

**БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
«ОРЛОВСКИЙ ТЕХНИКУМ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ ИМЕНИ В.А. ЛАПОЧКИНА»**

**КОМПЛЕКТ  
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**ОП. 05 Материаловедение**

**для специальности СПО**

**23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава  
железных дорог**

*Базовая подготовка среднего профессионального образования*

Комплект контрольно-измерительных материалов по учебной дисциплине разработан на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (далее – ФГОС СПО) по специальности

**23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава  
железных дорог**

Организация-разработчик:

Бюджетное профессиональное образовательное учреждение Орловской области «Орловский техникум путей сообщения имени В.А. Лапочкина»

Разработчики:

Корогодина А.Н., председатель предметно-цикловой комиссии  
железнодорожных дисциплин;

Плющ Е.Г., преподаватель

Рассмотрено, одобрено и рекомендовано к использованию на заседании предметно-цикловой комиссии железнодорожных дисциплин.

Протокол № \_10\_ от «\_15\_» \_\_06\_\_ 2021г.

Проверено:

методист

Киселева Е.П.



Согласовано:

зам. директора

Симонова Г.Н.

## 1. Общие положения

Контрольно-измерительные материалы (КИМ) предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины ОП.05 Материаловедение.

КИМ включают контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации в форме **дифференцированного зачета**.

КИМ разработаны на основании:

- ФГОС СПО

23.02.06	<b>Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• программы учебной дисциплины ОП.05 Материаловедение</li></ul>	
<i>наименование дисциплины, дата утверждения</i>	

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ПОДЛЕЖАЩИХ ПРОВЕРКЕ

### 2.1. Профессиональные и общие компетенции, подлежащие проверке при выполнении задания

В результате контроля и оценки по профессиональному модулю осуществляется проверка следующих профессиональных и общих компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.

ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.

ОК 4. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 7. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

ПК 1.1. Проверять взаимодействие узлов локомотива.

ПК 1.2. Производить монтаж, разборку, соединение и регулировку частей ремонтируемого объекта локомотива.

ПК 2.1. Осуществлять приемку и подготовку локомотива к рейсу.

ПК 2.2. Обеспечивать управление локомотивом.

ПК 2.3. Осуществлять контроль работы устройств, узлов и агрегатов локомотива

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

У 1. Выбирать материалы для применения в производственной деятельности;  
**знать:**

З 1. Основные свойства обрабатываемых материалов;

З 2. Свойства и область применения электротехнических, неметаллических и композиционных материалов;

З 3. Виды и свойства топлива, смазочных и защитных материалов

### 2.2.1 Распределение показателей оценки по типам заданий

<i>Коды проверяемых знаний и умений, ОК, ПК (из ФГОС)</i>	<i>Место в структуре МДК</i>	<i>Тип задания</i>
31, У1, ОК2, ОК6	Тема 1.1 Строение свойства и метод испытание металлов и сплавов	Практическая работа №1 (Приложение №7), Практическая работа №2 (Приложение №7).
31	Тема 1.2 Основы теории сплавов	Лабораторная работа №1 (Приложение № 6 )
31, 32, У1, ОК2, ОК6, ПК1.1, ПК1.2	Тема 1.3 Железоуглеродистые сплавы	Лабораторная работа №2, Лабораторная работа №3, Лабораторная работа №4 , Лабораторная работа №5 (Приложение № 6)
31, ПК2.1, ПК 2.2	Тема 1.4. Термическая обработка	Практическая работа №2 (Приложение № 7)
31, ПК2.1, ПК 2.2	Тема 1.5 Цветные металлы	Практическая работа № 3 (Приложение № 7)
31, ПК2.1, ПК 2.2	Тема 1.6 Твердые сплавы и минералокерамические материалы	Практическая работа № 4 (Приложение № 8)
31, ПК2.1, ПК 2.2, ПК 2.3	Тема 1.7 Неметаллические материалы	Практическая работа № 5 (Приложение № 8)
31, ПК2.1, ПК 2.2, ПК 2.3	Тема 1.8 Перспективы развития материаловедения	Устный опрос

### **3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**3.1 Задания для поведения текущего контроля:** тесты, контрольные работы, лабораторные работы, практические работы, опрос.

