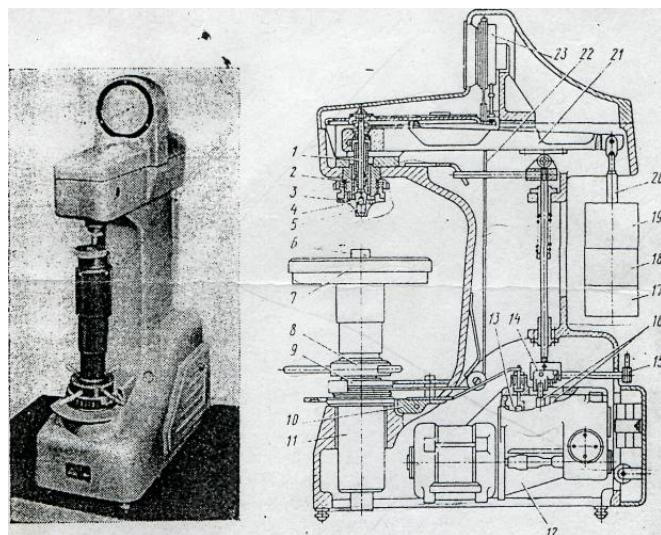


Схема прибора ТК-2

#### Общее теоретическое положение.

Метод Роквелла основан на вдавливании в поверхность наконечника под определенной нагрузкой. Индентор для мягких материалов (до НВ 230) – стальной шарик диаметром  $1/16''$  ( $\varnothing 1,6$  мм), для более твердых материалов – конус алмазный. Нагружение осуществляется в два этапа. Сначала прикладывается предварительная нагрузка  $P_0$  (10 ктс) для плотного соприкосновения наконечника с образцом. Затем прикладывается основная нагрузка  $P_1$ , в течение некоторого времени действует общая рабочая нагрузка  $P$ . После снятия основной нагрузки определяют значение твердости по глубине остаточного вдавливания наконечника  $h$  под нагрузкой  $P_0$ . В зависимости от природы материала используют три шкалы твердости. Испытание на твёрдость по Роквеллу производят вдавливанием в испытуемый образец алмазного конуса с углом  $120^\circ$  или стального закалённого шарика диаметром 1,588 мм.

В зависимости от того, применяют ли шарик или алмазный конус (т. е. по какой шкале ведут отсчёт : В, С, или А), число твёрдости обозначают ИКС; НКВ; НКА.

Прибором типа Роквелла можно испытывать мягкие, твёрдые, а также очень тонкие материалы.

При испытании шариком отсчёт ведут по шкале В, для алмазного конуса шкалы С, для очень твёрдых и более тонких материалов шкала А.

### Шкалы для определения твердости по Роквеллу

Шкала	Обозначение	Индентор	Нагрузка, кг			Область применения
			P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	
A	HRA	Алмазный конус	10	50	60	Для особо твердых материалов
B	HRB	Стальной закаленный шарик	10	90	100	Для относительно мягких материалов
C	HRC	Алмазный конус	10	140	150	Для относительно твердых материалов

На предметный стол прибора устанавливаем образец. При вращении маховика по часовой стрелке образец подводится к оправке с шариком или алмазным конусом. Вращение маховика продолжаем до тех пор пока малая стрелка индикатора не дойдёт до красной точке, а большая установится в вертикальное.

Включаем основную нагрузку. Под действием основной нагрузки шарик или алмазный конус всё глубже проникает в испытуемый образец, при этом большая стрелка индикатора поворачивается против часовой стрелки. После окончания вдавливания основная нагрузка, действовавшая на образец, автоматически снимается и остаётся предварительная нагрузка.

При этом большая стрелка индикатора перемещается по часовой стрелке и указывает на шкале индикатора число твёрдости по методу Роквелла

При вращении маховика против часовой стрелки стол опускается, и образец освобождается от действия основной нагрузки.

Метод Роквелла отличается простотой и высокой производительностью, обеспечивает сохранение качественной поверхности после испытания, позволяет испытывать металлы и сплавы, как низкой, так и высокой твердости. Этот метод не рекомендуется применять для сплавов с неоднородной структурой (чугуны серые, ковкие и высокопрочные, антифрикционные подшипниковые сплавы и др.).

Число твердости по Роквеллу (HR) является мерой глубины вдавливания индентора и выражается в условных единицах.

Метод Роквелла: используют для всех материалов, индентор – алмазный конус или стальной шарик малого диаметра (~1,6 мм); число твердости (в зависимости от шкалы) HRA, HRB, HRC – определяют по глубине отпечатка.

Первое нагружение P<sub>0</sub>=100 Н

Второе нагружение – три шкалы

Шкала С P<sub>1</sub> = 1400 Н, твердость HRC

Шкала А P<sub>1</sub> = 500 Н, твердость HRA

Шкала В P<sub>1</sub> = 900 Н, твердость HRB

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4 . Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

цель работы;

исходные данные;

ход решения;

ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);

выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

Ссылки на источники: [2].

### Лабораторная работа №3

#### «Определение твердости по методу Виккерса»

Количество часов на выполнение – 2 часа

Цель работы: расширение и закрепление теоретических знаний по определению твёрдости металлов.

Оборудование: образцы материалов, твердомер ТВ.

Содержание задания:

1. Изучите правила по технике безопасности.

2. Изучите теоретический материал в описании к лабораторной работе. Получите у преподавателя образцы материалов для лабораторной работы.

3. Проведите опыты и оформите отчет.

4. В отчете должны содержаться краткие теоретические основы и вывод.

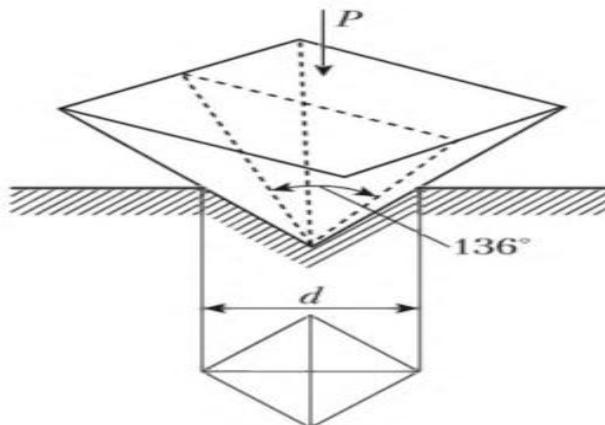
5. Сдайте отчет преподавателю.

Общее теоретическое положение.

Название метода от английского военно-промышленного концерна «Vickers Limited».

Испытание твердости по Виккерсу (ГОСТ 2999-75) применяется для измерения твердости черных и цветных металлов и сплавов и производится путем вдавливания четырехгранной алмазной пирамиды с углом при вершине  $\alpha=136^\circ$  под действием силы, приложенной в течение определенного времени, и измерении длин обеих диагоналей отпечатка, оставшегося на поверхности образца после снятия нагрузки.

Метод Виккерса: используют для тонких поверхностных слоев, имеющих высокую твердость (цементированных, азотированных), индентор – алмазная пирамида, число твердости HV находят по таблицам по диагонали отпечатка.



В зависимости от твердости и толщины металла применяют нагрузки 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100 кгс. Поверхность образца должна быть отполирована.

Метод Виккерса является одним из наиболее совершенных и распространенных в лабораторной практике методов определения твердости. Высокая твердость и недеформируемость алмаза обеспечивает большую точность определения твердости. Это особенно важно при испытании твердых материалов (более 500 кгс/мм<sup>2</sup> ≈ 4904 Н). Ценность метода состоит также в том, что вследствие малых нагрузок вдавливания удается испытывать тонкие образцы, а также определять твердость непосредственно поверхностных слоев (например, поверхности азотированной стали). Можно определять твердость мелких готовых изделий, не разрушая и не портя их вследствие малой величины отпечатка.

Твердость по Виккерсу указывается в единицах HV (Hardness Vickers) и определяется как частное от деления нагрузки F [кгс], приложенной к пирамиде, на площадь поверхности отпечатка A [мм<sup>2</sup>], т. е. к поверхности углубления в форме пирамиды

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \left[ \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} \right], \quad (8)$$

где d [мм] – среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки. Измерение диагоналей производят с помощью микроскопа. Число твердости находят по специальным таблицам.

Твердость по Виккерсу при силовом воздействии 30 кгс (294,2 Н) и времени выдержки под нагрузкой 10...15 секунд обозначают цифрами, характеризующими величину твердости и буквами HV. При этом окончательный результат принято округлять до трех значащих разрядов (как и по Бринеллю).

Пример обозначения: 500 HV – твердость по Виккерсу, измеренная при нагрузке 30 кгс и времени выдержки 10...15 секунд.

При других условиях испытания после букв HV указывают нагрузку и время выдержки.

Пример обозначения: 220 HV 10/40 – твердость по Виккерсу, измеренная при нагрузке 10 кгс (98,07 Н) и времени выдержки 40 секунд.

Числа твердости по Бринеллю и по Виккерсу имеют одинаковую размерность ( $\text{кгс}/\text{мм}^2$ ) и до НВ 350...400 их величины совпадают между собой. При НВ больше 400 твердость по Бриннелю оказывается заниженной.

На приборе Виккерса можно измерять твердость образцов толщиной до 0,3...0,5 мм или поверхностных слоев толщиной до 0,03...0,05 мм. Однако следует учитывать, что при небольшой нагрузке (1 кгс) отпечаток пирамиды может быть недостаточно отчетливым. Поэтому при измерении твердости очень тонких поверхностных слоев, например, цианированного слоя толщиной 0,04...0,06 мм, лучше применять нагрузку 5 кгс, а для измерения твердости азотированного слоя стали толщиной до 0,05 мм – нагрузку 5 или 10 кгс. При обозначении твердости по Виккерсу указывают величину применяемой нагрузки: HV5, HV10 и т. д. При испытании твердых и других слоев (азотированного, цианированного) около углов отпечатка иногда появляются трещины, по виду которых можно судить о хрупкости исследуемого слоя.

Измерение твёрдости по Виккерсу HV выполняется в следующей последовательности.

- Образец или деталь устанавливается на стол прибора измеряемой поверхностью вверх. После этого стол вращением рукоятки маховика поднимают вверх, до лёгкого соприкосновения с индентором.
- Отпускают рычаг, приводя тем самым в движение нагружающий механизм. После установленной с помощью реле времени продолжительности измерения нагрузка снимается и рабочая головка, с закреплённым в ней индентором, возвращается в исходное положение.
- После этого можно развернуть приборный стол с образцом к имеющемуся на станине твердомера отсчётному микроскопу, и замерить диагонали отпечатка.



Предварительные установки твердомера Виккерса производят при помощи рукоятки настройки. При этом с уменьшением толщины образца нагрузку следует принимать меньшей. Твёрдость по Виккерсу иногда указывается при значении рабочей нагрузки.

Например, обозначение HV<sub>50</sub>940 означает твёрдость по Виккерсу в 940 единиц, которая была получена после нагружения образца усилием 50 кг.

Еще примеры обозначения:

- 500 HV30/15 - твердость по Виккерсу, полученная при нагрузке F=30 кгс и времени выдержки 10-15 с;
- 220 HV 10/40 - твердость по Виккерсу, полученная при нагрузке 98,07 (10 кгс) и времени выдержки 40 с.

Достоинства метода Виккерса:

1. Постоянство отношения диагоналей получаемого отпечатка при изменении рабочей нагрузки.
2. Возможность определения твёрдости очень тонких слоёв материала изделия, поскольку в крайнем положении индентор имеет весьма малую площадь поверхности.
3. Повышенная точность результата благодаря высокой твёрдости алмазной пирамидки индентора и отсутствия деформации самой испытательной головки. Измерение твёрдости по Виккерсу отличается повышенной точностью, т.к. диагональ отпечатка d измеряется с помощью специально установленного на твердомере микроскопа с точностью 1-2 мкм.
4. Широкий диапазон измерений охватывает сравнительно мягкие металлы (алюминий, медь и пр.) и высокопрочные стали и твёрдые сплавы.
5. Метод Виккерса позволяет определять твёрдость отдельных слоёв металла, например, цементированного при химико-термической обработке образца, или слоя с изменённым химическим составом (после поверхностного упрочнения или легирования). Кроме гальванизированных поверхностей, метод применим и к азотированным материалам.