*Для каждого вида работы расписываются критерии оценки, задания могут быть оформлены в виде приложений под сквозной нумерацией по всему КИИМу*

**3.2 Задания для проведения экзамена**

*(приводится перечень вопросов, практических заданий, и т.д.)*

Форма дифференцированного зачета : проводится в устной форме.

Максимальное время выполнения задания: 6 часов.

Источники информации, разрешённые к использованию на дифференцированного зачета, оборудование: таблицы, схемы.

*Для каждого вида работы расписываются критерии оценки, задания могут быть оформлены в виде приложений под сквозной нумерацией по всему КИИМу*

#### **Оценка освоения учебной дисциплины**

Предметом оценки служат знания и умения, предусмотренные ФГОС СПО по дисциплине ОП.05 Материаловедение и направленные на формирование общих и профессиональных компетенций.

В системе оценки знаний и умений используются следующие критерии:

⇒ **«Отлично»** – за глубокое и полное овладение содержанием учебного материала, в котором студент легко ориентируется, владение понятийным аппаратом за умение связывать теорию с практикой, решать практические задачи, высказывать и обосновывать свои суждения. Отличная отметка предполагает грамотное, логичное изложение ответа (как в устной, так и в письменной форме), качественное внешнее оформление;

⇒ **«Хорошо»** – если студент полно освоил учебный материал, владеет понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, осознанно применяет знания для решения практических задач, грамотно излагает ответ, но содержание и форма ответа имеют некоторые неточности;

⇒ **«Удовлетворительно»** – если студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, в применении знаний для решения практических задач, не умеет доказательно обосновать свои суждения;

⇒ **«Неудовлетворительно»** – если студент имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, искажает их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал, не может применять знания для решения практических задач; за полное незнание и непонимание учебного материала или отказ отвечать.

**Приложение №1.**

**Тест №1 по теме «Строение свойства и метод испытание металлов и сплавов».**

**Инструкция:**

Данная работа проверяет основные понятия темы: почему металлы относятся к металла, строение, химические, физические, механические, технологические свойства металлов, Два варианта. Правильный ответ оценивается в 1 балл. Вся работа оценивается в 7 баллов.

**Критерии оценивания:**

7 баллов – оценка «5»

6 баллов – оценка «4»

5 -4 баллов – оценка «3»

менее 4 баллов – оценка «2».

**Тест №1 по теме «Строение свойства и метод испытание металлов и сплавов».**

**Вариант 1.**

1. Химический элемент, это:
  - a) Материя, состоящая из одинаковых атомов;
  - b) Химическое соединение с кислородом;
  - c) Сплав металлов и неметаллов.
2. К металлам относят химические элементы обладающие:
  - a) Магнетизмом;
  - b) Способностью излучать гамма-лучи;
  - c) Электропроводимостью.
3. К группе благородных металлов относят:
  - a) Не окисляющиеся в природных условиях;
  - b) Металлы, редко встречающиеся в природе;
  - c) Имеющие высокую чистоту поверхности.
4. Электропроводимость металлов обеспечивается наличием:
  - a) Кристаллической решетки;



- b) Сильной межатомной связью;
- c) Свободных электронов.

5. Магнетизмом обладают следующие металлы:

- a) Железо, никель, кобальт;
- b) Алюминий, медь, вольфрам.
- c) Золото, свинец, калий.

6. К механическим свойствам металлам относят:

- a) Теплопроводность;
- b) Прочность;
- c) Магнетизм;
- d) Твердость;
- e) Жаростойкость;
- f) Ударная вязкость;
- g) Пластичность.

7. Сплавы металлов получают с целью:

- a) Получения материала с нужными свойствами;
- b) Использование дешевых материалов;
- c) Снижение себестоимости изделий.

**Тест №1 по теме «Строение свойства и метод испытание металлов и сплавов».**

**Вариант 2**

1. Уровень качества сплава определяется наличием:
  - a) Вредных примесей;
  - b) Олова и вольфрама;
  - c) Углерода.
2. Химическая коррозия металлов обусловлена:
  - a) Наличием воздуха и паров воды;
  - b) Отсутствием ингибиторов;
  - c) Наличием химически активной среды.
3. Химико-термическая обработка металлов связана с процессом:
  - a) Поверхностного насыщения другими элементами;
  - b) Нагревом и быстрым охлаждении в химикатах;
  - c) Химического взаимодействия при высоких температурах.
4. Коррозионная стойкость ряда металлов и сплавов связана:
  - a) Высокой химической инертностью;
  - b) Наличием ферромагнитных свойств;
  - c) Наличием прочной оксидной пленки.
5. Антифрикционные материалы используются в качестве:
  - a) Подшипников скольжения;
  - b) Подшипников качения;
  - c) Износостойкого материала.

6. Обработке давлением подвергаются металлы обладающие:
- a) Достаточной твердостью;
  - b) Достаточной упругостью;
  - c) Достаточной пластичностью.
7. Продукцией прокатного производства являются:
- a) Сортовой прокат;
  - b) Отливки;
  - c) Бандажи.

**Ответы к тесту №1 по теме «Строение свойства и метод испытание металлов и сплавов».**

**Вариант 1.**

- 1 –а.
- 2 –с.
- 3 –а.
- 4 –с.
- 5 –а.
- 6 –с.
- 7 –а.

**Вариант 2.**

- 1 –а.
- 2 –с.
- 3 –а.
- 4 –с.
- 5 –а.
- 6 – с.
- 7 –а

## **Тест № 2 по теме: « Цветные металлы и сплавы»**

### **Инструкция:**

Данная работа проверяет основные понятия темы: цветные металлы и их сплавы, свойства, область применения. Правильный ответ оценивается в 1 балл. Вся работа оценивается в 7 баллов.

### **Критерии оценивания:**

7 баллов – оценка «5»

6 баллов – оценка «4»

5 -4 баллов – оценка «3»

менее 4 баллов – оценка «2».

1. Медную проволоку для изготовления катушек и проводов получают в процессе:
  - a) Волочение;
  - b) Прессования;
  - c) Прокатывания.
2. Латунь – это сплав меди, где основным легирующим элементом является:
  - a) Олово;
  - b) Свинец;
  - c) Цинк.
3. В каких бронзах в качестве легирующего элемента используют цинк:
  - a) Оловянистых;
  - b) Бириллиевых;
  - c) Свинцовистых.
4. Почему алюминий не используют, как конструкционный материал в машиностроении:
  - a) из-за недостаточного количества ;

- б) имеет высокую теплопроводность;
  - с) недостаточные механические свойства.
5. Почему алюминий и его сплавы требуют специальных способов сварки:
- а) наличие прочной оксидной пленки;
  - б) имеет сравнительно не высокую температуру плавления;
  - с) сварочный шов имеет высокую твердость.
6. В какой промышленности используется титан:
- а) пищевой;
  - б) легкой;
  - с) авиа- и ракетостроении.
7. Почему медь используют в электротехнике:
- а) большая проводимость, стойкость к атмосферной коррозии;
  - б) хорошо обрабатывается;
  - с) хорошо намагничивается .

## **Ответы к тесту №2 по теме «Цветные металлы и сплавы»**

### **Вариант 1.**

- 1 –а.
- 2 –с.
- 3 –а.
- 4 –с.
- 5 –а.
- 6 –с.
- 7 –а.

### **Тест №3 по теме «Производство чугуна и стали».**

#### **Инструкция:**

Данная работа проверяет основные понятия темы: чугун, сталь, производство чугуна и стали. Два варианта. Правильный ответ оценивается в 1 балл. Вся работа оценивается в 10 баллов.

#### **Критерии оценивания:**

10 баллов – оценка «5»

9-8 баллов – оценка «4»

7 -5 баллов –оценка «3»

менее 5 баллов –оценка «2».

### **Тест №3 по теме «Производство чугуна и стали».**

#### **Вариант 1.**

1. В чугуне могут содержаться примеси:

- а) углерода;
- б) натрия;
- в) кремния;
- г) кальция;
- д) серы;
- е) фосфора;
- ж) марганца.

2. Печь для выплавки стали называется:

- а) мартеновской;
- б) доменной;
- в) электропечью.