К недостаткам метода можно отнести зависимость измеряемой твёрдости от приложенной нагрузки или глубины внедрения индентора (явление размерного эффекта, часто называемого в англоязычной литературе *indentation size effect*). Особенно сильно эта зависимость проявляется при малых нагрузках. Также к недостаткам метода следует отнести необходимость получения поверхности с малой шероховатостью и относительно большое время испытания.

Практический диапазон измерения твёрдости по Виккерсу 145-1000 HV. Ввиду высокой точности метода, для оценки параметра HV больших партий заготовок широко применяются автоматизированные установки с гидравлическим и электромеханическим приводом, а также с автоматизацией отсчёта результатов, которые выводятся на монитор.

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4 . Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

цель работы;  
исходные данные;  
ход решения;  
ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);  
выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

Ссылки на источники: [2].

### Практическая работа №2 «Анализ диаграммы Pb-Sb»

Количество часов на выполнение – 2 часа

Цель работы: расширение и закрепление теоретических знаний, получение навыков работы с диаграммой состояния двухкомпонентных сплавов.

Оборудование: миллиметровая бумага; простые карандаши; образец диаграммы состояния сплавов системы Pb-Sb.

Содержание задания:

1. Зарисовать диаграмму Pb-Sb.
  2. Определить положение сплава.
  3. Определить температуру начала, конца плавления и кристаллизации.
4. Определить количество твердой и жидкой фазы для этого сплава при указанной температуре и оформите отчет.

В отчете должны содержаться краткие теоретические основы, схема диаграммы.

5. Сдайте отчет преподавателю.

Общее теоретическое положение.

Чистые металлы в большинстве случаев не обеспечивают необходимого комплекса механических и технологических свойств, поэтому в технике применяют сплавы. Металлическим сплавом называют вещество, состоящее из двух и более элементов, обладающих металлическими свойствами. Обычным способом приготовления сплавов является сплавлением. Надо знать понятия: система, фаза, компонент.

Процесс перехода сплавов из жидкого состояния в твердое состояния и обратно принято излагать графически в виде диаграмм состояния сплавов. Диаграммы состояния строят в координатах: температура – концентрация (%).

Перегибы, остановки на этих «кривых» связанные с тепловыми эффектами превращений принято называть критическими точками.

Методика выполнения задания

4. Изучение материала по данной теме по конспекту лекций и учебнику.

5. Построение диаграммы состояния двухкомпонентных сплавов по заданию.

6. Ответить на контрольные вопросы
- Что называют критической температурой?
- Что называют критическими точками?
- Какую линию называют линией ликвидуса?
- Какую линию называют линией солидуса?
- Понятие: ликвация?

Определения: система, фаза, компонент.

Диаграмма состояния сплавов с отсутствием растворимости компонентов в компонентах в твердом состоянии (механические смеси)

Диаграмма состояния и кривые охлаждения типичных сплавов системы

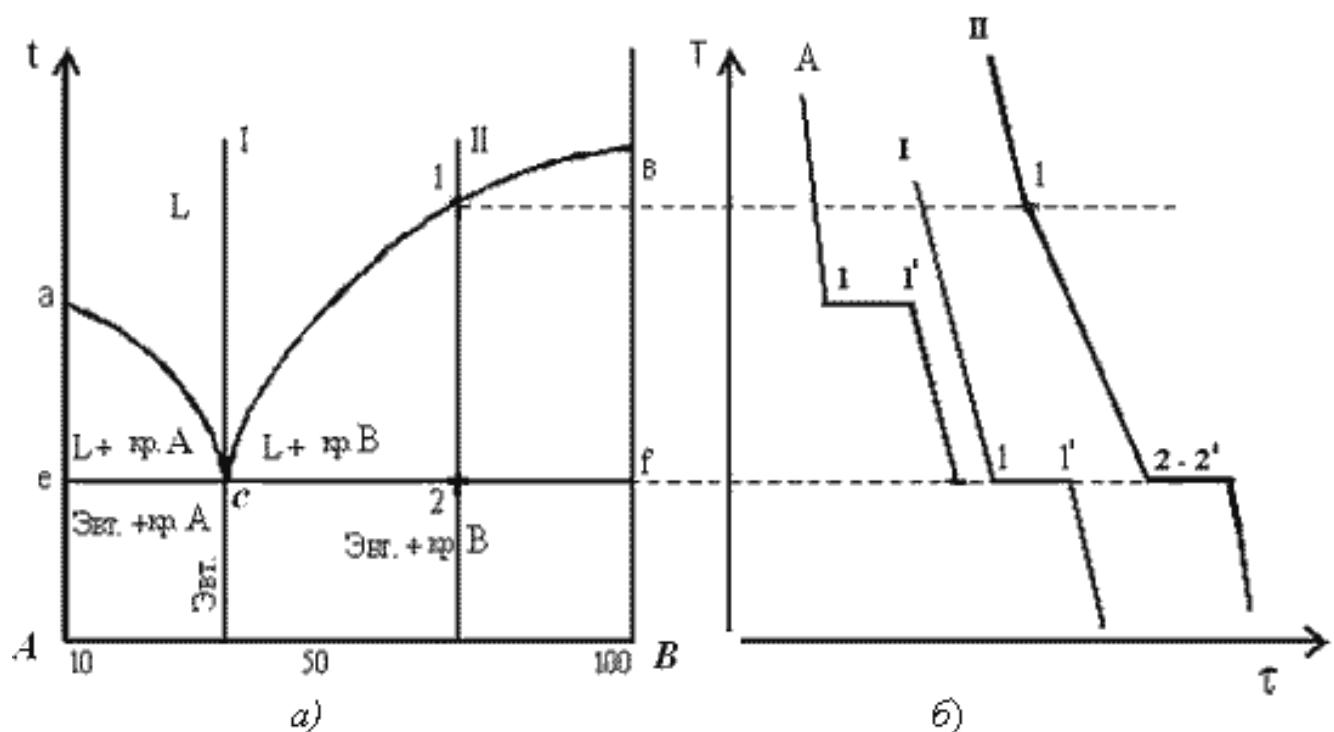


Диаграмма состояния сплавов с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения сплавов (б)

Проведем анализ диаграммы состояния.

1. Количество компонентов:  $K = 2$  (компоненты А и В);
2. Число фаз:  $f = 3$  (кристаллы компонента А, кристаллы компонента В, жидккая фаза).

3. Основные линии диаграммы:

линия ликвидус  $acb$ , состоит из двух ветвей, сходящихся в одной точке;  
линия солидус  $ecf$ , параллельна оси концентраций стремится к осям  
компонентов, но не достигает их;

Типовые сплавы системы.

Чистые компоненты, кристаллизуются при постоянной температуре, на  
рис .б показана кривая охлаждения компонента А.

Эвтектический сплав – сплав, соответствующий концентрации  
компонентов в точке с (сплав I). Кривая охлаждения этого сплава, аналогична  
кривым охлаждения чистых металлов (рис. б)

Эвтектика – мелкодисперсная механическая смесь разнородных  
кристаллов, кристаллизующихся одновременно при постоянной, самой низкой  
для рассматриваемой системы, температуре.

При образовании сплавов механических смесей эвтектика состоит из  
кристаллов компонентов А и В: Эвт. (кр. А + кр. В)

Процесс кристаллизации эвтектического сплава: до точки 1 охлаждается  
сплав в жидком состоянии. При температуре, соответствующей точке 1,  
начинается одновременная кристаллизация двух разнородных компонентов. На  
кривой охлаждения отмечается температурная остановка, т.е. процесс идет при  
постоянной температуре, так как согласно правилу фаз в двухкомпонентной  
системе при наличии трех фаз (жидкой и кристаллов компонентов А и В) число  
степеней свободы будет равно нулю ( $C=2-3+1=10$ ). В точке 1' процесс  
кристаллизации завершается. Ниже точки 1' охлаждается сплав, состоящий из  
дисперсных разнородных кристаллов компонентов А и В.

Другие сплавы системы аналогичны сплаву II, кривую охлаждения сплава  
см на рис.а.

Процесс кристаллизации сплава II: до точки 1 охлаждается сплав в жидком  
состоянии. При температуре, соответствующей точке 1, начинают  
образовываться центры кристаллизации избыточного компонента В. На кривой  
охлаждения отмечается перегиб (критическая точка), связанный с уменьшением  
скорости охлаждения вследствие выделения скрытой теплоты кристаллизации.  
На участке 1–2 идет процесс кристаллизации, протекающий при понижающейся  
температуре, так как согласно правилу фаз в двухкомпонентной системе при  
наличии двух фаз (жидкой и кристаллов компонента В) число степеней свободы  
будет равно единице( $C=2-2+1=1$ ). При охлаждении состав жидкой фазы  
изменяется по линии ликвидус до эвтектического. На участке 2–2'  
кристаллизуется эвтектика (см. кристаллизацию эвтектического сплава). Ниже  
точки 2' охлаждается сплав, состоящий из кристаллов первоначально  
закристаллизовавшегося избыточного компонента В и эвтектики.

Количественный структурно-фазовый анализ сплава. Пользуясь  
диаграммой состояния можно для любого сплава при любой температуре  
определить не только число фаз, но и их состав и количественное соотношение.  
Для этого используется правило отрезков. Для проведения количественного  
структурно-фазового анализа через заданную точку проводят горизонталь  
(коноду) до пересечения с ближайшими линиями диаграммы (ликвидус, солидус

или оси компонентов). При проведении количественного структурно-фазового анализа, конода, проведенная через заданную точку, пересекает линию ликвидус и оси компонентов, поэтому состав твердой фазы или 100 % компонента А, или 100 % компонента В.

Определение состава фаз в точке  $m$ :

Для его определения через точку  $m$  проводят горизонталь до пересечения с ближайшими линиями диаграммы: ликвидус и солидус. Состав жидкой фазы определяется проекцией точки пересечения горизонтали с линией ликвидуса  $p$  на ось концентрации. Состав твердой фазы определяется проекцией точки пересечения горизонтали с линией солидуса  $q$  (или осью компонента) на ось концентрации. Состав жидкой фазы изменяется по линии ликвидуса, а состав твердой фазы – по линии солидуса. С понижением температуры состав фаз изменяется в сторону уменьшения содержания компонента В. Определение количественного соотношения жидкой и твердой фазы при заданной температуре (в точке  $m$ ). Количественная масса фаз обратно пропорциональна отрезкам проведенной коноды. Рассмотрим проведенную через точку  $m$  коноду и ее отрезки. Количество всего сплава ( $Q_{сп}$ ) определяется отрезком  $rq$ .

Отрезок, прилегающий к линии ликвидуса  $pm$ , определяет количество твердой фазы.

$$Q_{me} = \frac{pm}{pq} \cdot 100\%$$

Отрезок, прилегающий к линии солидуса (или к оси компонента)  $mq$ , определяет количество жидкой фазы.

$$Q_{me} = \frac{mq}{pq} \cdot 100\%$$

#### Варианты заданий.

№ варианта	Содержание элемента	Температура для определения фаз
1	10% Pb	300°C
2	10% Sb	400°C
3	20% Pb	300°C
4	20% Sb	400°C
5	25% Pb	300°C
6	25% Sb	400°C
7	30% Pb	300°C
8	30% Sb	400°C
9	35% Pb	300°C
10	35% Sb	400°C
11	40% Pb	300°C
12	40% Sb	400°C

13	45% Pb	300°C
14	45% Sb	400°C
15	50% Pb	300°C
16	50% Sb	400°C
17	55% Pb	300°C
18	55% Sb	400°C
19	60% Pb	300°C
20	60% Sb	400°C

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4 . Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

цель работы;

исходные данные;

ход решения;

ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);

выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

Ссылки на источники: [2].

### Практическая работа №3 « Анализ диаграммы Fe-C»

Количество часов на выполнение – 2 часа

Цель работ: Ознакомление с методами практического использования диаграммы состояния сплавов системы железо – цементит при выборе температуры нагрева для горячей обработки деталей и инструментов из стали и чугуна.

Оборудование: миллиметровая бумага; простые карандаши; образец диаграммы состояния сплавов системы железо – цементит; образец диаграммы состояния сплавов системы железо – цементит, относящейся к стали с границами температурных режимов горячей обработки.

Содержание задания:

Содержание задания:

- 1.Зарисовать диаграмму Fe-C.