3. Флюс – это

- а) побочный легкоплавкий продукт доменного производства;
- б) источник тепла и исходное вещество для получения угарного газа;
- в) восстановитель оксида железа при выплавке стали;
- г) вещество, переводящее пустую породу в состав легкоплавких соединений.

4. Раскислитель –это

- а) побочный легкоплавкий продукт доменного производства;
- б) источник тепла и исходное вещество для получения угарного газа;
- в) восстановитель оксида железа при выплавке стали;
- г) вещество, переводящее пустую породу в состав легкоплавких соединений.

5. В производстве чугуна используют

- а) воздух;

- б) флюсы;
- в) кислород;
- г) кокс;
- д) углекислый газ;
- е) железные руды;
- ж) стальной металлолом;
- з) природный газ;
- и) раскислители;
- к) шлаки.



## **Тест №2 по теме «Производство чугуна и стали».**

### **Вариант 2.**

1. В стали могут содержаться примеси:
  - а) углерода;
  - б) никеля;
  - в) кремния;
  - г) кальция;
  - д) серы;
  - е) фосфора;
  - ж) марганца.
2. Печь для выплавки чугуна называется
  - а) мартеновской;
  - б) доменной;
  - в) электропечью.
3. Шлак – это
  - а) побочный легкоплавкий продукт доменного производства;
  - б) источник тепла и исходное вещество для получения угарного газа;
  - в) восстановитель оксида железа при выплавке стали;
  - г) вещество, переводящее пустую породу в состав легкоплавких соединений.
4. Кокс – это
  - а) побочный легкоплавкий продукт доменного производства;
  - б) источник тепла и исходное вещество для получения угарного газа;
  - в) восстановитель оксида железа при выплавке стали;
  - г) вещество, переводящее пустую породу в состав легкоплавких соединений.
5. В производстве стали используют
  - а) воздух;
  - б) флюсы;
  - в) кислород;
  - г) кокс;
  - д) углекислый газ;
  - е) железные руды;
  - ж) стальной металлолом;
  - з) природный газ;
  - и) раскислители;
  - к) шлаки.

**Ответы к тесту №2 по теме «Производство чугуна и стали»:**

**Вариант 1.**

1. а,в,д,е,ж.
2. а,в.
3. г.
4. в.
5. а,б,г,е,з.

**Вариант 2.**

1. а,б,ж.
2. б.
3. а.
4. б.
5. б,в,ж,и.

**Проверочная работа №1 по теме «Виды стали, свойства, марки».**

**Инструкция:**

Данная работа проверяет основные понятия темы: маркировка углеродистых и легированных сталей, свойства автоматных, нержавеющей, инструментальных сталей. Два варианта. Задание №1 оценивается в 2 балла, задание №2 – в 2 балла, задание №3 – в 2 балла. Вся работа оценивается в 6 баллов.

**Критерии оценивания:**

6 баллов – оценка «5»

5 баллов – оценка «4»

4-3 баллов – оценка «3»

менее 3 баллов – оценка «2».

**Вариант 1.**

1. Маркировка углеродистых конструкционных сталей.
2. В чем заключается особенность автоматных сталей?
3. Назовите стали и сплавы, обладающие особыми физическими свойствами.

**Вариант 2.**

1. Как маркируют легированные стали?
2. Каков состав коррозионностойких (нержавеющих) сталей?
3. Расскажите о свойствах инструментальных сталей.

## **Ответы к проверочной работе №1 по теме «Виды стали, свойства, марки».**

### **Вариант 1.**

1. Сталь маркируют двузначными числами, которые обозначают содержание углерода в сотых долях процента, и поставляют с гарантированными показателями химического состава и механических свойств. По степени раскисления сталь подразделяют на кипящую (кп), полуспокойную (пс), спокойную (без указания индекса). Буква Г в марках сталей указывает на повышенное содержание марганца (до 1%).
2. Автоматные стали обладают хорошей и повышенной обрабатываемостью резанием. Они предназначены в основном для изготовления деталей массового производства. При обработке таких сталей на станках-автоматах образуется короткая и мелкая стружка, снижается расход режущего инструмента и уменьшается шероховатость обработанных поверхностей.
3. Легированные конструкционные стали - это стали, которые содержат один или несколько легирующих элементов, которые придают им специальные свойства. Легирующие элементы вводят в сталь для повышения ее конструкционной прочности. Виды: цементируемые, улучшаемые, высокопрочные.