2. Определить положение сплава.

3. Определить температуру начала, конца плавления и кристаллизации.

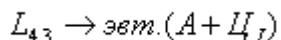
4. Определить количество твердой и жидкой фазы для этого сплава при указанной температуре и оформите отчет.

В отчете должны содержаться краткие теоретические основы, схема диаграммы.

5. Сдайте отчет преподавателю.

Общее теоретическое положение.

Процессы при структурообразовании железоуглеродистых сплавов. Линия ABCD – ликвидус системы. На участке AB начинается кристаллизация феррита ( $\delta$ ), на участке BC начинается кристаллизация аустенита, на участке CD – кристаллизация цементита первичного. Линия AHJESCF – линия солидус. На участке AH заканчивается кристаллизация феррита ( $\delta$ ). На линии HJВ при постоянной температуре 1499<sup>0</sup>С идет перитектическое превращение, заключающееся в том, что жидкая фаза реагирует с ранее образовавшимися кристаллами феррита ( $\delta$ ), в результате чего образуется аустенит:  $L + \Phi(\delta) \rightarrow A$ . На участке JE заканчивается кристаллизация аустенита. На участке ECF при постоянной температуре 1147<sup>0</sup> С идет эвтектическое превращение, заключающееся в том, что жидкость, содержащая 4,3 % углерода превращается в эвтектическую смесь аустенита и цементита первичного:



Эвтектика системы железо – цементит называется ледебуритом (Л), по имени немецкого ученого Ледебура, содержит 4,3 % углерода.

При температуре ниже 727<sup>0</sup> С в состав ледебурита входят цементит первичный и перлит, его называют ледебурит превращенный (ЛП).

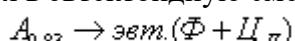
По линии HN начинается превращение феррита ( $\delta$ ) в аустенит, обусловленное полиморфным превращением железа. По линии NJ превращение феррита ( $\delta$ ) в аустенит заканчивается.

По линии GS превращение аустенита в феррит, обусловленное полиморфным превращением железа. По линии PG превращение аустенита в феррит заканчивается.

По линии ES начинается выделение цементита вторичного из аустенита, обусловленное снижением растворимости углерода в аустените при понижении температуры.

По линии MO при постоянной температуре 768<sup>0</sup> С имеют место магнитные превращения.

По линии PSK при постоянной температуре 727<sup>0</sup> С идет эвтектоидное превращение, заключающееся в том, что аустенит, содержащий 0,8 % углерода, превращается в эвтектоидную смесь феррита и цементита вторичного:



По механизму данное превращение похоже на эвтектическое, но протекает в твердом состоянии.

Эвтектоид системы железо – цементит называется перлитом (П), содержит 0,8 % углерода.

Содержание отчета по работе

Напишите отчет, в котором, в котором укажете название и цель работы. Укажите интервалы температуры:

Начало и конца заливки сплавов в литейную форму – в табл. 1.

Нагрева для термической обработки стали – в табл. 2

Горячей обработки давлением стали – в табл. 3  
Объясните как по диаграмме состояния сплавов системы железо – цементит определяют параметры технологических операций, температурные режимы термической обработки и горячей обработки давлением.

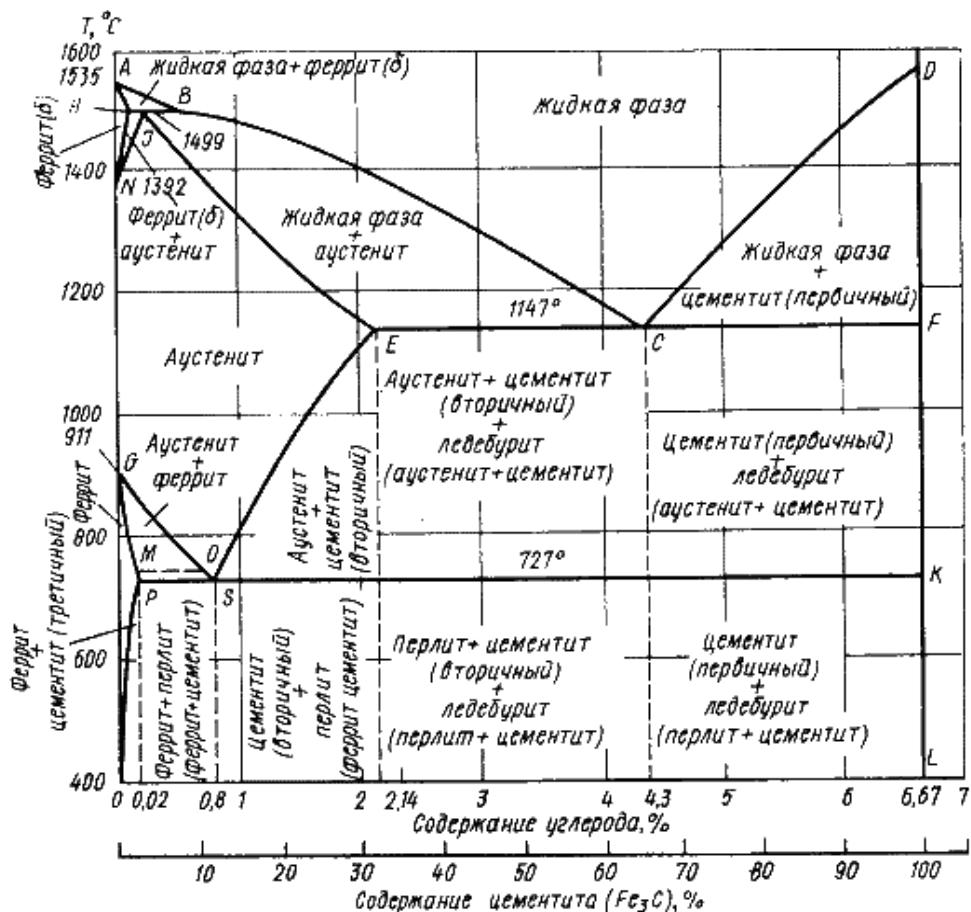


Диаграмма состояния железо - цементит

Варианты заданий.

№ варианта	Содержание элемента	Температура для определения фаз
1	3% С	Более 1500°C
2	3,3% С	Более 1500°C
3	3,5% С	Более 1500°C
4	3,8% С	Более 1500°C
5	4,0% С	Более 1500°C
6	4,7% С	Более 1500°C
7	4,9% С	Более 1500°C

8	5,0% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
9	5,3% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
10	5,5% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
11	5,8% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
12	6,0% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
13	6,3% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
14	1,0% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
15	1,5% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
16	1,8% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
17	2,0% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
18	2,3% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
19	2,5% C	Более 1500 <sup>0</sup> C
20	2,8% C	Более 1500 <sup>0</sup> C

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4 . Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

цель работы;

исходные данные;

ход решения;

ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);

выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

Ссылки на источники: [2].

#### Практическая работа №6.

#### «Изучение микроструктуры сталей и чугунов»

Количество часов на выполнение – 2 часа

Цель: Изучить зависимость структуры и свойств углеродистых и легированных сталей.

Оборудование: фотографии и схемы микроструктур, линейка, карандаш.

Содержание задания:

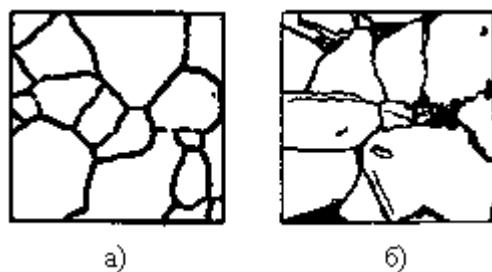
1. Изучить микроструктуры

## 2. Установить зависимость между структурной и свойствами сталей.

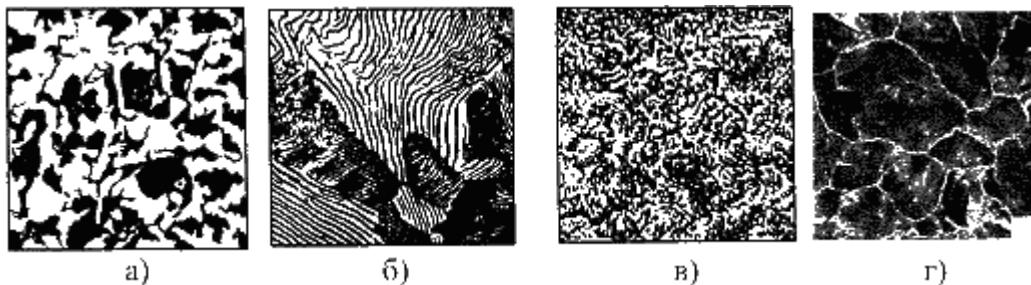
Общее теоретическое положение.

Все сплавы системы железо – цементит по структурному признаку делят на две большие группы: стали и чугуны. Особую группу составляют сплавы с содержанием углерода менее 0,02% (точка Р), их называют техническое железо. Структура таких сплавов после окончания кристаллизации состоит или из зерен феррита, при содержании углерода менее 0,006 %, или из зерен феррита и кристаллов цементита третичного, расположенных по границам зерен феррита, если содержание углерода от 0,006 до 0,02 %. Углеродистыми сталью называют сплавы железа с углеродом, содержащие 0,02...2,14 % углерода, заканчивающие кристаллизацию образованием аустенита. Они обладают высокой пластичностью, особенно в аустенитном состоянии. По содержанию углерода и по структуре стали подразделяются на доэвтектоидные ( $0,02\% < C < 0,8\%$ ), структура феррит + перлит ( $\Phi + \Pi$ ) (рис. 37 а); эвтектоидные ( $C = 0,8\%$ ), структура перлит ( $\Pi$ ), перлит может быть пластинчатый или зернистый (рис. 37 б и 37 в); заэвтектоидные ( $0,8\% < C < 2,14\%$ ), структура перлит + цементит вторичный ( $\Pi + \text{ЦII}$ ), цементитная сетка располагается вокруг зерен перлита. По микроструктуре сплавов можно приблизительно определить количество углерода в составе сплава, учитывая следующее: количество углерода в перлите составляет 0,8 %, в цементите – 6,67 %. Ввиду малой растворимости углерода в феррите, принимается, что в нем углерода нет. Сплавы железа с углеродом, содержащие углерода более 2,14 % (до 6,67 %), заканчивающие кристаллизацию образованием эвтектики (ледебурита), называют чугунами. Наличие легкоплавкого ледебурита в структуре чугунов повышает их литейные свойства. Чугуны, кристаллизующиеся в соответствии с диаграммой состояния железо – цементит, отличаются высокой хрупкостью. Цвет их излома – серебристо-белый. Такие чугуны называются белыми чугунами. По количеству углерода и по структуре белые чугуны подразделяются на: доэвтектические ( $2,14\% < C < 4,3\%$ ), структура перлит + ледебурит + цементит вторичный ( $\Pi + \text{Л} + \text{ЦII}$ ); эвтектические ( $C = 4,3\%$ ), структура ледебурит ( $\text{Л}$ ) (рис. 9.4 б); заэвтектические ( $4,3\% < C < 6,67\%$ ), структура ледебурит + цементит первичный ( $\text{Л} + \text{ЦI}$ ).

В структуре доэвтектических белых чугунов присутствует цементит вторичный, который образуется в результате изменения состава аустенита при охлаждении (по линии ES). В структуре цементит вторичный сливаются с цементитом, входящим в состав ледебурита.



Микроструктуры технического железа: а – содержание углерода менее 0,006%; б – содержание углерода 0,006...0,02 %



Микроструктуры сталей: а – доэвтектоидная сталь( $\Phi+\Pi$ ); б – эвтектоидная сталь (пластинчатый перлит); в – эвтектоидная сталь (зернистый перлит); г – заэвтектоидная сталь( $\Phi+\text{Ц}_2$ ).



. Микроструктуры белых чугунов: а – доэвтектический белый чугун ( $\Pi+\Pi+\text{Ц}_{\Pi}$ ); б – эвтектический белый чугун ( $\text{Л}$ ); в – заэвтектический белый чугун ( $\text{Л}+\text{Ц}_I$ ).

Фазовый состав сталей и чугунов при нормальных температурах один и тот же, они состоят из феррита и цементита. Однако свойства сталей и белых чугунов значительно различаются. Таким образом, основным фактором, определяющим свойства сплавов системы железо – цементит является их структура.