## **Ответы к проверочной работе №1 по теме «Виды стали, свойства, марки».**

### **Вариант 2.**

1. Легированные стали – это стали, в состав которых входят специально введенные элементы для придания ей требуемых свойств. Марка легированной качественной стали состоит из сочетания букв и цифр, обозначающих ее химический состав. Легирующие элементы имеют следующие обозначения: хром(Х), никель(Н), марганец(Г), кремний (С), молибден(М), вольфрам (В), титан(Т), алюминий (Ю), ванадий (Ф), медь (Д), бор (Р), кобальт (К), ниобий (Б), цирконий (Ц). Цифра, стоящая после буквы, указывает на содержание легирующего элемента в процентах. Если цифра не указана, то легирующего элемента содержится до 1,5%. Высококачественные легированные стали имеют в конце марки букву А, а особо высококачественные – Ш. Например, сталь марки 95Х18Ш – особо высококачественная, выплавленная методом электрошлакового переплава, содержит 0,9-1,0% углерода; 17-19% хрома; 0,030% фосфора и 0,015% серы.
2. Коррозионностойкой (или нержавеющей) называют сталь, обладающую высокой химической стойкостью в агрессивных средах. Коррозионностойкие стали получают легированием низко- и среднеуглеродистых сталей хромом, никелем, титаном, алюминием, марганцем. Антикоррозионные свойства сталям придают введением в них большого количества хрома или хрома и никеля. Наибольшее распространение получили хромистые и хромоникелевые стали.
3. Инструментальные стали предназначены для изготовления следующих основных групп инструмента: режущего, измерительного и штампов. Обладают высокой твердостью, износостойкостью и теплостойкостью, хорошей прокаливаемостью, большей пластичностью в отожженном

состоянии, значительной прочностью в закаленном состоянии, высокими режущими свойствами.

### **Проверочная работа №2 по теме «Сталь, виды стали».**

#### **Инструкция:**

Данная работа проверяет умение читать марки стали. Три варианта. Правильный ответ оценивается в 1 балл. Вся работа оценивается в 8 баллов.

#### **Критерии оценивания:**

8 баллов – оценка «5»

7 баллов – оценка «4»

6 - 4балла – оценка «3»

менее 4 баллов – оценка «2».

### **Проверочная работа №2 по теме «Сталь, виды стали».**

#### **Вариант 1.**

Расшифруйте:

- 1) Ст0
- 2) Ст4кп
- 3) БСт1сп
- 4) БСт6сп
- 5) ВСт3Гпс
- 6) 15ХА
- 7) 25ХГМ
- 8) 12Х18Н9.

**Проверочная работа №2 по теме «Сталь, виды стали».**

**Вариант 2.**

Расшифруйте:

- 1) Ст1кп
- 2) Ст4пс
- 3) БСт2кп
- 4) ВСт1кп
- 5) ВСт4кп
- 6) 18ХГ
- 7) 20Х2Н4А
- 8) 12Х18Н9Т.

**Проверочная работа №2 по теме «Сталь, виды стали».**

**Вариант 3.**

Расшифруйте:

- 1) Ст1пс
- 2) Ст4сп
- 3) БСт2пс
- 4) ВСт1пс
- 5) ВСт4пс
- 6) 20ХН
- 7) 18Х2Н4МА
- 8) 04Х18Н10.

## **Ответы проверочной работы №2 по теме «Сталь, виды стали».**

### **Вариант 1.**

1. Ст0 – сталь группы А, марки Ст0;
2. Ст4кп – сталь группы А, марки Ст4, кипящая;
3. БСт1сп – сталь группы Б, марки Ст1, спокойная;
4. БСт6сп – сталь группы Б, марки Ст6, спокойная;
5. ВСт3Гпс – сталь группы В, марки Ст3, с повышенным содержанием марганца, полуспокойная;
6. 15ХА – высококачественная легированная сталь, содержит 0,15% углерода, до 1,5% хрома;
7. 25ХГМ – легированная сталь, содержит 0,25% углерода, до 1,5 % хрома, марганца, молибдена;
8. 12Х18Н9. – легированная сталь, содержит 0,12% углерода, 18% хрома, до 9% никеля.