Сплавы с содержанием до 0,02% С называют техническим железом.

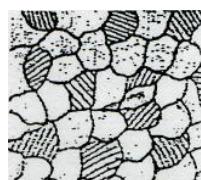


Техническое железо-феррит.

Наиболее распространённой является среднеуглеродистая сталь 45



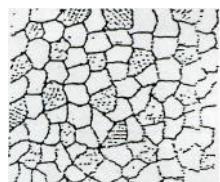
Прокат-феррит-перлит



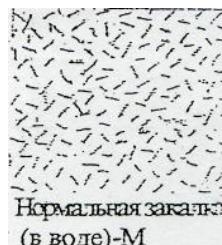
Нормальный отжиг  
феррит-перлит



Сталь 45  
Открытый перегрев при  
отжиге-вакуумной печи



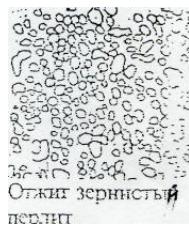
Нормализация  
зерна Ф—П  
мелкие



Нормальная закалка  
(в воде)-М



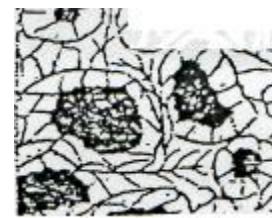
Неполная закалка М+Ф



Сталь У10



Сталь Р18  
Закалка (перегрев)  
Крупные зерна с  
образованием сетки карбидов



Сталь Р18  
Закалка(пережог)  
оплавление зерен и образование  
ледебуритной эвтектики.

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4 . Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

цель работы;

исходные данные;

ход решения;

ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);

выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

Ссылки на источники: [2].

## Практическое занятие № 7 Маркировка твердых сплавов

Количество часов – 2

Цель работы: расширение и закрепление теоретических знаний при изучении характерных особенностей и маркировки твердых сплавов.

Оборудование, материалы, инструменты: учебная литература, задания

Задание: расшифровать марки твердых сплавов.

К твердым сплавам относится отдельная группа соединений, которые способны сохранять свои свойства при достаточно высоких температурах, длительном механическом воздействии на другие материалы. Даже при достижении температуры в 1150 °C твердый сплав сохраняет все физические и механические свойства. Они изготавливаются из карбидов тугоплавких металлов, обладающих повышенной твердостью. В качестве связующего используют кобальт.

Для идентификации всего многообразия таких соединений, ГОСТ установлена следующая маркировка твердых сплавов. Марки твердых сплавов состоят из заглавных букв русского алфавита и набора цифр. Каждая буква несет свою смысловую нагрузку. В качестве примера можно привести следующие марки:

- ВК2 – первая буква «В» указывает на наличие в составе карбида вольфрама, вторая определяет наличие кобальта. Цифра указывает на процентное содержание каждого элемента. В нашем случае это 2% приходится на кобальт, основу составляет карбид вольфрама. Его содержание достигает 98%;

- ВК6М – это также вольфрамокобальтовый твердый сплав. Шестерка означает процент имеющегося кобальта. Остальные 94 процента – это карбид вольфрама. «М» конкретизирует область применения. Она указывает на применение данного материала при производстве инструмента для обработки металлов, которые трудно, практически невозможно обработать (например, нержавеющая сталь).

- Сплав ВК8 имеет состав: 8% - кобальт, основу составляет карбид вольфрама. Его содержание достигает 92%;

- Т5К10 – такая маркировка указывает — этот образец включает три элемента: карбид вольфрама, карбид титан, кобальт. В нем содержится: карбида вольфрама – 85%, карбида титана – 5%, кобальта -10%.

- Т14К8 – имеет такой же состав элементов. Но отличается их процентное содержание: карбида вольфрам – составляет 78%, карбида титан -14%, кобальт – 8%.

- ТТ7К12 – в его состав входят четыре основных металла: карбид вольфрама, карбид титана, карбид tantalа, кобальт. Карбида вольфрама – 81%, карбида титана 4%, карбида tantalа 3%, кобальт – 12%.

Различают спечённые и литые твёрдые сплавы. Спеченные твердые сплавы: изделия из них получают методами порошковой металлургии и они поддаются только обработке шлифованием или физико-химическим методам обработки (лазер, ультразвук, травление в кислотах и др), а литые твердые сплавы предназначены для наплавки на оснащаемый инструмент и проходят не только механическую, но часто и термическую обработку (закалка, отжиг, старение и др). Порошковые твердые сплавы закрепляются на оснащаемом инструменте методами пайки или механическим закреплением.

По химическому составу твердые сплавы классифицируют:

- вольфрамокобальтовые твердые сплавы (ВК);
- титановольфрамокобальтовые твердые сплавы (ТК);
- титанотанталовольфрамокобальтовые твердые сплавы (ТТК).

Твердые сплавы по назначению делятся на:

- **P** — для стальных отливок и материалов, при обработке которых образуется сливная стружка;
- **M** — для обработки труднообрабатываемых материалов (обычно нержавеющая сталь);
- **K** — для обработки чугуна;
- **N** — для обработки алюминия, а также других цветных металлов и их сплавов;
- **S** — для обработки жаропрочных сплавов и сплавов на основе титана;
- **H** — для закаленной стали.

Из-за дефицита вольфрама разработана группа безвольфрамовых твердых сплавов, называемых керметами. Эти сплавы содержат в своём составе карбиды титана ( $TiC$ ), карбонитриды титана ( $TiCN$ ), связанные никельмolibденовой основой. Технология их изготовления аналогична вольфрамосодержащим твердым сплавам.

Эти сплавы по сравнению с вольфрамовыми твердыми сплавами имеют меньшую прочность на изгиб, ударную вязкость, чувствительны к перепаду температур из-за низкой теплопроводности, но имеют преимущества — повышенную теплостойкость ( $1000^{\circ}C$ ) и низкую схватываемость с обрабатываемыми материалами, благодаря чему не склонны к наростообразованию при резании. Поэтому их рекомендуют использовать для чистового и получистового точения, фрезерования. По назначению относятся к группе Р

#### Методика выполнения задания

1. Изучение учебного материала по данной теме по конспекту лекций и учебнику.

2. Ответить на контрольные вопросы:

1.Что такое порошковая металлургия?

2.Какие виды изделий получают с помощью порошковой металлургии?

3.Что такое твердый сплав?

4.Приведите марки твердых сплавов.

5.Где применяют сплавы типа “ВК”, “ТК”, “ТТК”?

6.Режущая керамика, характеристика.

Расшифруйте марки твердых сплавов (смотри таблицу 4):

Таблица 4 – Варианты индивидуальных заданий:

№ варианта	Марки твердых сплавов					
1	BK3	BK13	T30K4	T5K12	TT7K12	TT21K9
2	BK4	BK25	T15K6	T5K10	TT8K6	TT7K9

3	BK6	BK12	T14K8	T30K4	TT20K9	TT6K8
4	BK8	BK20	T5K10	T15K6	TT6K8	TT20K9
5	BK10	BK15	T5K12	T30K4	TT7K9	TT8K6
6	BK15	BK10	T30K4	T5K12	TT21K9	TT7K12
7	BK20	BK8	T15K6	T5K10	TT7K12	TT21K9
8	BK12	BK6	T14K8	T30K4	TT8K6	TT7K9
9	BK25	BK4	T5K10	T15K6	TT20K9	TT6K8
10	BK13	BK3	T5K12	T30K4	TT6K8	TT20K9
11	BK3	BK13	T30K4	T5K12	TT7K9	TT8K6
12	BK4	BK25	T15K6	T5K10	TT21K9	TT7K12
13	BK6	BK12	T14K8	T30K4	TT7K12	TT21K9
14	BK8	BK20	T5K10	T15K6	TT8K6	TT7K9
15	BK10	BK15	T5K12	T30K4	TT20K9	TT6K8
16	BK15	BK10	T30K4	T5K12	TT6K8	TT20K9
17	BK20	BK8	T15K6	T5K10	TT7K9	TT8K6
18	BK12	BK6	T14K8	T30K4	TT21K9	TT7K12
19	BK25	BK4	T5K10	T15K6	TT6K8	TT7K9
20	BK13	BK3	T5K12	T30K4	TT7K9	TT20K9
21	BK10	BK15	T5K12	T30K4	TT7K9	TT8K6
22	BK4	BK25	T15K6	T5K10	TT8K6	TT7K9
23	BK25	BK4	T5K10	T15K6	TT20K9	TT6K8
24	BK12	BK6	T14K8	T30K4	TT8K6	TT7K9
25	BK8	BK20	T5K10	T5K12	TT21K9	TT7K12

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4 . Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

цель работы;

исходные данные;

ход решения;

ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);

выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

Ссылки на источники: [2].

**Практическая работа №8  
«Закалка углеродистых сталей»**

Количество часов на выполнение – 2 часа

Цель: научиться определять закалочные температуры для углеродистых сталей.

Оборудование: лупа, образцы материалов линейка, карандаш.

Содержание задания:

1. Изучите теоретический материал в описании к практической работе. Получите у преподавателя образцы материалов для практической работы.

2. Начертить часть диаграммы Fe-C и указать оптимальный интервал закалочных температур.

3. Определить температуру начала и конца закалки для сталей: 45; У7;У8; У10; У12.

4. Объяснить фазовые превращения при нагреве и охлаждении для этих сталей.

5. В отчете должны содержаться краткие теоретические основы, часть диаграммы Fe-C, указан оптимальный интервал закалочных температур, и вывод.

Общее теоретическое положение.

Закалка – проводится для сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии при нагреве и охлаждении, с целью повышение твердости и прочности путем образования неравновесных структур (сорбит, троостит, мартенсит).

Доэвтектийдные стали подвергаются полной закалке, заэвтектийдные стали подвергаются неполной закалке. Полная закалка производится при нагреве выше линии A<sub>3</sub> на 30-50 °C, выдержке при этой температуре и охлаждение со скоростью больше критической.

Неполная закалка производится при нагреве выше A<sub>1</sub>, выдержке при этой температуре и охлаждение со скоростью больше критической. Используя эти определения, строится интервал закалочных температур и определяем температуру начала и конца закалки для каждой стали. При нагреве сталей получаются структуры аустенита и аустенита и цементита. При быстром охлаждении получаются структуры, отличные от структур в равновесном состоянии.

При скорости охлаждения до 50<sup>0</sup> C/сек получается структура перлит, при скорости охлаждения: до 100<sup>0</sup> C/сек - сорбит, до 150<sup>0</sup> C/сек - троостит, до 200<sup>0</sup> C/сек - бейнит, более 200<sup>0</sup> C/сек мартенсит и остаточное количество аустенита.

Схема термической обработки по диаграмме железо- углерод.

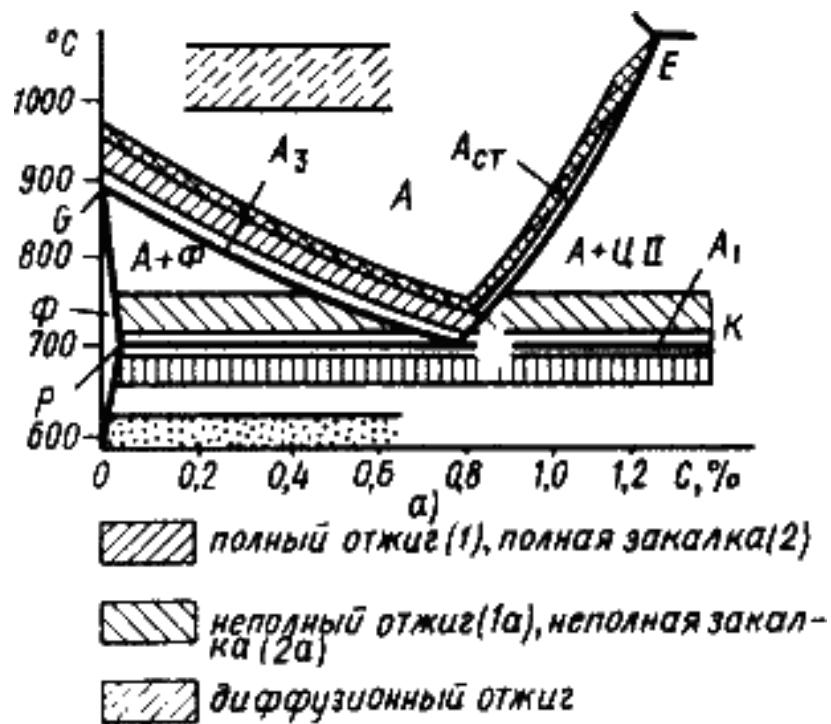
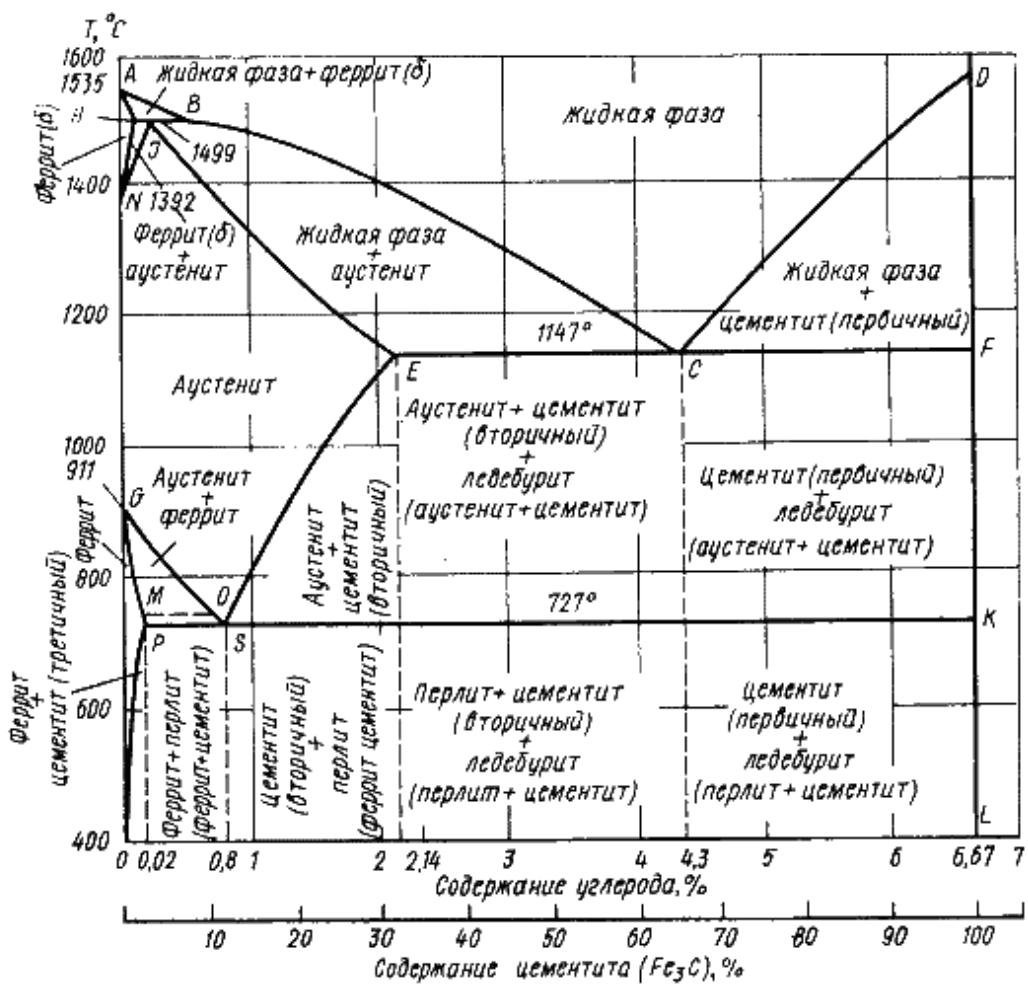


Диаграмма железо- углерод



Исходные данные, режимы и результаты термической обработки оформите в виде таблицы.

сталь	%C	t-начала закалки	t-конца закалки
45	0,45		
У7	0,7		
У8	0,8		
У10	1,2		
У12	1,2		

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4  
Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет  
оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для  
оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

- цель работы;
- исходные данные;
- ход решения;
- ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);
- выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

Ссылки на источники: [2].

**Практическая работа № 9  
« Цементация углеродистых сталей»**

Цель работы: расширение и закрепление теоретических знаний при изучении  
характерных особенностей при цементации.

Задания

1. Ознакомиться с методикой проведения цементации.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Составить отчет.

Порядок выполнения работы:

1. Образцы малоуглеродистой стали поместить в печь при заданной температуре.  
Карбюризатором берется древесный уголь.
2. Изготовить микрошлиф.
3. Измерить твердость по Роквеллу от торцевой поверхности вглубь образца.
4. Перевести данные измерения в числа твердости по Бринеллю.
5. По формуле  $\sigma_B = 0,36 \text{ НВ}$  рассчитать предел прочности на разрыв.
6. Построить график зависимости предела прочности на разрыв от продолжительности цементации при температурах 850 °C и 900 °C.

Общие положения

Цементация стали

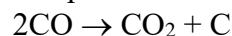
При цементации происходит поверхностное насыщение стали углеродом, в результате чего получается высокоуглеродистый поверхностный слой. Поскольку для цементации берут низкоуглеродистую сталь, то сердцевина остается мягкой и вязкой, несмотря на то, что после цементации сталь подвергается закалке.

Различают два вида цементации: твердую и газовую.

При твердой цементации детали запаковывают в ящик, наполненный карбюризатором – науглероживающим веществом.

Карбюризатором является древесный уголь с различными добавками.

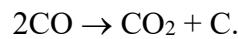
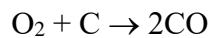
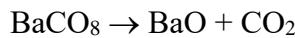
В ящике в промежутках между кусочками древесного угля, имеется воздух, кислород которого при температуре процесса (900–950°C) соединяется с углеродом, образуя окись углерода CO (образуется именно CO, а не CO<sub>2</sub> из-за недостатка кислорода). Однако при температурах процесса окись углерода неустойчива и при контакте с железной поверхностью разлагается по реакции:



с образованием атомарного углерода, который поглощается поверхностью.

Таким образом, и при твердой цементации процесс протекает с образованием газовой фазы, т. е. цементация осуществляется газом, образовавшимся в ящике из карбюризатора.

Добавление к углю углекислых солей BaCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (сода), K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (поташ) активизирует карбюризатор вследствие образования углекислого газа при разложении солей и реакции с углем:



Применяемые на производстве карбюризаторы обычно содержат 10–30% углекислых солей.

*Процесс твердой цементации* – продолжительная операция и занимает в зависимости от требуемой глубины цементации часто не один десяток часов. Даже для образования слоя малой глубины, например в 1 мм, продолжительность цементации составляет несколько часов.

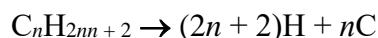
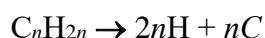
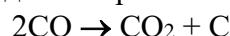
Увеличение скорости цементации достигается применением цементации в газовых средах.

При *газовой цементации* герметически закрытая камера печи наполнена цементирующим газом (чаще с определенной скоростью через камеру проходит газ). Сейчас для массового производства газовая цементация является основным процессом цементации и только для мелкосерийного или единичного производства экономически целесообразен более простой способ *твердой цементации*.

Газовая цементация осуществляется в стационарных или методических (непрерывно действующих) конвейерных печах. Цементирующий газ приготавливают отдельно и подают в цементационную реторту.

*Цементирующими газами* являются окись углерода и газообразные углеводороды.

Разложение этих соединений приводит к образованию активного атомарного углерода:



Наибольшее распространение в качестве газовых карбюризаторов получили предельные углеводороды (CH<sub>2n+2</sub>) – метан, этан, пропан, бутан и др., а из них – метан в виде естественного газа (92–96% CH<sub>4</sub>).

Кроме естественного газа, применение получила цементация бензолом, который в виде капель подают в цементационную реторту, где образуется газ, состоящий главным образом из метана, окиси углерода и свободного водорода.

Как видно из приведенных выше реакций, в результате распада углеводородных соединений образуется свободный углерод.

Цементацию ниже критической точки Ac<sub>1</sub> не проводят, т. к. α-железо почти не растворяет углерод и при цементации ниже A<sub>1</sub> образуется лишь поверхностная корочка цементита очень небольшой толщины.

Практически цементацию проводят при 900–930°C, но имеется тенденция повысить температуру цементации до 950–970°C и выше.

Повышение температуры цементации, как следует из общих представлений о процессе диффузии, резко увеличивает глубину слоя.

Содержание углерода в поверхностном слое определяется при данной температуре пределом растворимости углерода в аустените (т. е. линией *SE* диаграммы железо – углерод). Следовательно, чем выше температура цементации, тем больше содержание углерода на поверхности (но оно не превосходит 2%).

Таким образом, на поверхности содержание углерода отвечает проекции точки, лежащей на линии *SE* диаграммы железо – углерод при данной температуре, и затем постепенно падает с удалением от поверхности в глубину изделия, доходя до исходного содержания углерода в цементируемой стали.

Таким образом, при температуре цементации в диффузионном слое получается аустенит переменной концентрации от 1,2–1,3% С (при температуре процесса 900°C) до 0,10–0,15% С.

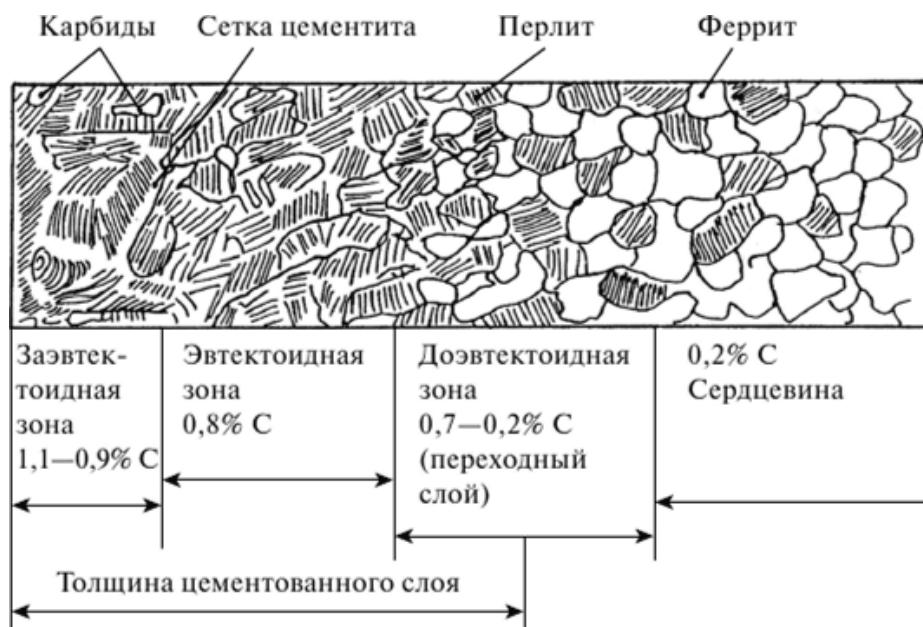
При охлаждении от температуры цементации до нормальной произойдет превращение в соответствии с содержанием углерода в данном слое.

Цементацию рекомендуется проводить так, чтобы содержание углерода в наружном слое не превышало 1,1–1,2%. Более высокое содержание углерода приводит к образованию значительных количеств вторичного цементита, сообщающего слою повышенную хрупкость.

Задача цементации – получить высокую поверхностную твердость и износостойчивость при вязкой сердцевине – не решается одной цементацией.

Цементацией достигается лишь выгодное распределение углерода по сечению.

Окончательно формирует свойства цементированной детали последующая закалка, при которой на поверхности получается высокоуглеродистый мартенсит, а в сердцевине сохраняется низкая твердость и высокая вязкость.



Микроструктура цементированного слоя после медленного охлаждения

## Практическая работа №10

### «Расшифровка материалов»

Количество часов на выполнение – 2 часа

Цель: Приобретение навыков по расшифровке материалов.

Оснащение: лекции, методические указания к практической работе.

Содержание задания:

1. Изучите теоретический материал в описании к практической работе. Получите у преподавателя задание для практической работы.

2. Расшифровать стали. Дать полную характеристику сталей.

3. Расшифровать цветные материалы

4. Поиск информации на ПК о маркировке сталей красками.

5. В отчете должны содержаться краткие теоретические основы о маркировке сталей, полная расшифровка и характеристика сталей, маркировка сталей красками для своего варианта и вывод.