### **Вариант 2.**

1. Ст1кп – сталь группы А, марки Ст1, кипящая;
2. Ст4пс – сталь группы А, марки Ст4, полуспокойная;
3. БСт2кп – сталь группы Б, марки Ст2, кипящая;
4. ВСт1кп – сталь группы В, марки Ст1, кипящая;
5. ВСт4кп – сталь группы В, марки Ст4, кипящая;
6. 18ХГ – легированная сталь, содержит 0,18 % углерода, до 1,5% хрома, марганца;
7. 20Х2Н4А – высококачественная легированная сталь, содержит 0,20% углерода, 2% хрома, 4% никеля;



8. 12X18H9T – легированная сталь, содержит 0,12% углерода, 18% хрома, 9% никеля, до 1,5% титана.

### **Вариант 3.**

1. Ст1пс – сталь группы А, марки Ст1, полуспокойная;
2. Ст4сп – сталь группы А, марки Ст4, спокойная;
3. БСт2пс – сталь группы Б, марки Ст2, полуспокойная;
4. ВСт1пс – сталь группы В, марки Ст1, полуспокойная;
5. ВСт4пс – сталь группы В, марки Ст4, полуспокойная;
6. 20ХН – легированная сталь, содержит 0,20% углерода, до 1,5% хрома, никеля;
7. 18Х2Н4МА – высококачественная легированная сталь, содержит 0,18% углерода, 2% хрома, 4% никеля, до 1,5% молибдена.
8. 04Х18Н10 – легированная сталь, содержит 0,04% углерода, 18% хрома, 10% никеля.

## **Проверочная работа №3 по теме «Цветные металлы и сплавы».**

### **Инструкция:**

Данная работа проверяет умение читать марки цветных металлов и знания свойств цветных сплавов. Шесть вариантов. Задание №1 оценивается в 2 балла, задание №2 – 5 баллов. Вся работа оценивается в 7 баллов.

### **Критерии оценивания:**

7 баллов – оценка «5»

6 баллов – оценка «4»

5 – 4 балла – оценка «3»

менее 4 баллов – оценка «2».

#### **Вариант 1.**

1. Назовите свойства, характерные для титановых сплавов.
2. Расшифруйте: АМцМ, АЛ4, ЛАЖМц-66-6-3-2, П250А, ЛЖМц-57-1,5-0,75.

#### **Вариант 2.**

1. Какими особыми свойствами обладают сплавы меди с никелем?
2. Расшифруйте: АМг2М, АЛ9, БрОЦСНЗ-7-5-1, ПОССу-4-6, ПМЦ-54.

#### **Вариант 3.**

1. Что такое бронзы и как их маркируют?
2. Расшифруйте: АМг2Н, АЛ108, БрОЦС5-5-5, ПОССу-18-2, ПМЦ-48.

#### **Вариант 4.**

1. Как маркируют латуни?
2. Расшифруйте: АМг3М, АЛ8, Л90, ПОССу-40-2, ПМЦ-36.

#### **Вариант 5.**

1. Назовите основные группы медных сплавов?
2. Расшифруйте: АМг5М, Л80, БрАЖ9-4, ПОССу-30-0,5; МцН-48-10.

#### **Вариант 6.**

1. Что такое припои?

2. Расшифруйте: АЛ2, ЛМцЖ55-3-1, БрАМц 10-2, ПОС-61, ПМЦ-48.

**Ответы проверочной работы №3 по теме «Цветные металлы и сплавы».**

**Вариант 1.**

1. Высокие механические свойства, коррозионная стойкость с малой плотностью, сплавы хорошо поддаются горячей и холодной обработке давлением, обработке резанием, имеют удовлетворительные литейные свойства, хорошо свариваются в среде инертных газов. Сплавы удовлетворительно работают при температурах до 350-500.