5. Сдайте отчет преподавателю.

Общее теоретическое положение.

Маркировка углеродистых сталей.

Принято буквенно-цифровое обозначение сталей Углеродистые стали обыкновенного качества (ГОСТ 380). Стали содержат повышенное количество серы и фосфора. Маркируются Ст.2кп., БСт.3кп, ВСт.3пс, ВСт.4сп.Ст – индекс данной группы стали. Цифры от 0 до 6 - это условный номер марки стали. С увеличением номера марки возрастает прочность и снижается пластичность стали. По гарантиям при поставке существует три группы сталей: А, Б и В. Для сталей группы А при поставке гарантируются механические свойства, в обозначении индекс группы А не указывается. Для сталей группы Б гарантируется химический состав. Для сталей группы В при поставке гарантируются и механические свойства, и химический состав. Индексы кп, пс, сп указывают степень раскисленности стали: кп - кипящая, пс - полуспокойная, сп - спокойная. Качественные углеродистые стали. Конструкционные качественные углеродистые стали маркируются двухзначным числом, указывающим среднее содержание углерода в сотых долях процента. Указывается степень раскисленности, если она отличается от спокойной.

Сталь 08 кп, сталь 10 пс, сталь 45 содержание углерода, соответственно, 0,08 %, 0,10 %, 0,45 %.

Инструментальные качественные углеродистые стали маркируются буквой У (углеродистая инструментальная сталь) и числом, указывающим содержание углерода в десятых долях процента.

Сталь У8, сталь У13 содержание углерода, соответственно, 0,8 % и 1,3 %. Инструментальные высококачественные углеродистые стали маркируются аналогично качественным инструментальным углеродистым сталью, только в конце марки ставят букву А, для обозначения высокого качества стали.

Принцип маркировки легированных сталей.

Качественные и высококачественные легированные стали обозначение в маркировке буквенно-цифровое. Легирующие элементы имеют условные обозначения и обозначаются буквами русского алфавита.

Обозначения легирующих элементов:

Х – хром, Н – никель, М – молибден, В – вольфрам,

К – кобальт, Т – титан, А – азот ( указывается в середине марки),

Г – марганец, Д – медь, Ф – ванадий, С – кремний,

П – фосфор, Р( указывается в середине марки), – бор, Б – ниобий, Ц – цирконий,

Е - селен( указывается в середине марки), Ю – алюминий,

А -в середине-азот,

А в конце марки –высококачественная сталь.

Р – в начале маркировке обозначает, что сталь быстрорежущая,

Е – в начале маркировке обозначает, что сталь магнитная

## Легированные конструкционные стали

### Сталь 15Х25Н19ВС2

В начале марки указывается двухзначное число, показывающее содержание углерода в сотых долях процента. Далее перечисляются легирующие элементы. Число, следующее за условным обозначение элемента, показывает его содержание в процентах,

Если число не стоит, то содержание элемента не превышает 1,5 %.

В указанной марке стали содержится 0,15 % углерода, 35% хрома, 19 % никеля, до 1,5% вольфрама, до 2 % кремния.

Для обозначения высококачественных легированных сталей в конце марки указывается символ А.

### Расшифруйте марки сталей

№ варианта	Марки Сталей
1	A20;40Л;25;У12;Ст4кп;Р18;ШХ15;40ХГ2СН;9ХГС;Х
2	AC20;40ХЛ;25;У7;Ст0кп;Р6М5;ШХ6;18Х12Н8;60С2;ХВГ
3	AC20;40ХЛ;25;У12;Ст6кп;Р18;ШХ15СГ;40ХГ2СН;15Х3Г;EX5K5
4	05;AC12ХН;80;У13А;Ст2;30Х5;08Х20Н4ГЮ;60С2ХНА;ШХ15СГ-III
5	A15;55Л;08;У10;Ст4кп;Р18;ШХ4;40ХГ2СН;9ХГ2СН;9ХГС;ХВГ
6	A35;10ХЛ;08;У10;Ст2кп;Р9;ШХ8;12Х8Г2СА;Х;ХВГ
7	A20;40Л;25;У12;Ст6сп;Р18;ШХ15СГ;40ХГ2СН;15Х3Г;EX5K5
8	A15;55Л;08;У10;Ст4кп;Р18;ШХ4;40ХГ2СН;9ХГС;ХВГ
9	A35;10ХЛ;08;У10;Ст2кп;Р9;ШХ8;12К8Г2СА;Х;ХВГ
10	05;AC12ХН;80;У13А;Ст2;30Х5;06Х20Н4ГЮ;60С2ХНА;ШХ15СГ-III
11	AC20;40ХЛ;25;У7;Ст0кп;Р6М5;ШХ15;18Х12Н8;60С2;ХВГ
12	A15;55Л;08;У10;Ст4кп;Р18;ШХ4;40ХГ2СН;9ХГС;ХВГ
13	A35;10ХЛ;08;У10;Ст2кп;Р9;ШХ8;12Х8Г2СА;Х;ХВГ
14	A35;10ХЛ;08;У10;Ст2кп;Р9;ШХ8;12Х8Г2СА;Х;ХВГ
15	A20;40Л;25;У12;Ст6сп;Р18;ШХ15СГ;40ХГ2СН;15Х3Г;EX5K5
16	A15;55Л;08;У10;Ст4кп;Р18;ШХ4;40ХГ2СН;9ХГС;ХВГ
17	A35;10ХЛ;08;У10;Ст2кп;Р9;ШХ8;12Х8Г2СА;Х;ХВГ
18	05;AC12ХН;80;У13А;Ст2;30Х5;08Х20Н4ГЮ;60С2ХНА;ШХ15СГ
19	AC20;40ХЛ;25;У7;Ст0кп;Р6М5;ШХ15;18Х12Н8;60С2;ХВГ
20	A20;40Л;25;У12;Ст6сп;Р18;ШХ15СГ;40ХГ2СН;15Х3Г;EX5K5

Теоретические основы и обозначение цветных материалов.

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 % (остальное) цинка.

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.

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.

#### Обозначение легирующих элементов при маркировке цветных сплавов

Обозначение легирующего элемента		
A – алюминий Б – бериллий Ж – железо К – кремний К – кальций (в баббитах) К – кадмий (в припоях) Кд – кадмий М – медь Мг – магний	Мц – марганец Мш – мышьяк Н – никель Н – неодим (в сплавах магния) О – олово С – свинец СС – свинец и серебро (в бронзах) Ср – серебро	Су – сурьма Т – титан Т – теллур (в антифрикционных сплавах) Ф – фосфор Х – хром Ц – цинк Ц – цирконий (в сплавах алюминия) Цр – цирконий

**Расшифруйте марки латуней и бронз:**

№ варианта	Марки
1; 9; 11; 20	ЛА 85-0,6; ЛМцА 57-3-1; ЛМцА 57-3-1; БрО5Ц5С5; БрКМц3-1
2; 8; 12; 19	ЛА 77-2; ЛМц 58-2; БрАЖ9-4; БрС30; БрА10Ж3Мц2
3; 7; 13; 18	ЛК 80-0,6; ЛКС 65-1,5-3; ЛО 90-1; ЛО 90-1; БрОЦ4-3
4; 6; 14; 17	ЛАМш 77-2-0,05; ЛН 65-5; ЛО 60-1; БрАЖН10-4-4; БрОФ6,5-0,15
5; 10; 15; 16	ЛС 63-3; ЛМцА 57-3-1; БрС30; БрКМц3-1; БрОФ6,5-0,15

Ответить на контрольные вопросы:

Какие сплавы называются латунями?

Как по способу изготовления изделий различают латуни?

Какие сплавы называются бронзами?

На какие группы разделяют бронзы?

Перечислите свойства оловянных бронз и их применение.

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4 .

Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

цель работы;

исходные данные;

ход решения;

ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);

выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

Ссылки на источники: [2].

### Лабораторная работа №6

#### «Проведение микроанализа цветных сплавов»

Количество часов на выполнение – 2 часа

Цель: Изучить влияние термической обработки на свойства алюминиевых сплавов

Оснащение: лекции, методические указания к лабораторной работе.

Содержание задания:

1. Изучите теоретический материал в описании к лабораторной работе. Получите у преподавателя образцы микроструктур для лабораторной работы.
2. Изучить микроструктуру алюминиево-медных сплавов после: отжига; закалки;

закалки и искусственного старения;

3. Изучить микроструктуру дюралюминия после: отжига; закалки; закалки и искусственного старения;

4. Установить зависимость между термической обработкой и свойствами алюминиевого сплавов.

5. В отчете должны содержаться краткие теоретические основы, микроструктура алюминиево-медных сплавов, дюралюминия и установлена зависимость между термической обработкой и свойствами алюминиевого сплавов.

6. Сдайте отчет преподавателю.

Общее теоретическое положение.

Алюминий – легкий металл с плотностью 2,7 г/см<sup>3</sup> и температурой плавления 660°С. Имеет гранецентрированную кубическую решетку. Обладает высокой тепло- и электропроводностью. Химически активен, но образующаяся плотная пленка оксида алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, предохраняет его от коррозии. Механические свойства: предел прочности 150 МПа, относительное удлинение 50 %, модуль упругости 7000 МПа. Алюминий высокой чистоты маркируется А99 (99,999 % Al), А8, А7, А6, А5, А0 (содержание алюминия от 99,85 % до 99 %). Технический алюминий хорошо сваривается, имеет высокую пластичность. Из него изготавливают строительные конструкции, малонагруженные детали машин, используют в качестве электротехнического материала для кабелей, проводов.

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.

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) испеченные алюминиевые порошковые сплавы (САП). 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 (АМг3). Магний действует только как упрочнитель, марганец упрочняет и повышает коррозионную стойкость. В зависимости от степени упрочнения различают сплавы нагартованные и полунагартованные (АМг3П). 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 500°С 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 АК4, АК8 применяются для изготовления поковок. Поковки изготавливаются при температуре 380...450°C, подвергаются закалке от температуры 500...560°C и старению при 150...165°C в течение 6...15 часов.

В состав алюминиевых сплавов дополнительно вводят никель, железо, титан, которые повышают температуру рекристаллизации и жаропрочность до 300°C. Изготавливают поршины, лопатки и диски осевых компрессоров, турбореактивных двигателей.

Литейные алюминиевые сплавы. К литейным сплавам относятся сплавы системы алюминий – кремний (силумины), содержащие 10...13 % кремния.

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.

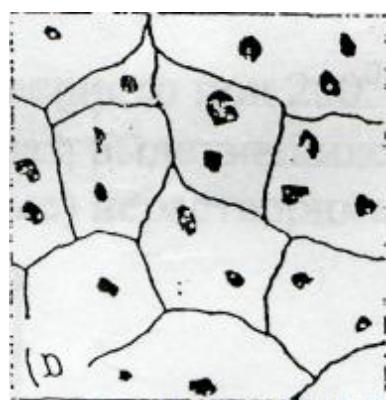
Старение – термическая обработка, при которой главным процессом является распад пересыщенного твердого раствора. В результате старения происходит изменение свойств закаленных сплавов. В отличие от отпуска, после старения увеличиваются прочность и твердость, и уменьшается пластичность..

Основное назначение старения – повышение прочности и стабилизация свойств.

Различают старение естественное, искусственное и после пластической деформации.

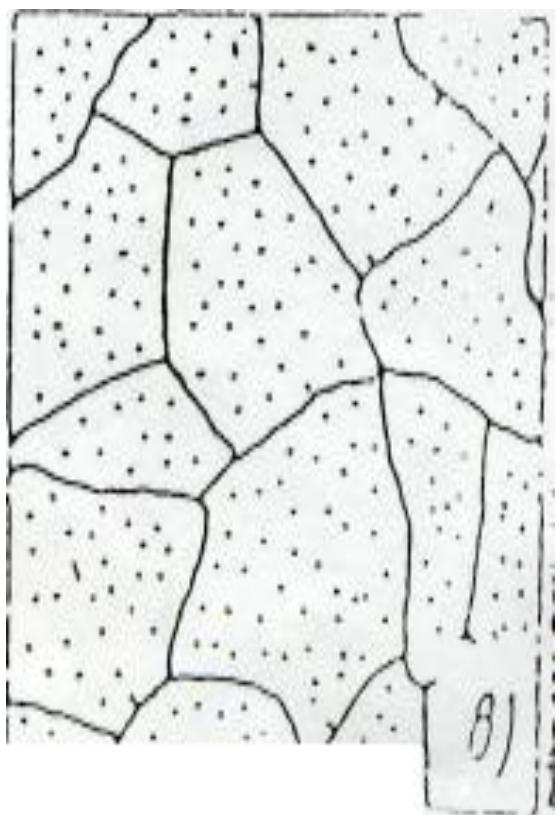
Естественным старением называется самопроизвольное повышение прочности и уменьшение пластичности закаленного сплава, происходящее в процессе его выдержки при нормальной температуре

Алюминиево-медный сплав с 4 % Cu после отжига имеет микроструктуру зерна твердого альфа- раствора меди в алюминии, 1 % Cu) и точечные включения химического соединения CuAl<sub>2</sub>( рис а)



После закалки в воде с 530' С этот сплав имеет микроструктуру зерна твердого альфа- раствора. (перенасыщенного) меди 4 % Cu : в алюминии при нагреве включения CuAl<sub>2</sub> растворились в алюминии и быстрым охлаждением был зафиксирован перенасыщенный твердый альфа-раствор.

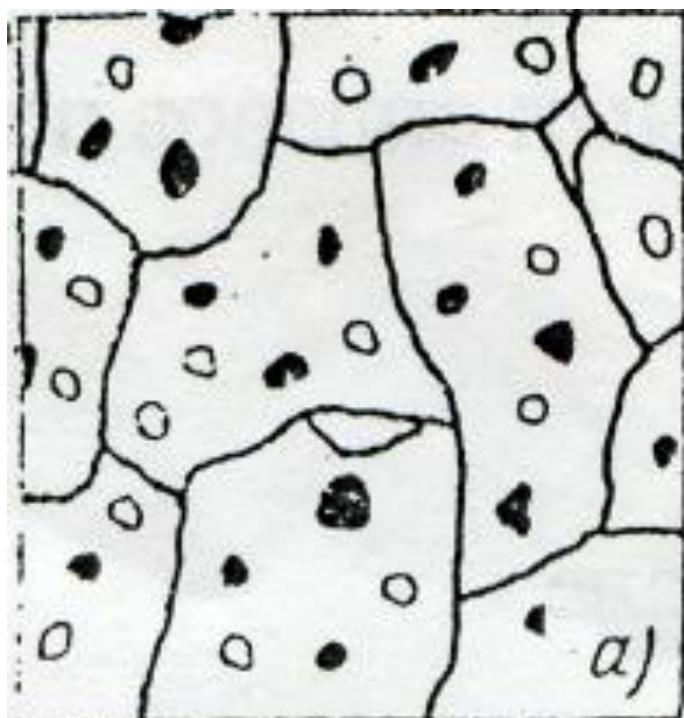
химического соединения: CuAl<sub>2</sub> (рис. в)



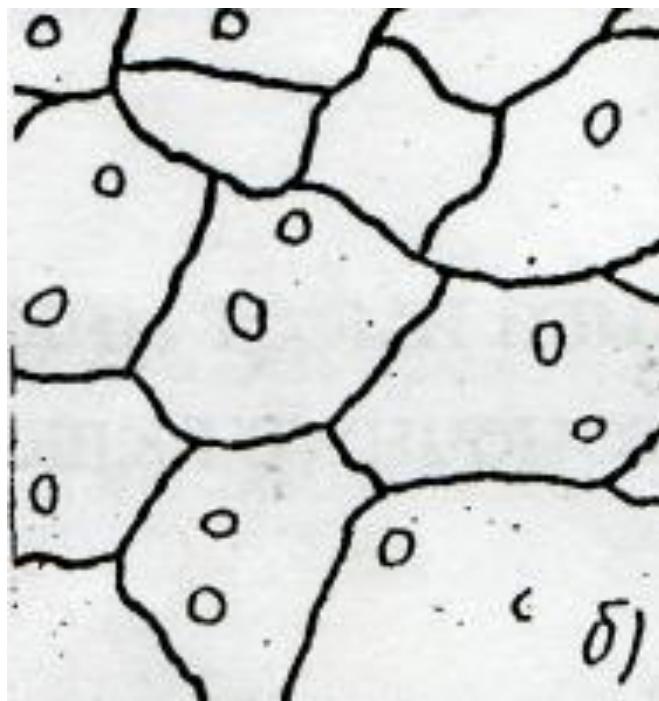
## Микроструктура Дуралюмина

Дуралюмин характеризуется следующим средним составом: 4 % Cu, примерно по 0,5 % Mg, Mn, 0,4% Fe, остальное - алюминий.

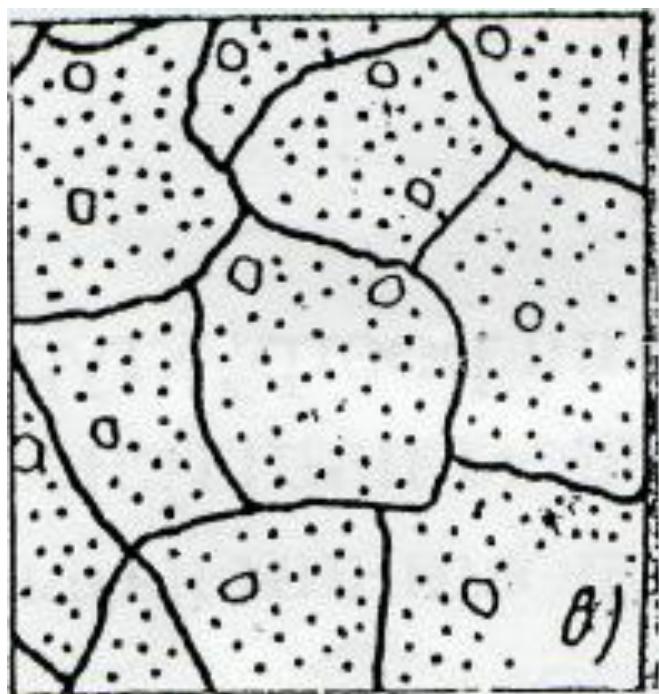
Микроструктура дуралюмина после отжига при 360°C (рис. 2 а) состоит из твёрдого альфа-раствора и включений растворимых (тёмные) и нерастворимых (белые) фаз (железистых и марганцовистых).



Микроструктура дуралюмина после закалки в воде от 510° С (рис. 2 б) состоит из зёрен перенасыщенного твёрдого а - раствора и включений ( белые ), нерастворимых в алюминии при нагреве фаз.



Микроструктура дуралюмина после закалки и искусственного при 250° С - твёрдый а - раствор, точечные мелкодисперсные включения растворимых фаз, выделившихся из твёрдого а - раствора в процессе искусственного старения и включения (белые) нерастворимых фаз. (рис. 2 в)



### **Контрольные вопросы**

1. Классификация алюминиевых сплавов.
2. Состав и маркировка дюралюминиевых сплавов.
3. В каком состоянии дюралюмин имеет максимальную твердость и максимальную пластичность и почему?
4. Виды термической обработки дюралюминов.
5. От чего зависят механические свойства дюралюминов.
6. Виды старения дюралюминия.
7. Назначение алюминиевых сплавов.
8. Способы защиты дюралюминия от коррозии.
9. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочненные термообработкой.
10. Деформируемые алюминиевые сплавы не упрочненные термообработкой

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4 . Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

цель работы;

исходные данные;

ход решения;

ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);

выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

### **Практическое занятие № 12 Расчет режимов резания при точении**

Количество часов – 2 часа

Цель работы: расширение и закрепление теоретических знаний при расчете режимов резания при точении.

Оборудование, материалы, инструменты: учебная литература, задания, нормативные документы по расчетам режимов резания

Задание: рассчитать режим резания при точении.

Теоретическая часть

К элементам режима резания относятся (смотри рисунок 1):

Глубина резания  $t$ , мм, равная припуску на обработку;

Подача  $S$ , мм/об, зависит от глубины резания и от характера обработки (черновая или чистовая);

Скорость резания  $V$ , м/мин, зависит от материала заготовки и инструмента, от стойкости инструмента, от состояния поверхности, от главного угла в плане.

Частота вращения  $n$ , об/мин.

До обработки будущая деталь называется заготовкой; в процессе обработки с заготовки необходимо удалить лишний металл, который называется припуском на обработку.

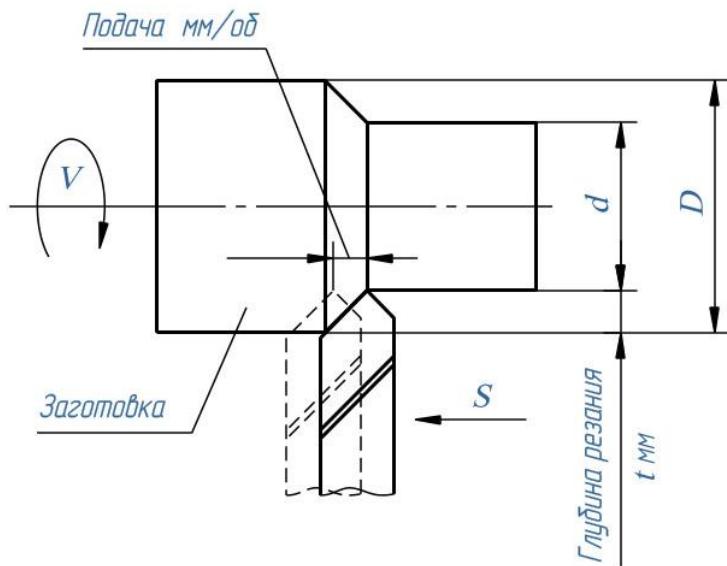


Схема наружного точения (обтачивания)

Методика назначения элементов режима резания

Глубина резания определяется в основном величиной припуска на обработку. Если, например, после токарной обработки необходимо получить валик диаметром 100 мм, а заготовка имеет диаметр 104 мм, то величина припуска (на сторону)

$$t = \frac{D-d}{2},$$

где  $D$  – диаметр поверхности заготовки до обработки, мм;  
 $d$  – диаметр поверхности после обработки, мм.

Припуск на обработку выгодно удалять за один проход, что и делается при черновой (грубой) обработке, когда к качеству обработанной поверхности не предъявляются высоких требований, в этом случае глубина резания  $t$  равна припуску  $h$ . При срезании повышенных припусков или при работе на маломощных станках припуск иногда приходится разбивать на части, делая уже не один проход, а больше.

Подача  $S$  – величина перемещения режущей кромки относительно обработанной поверхности в единицу времени в направлении движения подачи, мм/об. Глубина резания и подача характеризуют процесс в основном с технологической его стороны. Подача обычно назначается из таблиц справочников по режимам резания.

Скорость резания по таблице назначается  $V_{\text{табл}}$  в зависимости от глубины резания  $t$  и подачи  $S$ , м/мин.

Скорость резания – это величина перемещения точки режущей кромки относительно поверхности резания в единицу времени в процессе осуществления движения резания.

$$V = \pi D n / 1000,$$

где  $D$  – диаметр поверхности заготовки до обработки мм;  
 $n$  – частота вращения шпинделя, об/мин.

Частота вращения шпинделя станка (заготовки) определяется по найденной скорости резания:

$$n = 1000 V_t / D \pi \text{ об/мин}$$

Частота вращения шпинделя корректируется по станку: берется ближайшее меньшее или большее, если он не превышает 5%.

При назначении элементов режима резания часто используют таблицы и карты справочников по режимам резания.

Образец решения примера. Определить частоту вращения шпинделя станка при точении заготовки диаметром  $D = 75$  мм на токарном станке со скоростью главного движения резания шпинделя  $V = 205$  м/мин.

**Решение.** Частота вращения шпинделя токарного станка при точении заготовки

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 * 205}{3.14 * 75} = 870,5 \text{ об/мин}$$

#### Методика выполнения задания

1 Изучение учебного материала по данной теме по конспекту лекций и учебнику.

2 Ответить на контрольные вопросы:

Назовите элементы режима резания

3 Выполнение заданий 1,2

#### Задание 1 на практическую работу

Варианты заданий

Номер варианта	$D$ , мм	$V$ , м/мин	Номер варианта	$D$ , мм	$V$ , м/мин
1	100	120	4	64	250
2	62	280	5	55	180
3	70	250	6	200	125

#### Задание 2 на практическую работу

Определить скорость резания, допускаемую режущими свойствами резца, при подрезке торца заготовки диаметром  $D$  мм до диаметра  $d$  мм для заданных условий обработки. Направление подачи – от периферии к центру.