2. АМцМ – сплав алюминия с марганцем, отожженный сплав,

АЛ4 – алюминиевый литейный сплав, марки 4, содержит кремний;

ЛАЖМц-66-6-3-2 – алюминий-железо-марганцовистая латунь, содержащая 66% меди, 6% алюминия, 3% железа, 2% марганца, остальное цинк;

П250А – оловянно-свинцовый припой, 80% олово, 20% цинк;

ЛЖМц-57-1,5-0,75 – медно-цинковый припой, 57% медь, 1% марганец, 1% железо, остальное цинк.

**Вариант 2.**

1. Медно-никелевые сплавы – это сплавы на основе меди, в которых основным легирующим компонентом является никель. К ним относятся константан, нейзильбер, мельхиор, копель, манганин.

2. АМг2М – сплав алюминия магнием и марганцем, марка 2, отожженный сплав.

АЛ9 – литейный алюминиевый сплав с кремнием, номер сплава 9.

БрОЦСНЗ-7-5-1 – бронза содержит олово 3%, цинка 7%, свинец 5%, никель 1%, остальное медь (84%).

ПОССу-4-6 – припой: олово 4%, сурьма 6%, остальное свинец (90%).

ПМЦ-54 – медно-цинковый припой: 54% меди, остальное цинк.

**Вариант 3.**

1.Бронзы – это сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием, марганцем, свинцом, бериллием. Бронзы маркируют буквами Бр, правее ставят элементы, входящие в бронзу: О – олово, Ц – цинк, С свинец,, А – алюминий, Ж- железо, , Мц – марганец. Затем ставят цифры, обозначающие среднее содержание элементов в процентах, цифру, обозначающую содержание меди в бронзе не ставят.

2.АМг2Н – сплав алюминия с магнием и марганцем, номер сплава 2, нагартованный.

АЛ108 – алюминиевый сплав, номер 108.

БрОЦС 5-5-5 – бронза содержит олова, цинка, свинца по 5%, остальное медь (85%).

ПОССу 18-2- припой: олово 18%, сурьма 2%, остальное свинец 80%.

ПМЦ 48 – медно-цинковый припой: 48% медь, остальное цинк 52%.

#### **Вариант 4.**

1.Сплав обозначают начальной буквой Л – латунь. Затем следуют первые буквы основных элементов образующих сплавов: Ц –цинк, О- олово, Мц – марганец, Ж – железо, Ф – фосфор, Б – бериллий.

2.АМг3М – сплав алюминия с магнием и марганцем, номер 3, отожженный.

АЛ8 – алюминиевый сплав с магнием, номер8.

Л90 - латунь (томпак)

ПОССу-40-2 – припой: олово40%, сурьма 2%, остальное 58% свинец.

ПМЦ-36 – медно-цинковый припой: 36 % медь, остальное цинк 64%.

#### **Вариант 5.**

1.Основные группы медных сплавов: латуни, бронзы, сплавы меди с никелем.

2. АМг5М – сплав алюминия с магнием и марганцем, номер 5, отожженный.

Л80 – простая латунь (полутомпак).

БрАЖ9-4 – бронза: алюминий 9%, железо 4%, остальное медь 87%.

ПОССу-30-0,5 – припой: олово 30%, сурьма 0,5%, остальное свинец 69,5%.

МцН-48-10 – припой: 48% медь, никель 10%, остальное цинк 42%.

### **Вариант 6.**

1. Припой – это металлы или сплавы, используемые при пайке в качестве связки между соединяемыми деталями. Припои имеют более низкую температуру плавления, чем соединяемые металлы.

2. АЛ2 – алюминиевый литейный сплав, номер 2.

ЛМцЖ55-3-1 – железомарганцовистая латунь, содержащая 55% меди, 3% марганца, 1% железа, остальное цинк 41%.

БрАМц 10-2

ПОС-61 – оловянно-свинцовый припой: 60% олово, свинец 40%.

ПМЦ-48 – медно-цинковый припой: 48% медь, остальное цинк 52%.

БрАМц 10-2 – бронза : алюминий 10%, марганец 2%, остальное медь 88%.