Варианты заданий

№ варианта	$D$ , мм	$d$ , мм	Глубина резания $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об
1	60	56	1	0,26

2	95	70	4	0,7
3	80	76	3	0,52
4	170	110	1,5	0,3
5	110	40	4	0,47
6	125	78	4	0,4

После вычисления величины  $t$  по справочникам определяют табличное значение подачи  $S$  в мм/об. (смотри таблицу 7). В справочных таблицах учтены: вид материала (различные стали, бронза, чугун, титан, алюминиевые сплавы), тип точения (черновое, чистовое), параметры резца и геометрия его подхода к обрабатываемой поверхности. Затем по технологическим таблицам на основании полученных величин  $t$  и  $S$  определяют  $V_t$  — табличное значение скорости резания.

Далее  $V_t$  должна быть скорректирована в соответствии с реальными условиями точения, к которым относят: период стойкости и технические параметры резца, прочностные характеристики материала, физическое состояние обрабатываемых поверхностей, геометрия резания.

Корректировка  $V_t$  осуществляется с помощью группы поправочных коэффициентов:

$$V_{yt} = V_t \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5,$$

где  $V_{yt}$  — уточненная скорость резания;  $K1$  — коэффициент, зависящий от времени работы резца;  $K2, K4$  — коэффициенты, зависящие от технических параметров резца;  $K3$  — коэффициент, зависящий от состояния обрабатываемой поверхности;  $K4$  — коэффициент, зависящий от материала резца;  $K5$  — коэффициент, зависящий от геометрии обработки.

После расчета  $V_{yt}$  вычисляют уточненную скорость вращения шпинделя  $n_{yt}$  по следующей формуле:

$$n_{yt} = 1000 \times V_{yt} / \pi \times D$$

Значение  $n_{yt}$  должно лежать в диапазоне паспортных скоростей главного привода станка, которые приведены в заводской документации токарного оборудования. Если полученная в результате расчетов  $n_{yt}$  не имеет точного соответствия в таблицах станка, то необходимо применить ближайшее самое меньшее число.

### Режимы резания

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ						Приложение 1					
Продольное и поперечное точение и расстачивание						Листов 19	Лист 4				
Обрабатываемый материал	Вид обработки	Мощность станка $N$ , кВт	Диаметр обрабатываемой по верхности $D$ , мм, до	Чистовая обработка							
				$Rz 40...Rz 20$ , 14...12 квалитет		$Rz 40...Rz 20$ , 11 квалитет					
				Глубина резания $t$ , мм, до							
				4...6		1...2					
				$S$ , мм/об	$V$ , м/мин	$S'$ , мм/об	$V'$ , м/мин				
Сталь конструкционная углеродистая	Наружное продольное и поперечное точение	14	300	0,35	118	0,4	236	0,25	196...235		
			350		110		220		220		
			400		101		201		200		
Чугун серый		4,5...14	50	0,25	78...82	0,3	88...100	0,35	108		
			75	0,28	72	0,3	94				
			125	0,35...0,4	78	0,4	98				
			200	0,45	70...78,5	0,45	96				
			400	0,5	78,5...83	0,5					
Медные и алюминиевые сплавы	4,5...10	30...200	0,4	95	0,25	95	0,2	120			
Эбонит			50	0,2...0,3	75...78	0,2...0,3	80	0,15...0,17	120		
			75	0,23...0,3	74						
			125	0,26...0,3	63						
			300	0,3...0,4	59...63						
Примечание. При поперечном точении при отношении диаметров конечной и начальной обработки $d/D=0,5...0,7$ скорости резания принимать с коэффициентом $K=1,2$ .											
Режимы резания приведены для станков с $N_a=4,5..14$ кВт											

Требования к оформлению отчетного материала:

Практические работы сохраняются в личной папке на листах формата А4 . Первый лист должен содержать сведения об исполнителе. Отчет оформляется по специально заданной структуре и предоставляется для оценивания преподавателю в недельный срок со дня выполнения работы.

Отчет о практической работе должен содержать:

цель работы;

исходные данные;

ход решения;

ответы на контрольные вопросы (если таковые имеются);

выводы.

Форма контроля: практическая проверка.

## Самостоятельная работа №1

«Современные физико-химические методы исследования металлов и сплавов.

Неразрушающие методы контроля».

Цель работы: изучить современные физико-химические методы исследования металлов и сплавов. Неразрушающие методы контроля.

Задание:

1. Составить конспект по теме: «Современные физико-химические методы исследования металлов и сплавов. Неразрушающие методы контроля».

1.1. Воспользуйтесь учебной литературой или глобальной сетью интернет для подготовки конспекта.

Конспект – это краткая письменная запись содержания статьи, книги, лекции, предназначенные для последующего восстановления информации с различной степенью полноты.

*Конспект – это систематическая, логически связная запись, объединяющая план, выписки, тезисы или, по крайней мере, два из этих типов записи.*

Исходя из определения, выписки с отдельными пунктами плана, если в целом они не отражают логики произведения, если между отдельными частями записи нет смысловой связи, - это не конспект.

В конспект включаются не только основные положения, но и доводы, их обосновывающие, конкретные факты и примеры, но без их подробного описания.

Конспектирование может осуществляться тремя способами:

- цитирование (полное или частичное) основных положений текста;
- передача основных мыслей текста «своими словами»;
- смешанный вариант.

Все варианты предполагают использование сокращений.

При написании конспекта рекомендуется следующая последовательность:

1. проанализировать содержание каждого фрагмента текста, выделяя относительно самостоятельные по смыслу;
2. выделить из каждой части основную информацию, убрав избыточную;
3. записать всю важную для последующего восстановления информацию своими словами или цитируя, используя сокращения.

Разделяют четыре вида конспектов:

- текстуальный
- плановый
- свободный
- тематический.

Текстуальный (самый простой) состоит из отдельных авторских цитат.

Необходимо только умение выделять фразы, несущие основную смысловую нагрузку.

Это прекрасный источник дословных высказываний автора и приводимых им фактов. Текстуальный конспект используется длительное время. Недостаток: не активизирует резко внимание и память.

Плановый – это конспект отдельных фрагментов материала, соответствующих названиям пунктов предварительно разработанного плана. Он учит последовательно и четко излагать свои мысли, работать над книгой, обобщая содержание ее в формулировках плана. Такой конспект краток, прост и ясен по своей форме. Это делает его незаменимым пособием при быстрой подготовке доклада, выступления.

Недостаток: по прошествии времени с момента написания трудно восстановить в

памяти содержание источника.

Свободный конспект – индивидуальное изложение текста, т.е. отражает авторские мысли через ваше собственное видение. Требуется детальная проработка текста.

Свободный конспект представляет собой сочетание выписок, цитат, иногда тезисов, часть его текста может быть снабжена планом.

Тематический конспект – изложение информации по одной теме из нескольких источников.

Составление тематического конспекта учит работать над темой, всесторонне обдумывая ее, анализируя различные точки зрения на один и тот же вопрос. Таким образом, этот конспект облегчает работу над темой при условии использования нескольких источников.

Как составлять конспект:

1. Определите цель составления конспекта.
2. Записать название конспектируемого произведения (или его части) и его выходные данные, т.е. сделать библиографическое описание документа.
3. Осмыслить основное содержание текста, дважды прочитав его.
4. Читая изучаемый материал в первый раз, подразделяйте его на основные смысловые части, выделяйте главные мысли, выводы.
5. Для составления конспекта составьте план текста – основу конспекта, сформулируйте его пункты и определите, что именно следует включить в конспект для раскрытия каждого из них.
6. Наиболее существенные положения изучаемого материала (тезисы) последовательно и кратко изложите своими словами или приводите в виде цитат, включая конкретные факты и примеры.
7. Составляя конспект, можно отдельные слова и целые предложения писать сокращенно, выписывать только ключевые слова, применять условные обозначения.
8. Чтобы форма конспекта как можно более наглядно отражала его содержание, располагайте абзацы "ступеньками" подобно пунктам и подпунктам плана, применяйте разнообразные способы подчеркивания, используйте карандаши и ручки разного цвета.
9. Используйте реферативный способ изложения (например: "Автор считает...", "раскрывает...").
10. Собственные комментарии, вопросы, раздумья располагайте на полях.

Оформление конспекта:

1. Конспектируя, оставить место (широкие поля) для дополнений, заметок, записи незнакомых терминов и имен, требующих разъяснений.
2. Применять определенную систему подчеркивания, сокращений, условных обозначений.
3. Соблюдать правила цитирования - цитату заключать в кавычки, давать ссылку на источник с указанием страницы.
4. Научитесь пользоваться цветом для выделения тех или иных информативных узлов в тексте. У каждого цвета должно быть строго однозначное, заранее предусмотренное назначение. Например, если вы пользуетесь синими чернилами для записи конспекта, то: красным цветом - подчеркивайте названия тем, пишите наиболее важные формулы; черным - подчеркивайте заголовки подтем, параграфов, и т.д.; зеленым - делайте выписки цитат, нумеруйте формулы и т.д. Для выделения большой части текста используется отчеркивание.

Основные ошибки при составлении конспекта:

1. Слово в слово повторяет тезисы, отсутствует связность при пересказе.
2. Конспект не связан с планом.
3. Многословие (много вводных слов) или чрезмерная краткость, незаконченность основных смысловых положений текста.
4. При передаче содержания текста потеряна авторская особенность текста, его структура.

Основные требования к содержанию опорного конспекта:

1. Полнота – это означает, что в нем должно быть отражено все содержание вопроса.
2. Логически обоснованная последовательность изложения.

Основные требования к форме записи опорного конспекта:

1. Лаконичность. ОК должен быть минимальным, чтобы его можно было воспроизвести за 6 – 8 минут. По объему он должен составлять примерно один полный лист.
2. Структурность. Весь материал должен располагаться малыми логическими блоками, т.е. должен содержать несколько отдельных пунктов, обозначенных номерами или строчными пробелами.
3. Акцентирование. Для лучшего запоминания основного смысла ОК, главную идею ОК выделяют рамками различных цветов, различным шрифтом, различным расположением слов (по вертикали, по диагонали).
4. Унификация. При составлении ОК используются определённые аббревиатуры и условные знаки, часто повторяющиеся в курсе данного предмета (ВОВ, РФ, и др)
5. Автономия. Каждый малый блок (абзац), наряду с логической связью с остальными, должен выражать законченную мысль, должен быть аккуратно оформлен (иметь привлекательный вид).
6. Оригинальность. ОК должен быть оригинален по форме, структуре, графическому исполнению, благодаря чему, он лучше сохраняется в памяти. Он должен быть наглядным и понятным не только Вам, но и преподавателю.
7. Взаимосвязь. Текст ОК должен быть взаимосвязан с текстом учебника, что так же влияет на усвоение материала.

Требования к оформлению отчетного материала:

Оформить конспект в рабочей тетради.

Форма контроля: контроль осуществляется в виде устного опроса.

Ссылки на источники: [1]

## Самостоятельная работа №2

«Диаграммы состояния сплавов образующие неограниченные твердые растворы, ограниченные твердые растворы эвтектического типа, образующие химические соединения».

Количество часов на выполнение: 4 часа.

Цель работы: изучить принцип кристаллизации различных сплавов, научиться определять количество твердой и жидкой фазы.

Требования к оформлению отчетного материала:

Оформить отчет на формате А4.

Форма контроля: защита отчета.

Ссылки на источники: [1]

Методические указания по дисциплине ОП.04 Материаловедение составлены в соответствии с рабочей программой.

**Составитель:**

Чадаева Валентина Васильевна, преподаватель

**Методические указания рассмотрены и рекомендованы к утверждению на заседании цикловой комиссии Монтажа и ремонта промышленного оборудования**

Протокол № 3 от «6» 11 2025 г.  
Председатель ЦК Данилова Т.В. Данилова

**СОГЛАСОВАНО:**

Заместитель декана по учебно-производственной работе

Макогон П.М. Макогон  
«6» 11 2025г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Заместитель декана  
по учебной работе

Чинская И.А. Чинская