**Опрос №1 по теме «Строение, свойства и методы испытания металлов и сплавов».**

**Контрольные вопросы:**

1. Обрабатываемость деталей и изделий на токарных станках.
2. Обрабатываемость деталей и изделий на токарно-карусельных станках.
3. Обрабатываемость деталей и изделий на расточных станках.
4. Обрабатываемость деталей на токарно-револьверных станках.

## **Ответы на контрольные вопросы по теме «Строение, свойства и методы испытания металлов и сплавов».**

1. Токарный станок предназначен для обработки заготовки из металлов и других материалов в виде тел вращения. На токарном станке производят точение поверхностей, нарезание резьб, сверление, зенкерование, зенкерование и развертывание. Главное движение (вращательное) осуществляется заготовкой, движение подачи (поступательное) – режущим инструментом. Различают токарные станки винторезные, revolverные, карусельные, многорезцовые, центrovально-отрезные и специализированные.
2. Карусельный станок, металлорежущий станок токарной группы с вертикальным расположением шпинделя для обработки крупных заготовок. Карусельная печь для нагрева перед ковкой мелких металлических заготовок, которые располагаются на дисковом вращающемся поду.
3. Расточный станок, металлорежущий станок для обработки (расточивания) вращающимся режущим инструментом предварительно полученных отверстий. Иногда используется для обтачивания торцов деталей, фрезерования плоскостей и т.п. Различают горизонтально-расточные, координатно-расточные и алмазно-расточные станки.
4. Токарно-revolverный станок. металлорежущий станок, обычно токарной группы, с revolverной головкой (вертикальной, горизонтальной или наклонной); иногда применяются сверлильные revolverные станки. Revolverная головка, барабан или диск, узел металлорежущего станка (revolverного, карусельного и др.), в гнездах которого закрепляются параллельно или перпендикулярно оси поворота revolverной головки несколько режущих инструментов, оптических систем и т.д., перемещающихся при повороте.

## **Опрос №2 по теме «Основы теории сплавов».**

### **Контрольные вопросы:**

- 1) Что такое металлические сплавы? Приведите примеры сплавов.
- 2) Дайте определение фазы.
- 3) Что изображают диаграммы состояния сплавов?
- 4) Что называют чугуном и сталью?
- 5) Какие превращения в сплавах происходят при первичной кристаллизации?
- 6) Что такое вторичная кристаллизация?
- 7) В чем особенности стали, содержащей 0,8% углерода, и чугуна, содержащего 4,3 % углерода?
- 8) В чем заключается практическое значение диаграммы железо-цементит?



## **Ответы на контрольные вопросы по теме «Основы теории сплавов»:**

- 1) Металлическим сплавом называют сложное вещество, полученное сплавлением (или спеканием) нескольких металлов или металлов с неметаллами. Например, мягкая медь с добавлением олова превращается в более твердую бронзу. При этом улучшаются эксплуатационные и технологические свойства металлического материала. Примеры: латунь, бронза, чугун, сталь.
- 2) Фазой называют однородную часть системы, имеющую одинаковый состав одно и то же агрегатное состояние и отделенную от остальных частей системы поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав или структура вещества изменяются скачкообразно. Совокупность фаз, находящихся в равновесии при определенных внешних условиях (давлении, температуре), называют системой. Например, однородная жидкость (расплавленный металл) является однофазной системой, при кристаллизации чистого металла система состоит из двух фаз: жидкой (расплавленный металл) и твердой (зерна закристаллизовавшегося металла).
- 3) Диаграммы состояния представляют собой графическое изображение фазового состояния сплавов в зависимости от температуры и концентрации компонентов. Диаграммы состояния строят для условий равновесия, т.е. такого состояния сплава, которое достигается при очень малых скоростях охлаждения или длительном нагреве. В большинстве случаев сплавы находятся в метастабильном состоянии, т.е. в состоянии с ограниченной устойчивостью.
- 4) Сплавы с содержанием углерода до 2,14 % называют сталью, а от 2,14% до 6,67% - чугуном.
- 5) Первичная кристаллизация – это затверждение жидкого сплава, которое начинается при температурах, соответствующих линии ликвидуса АСД. В результате первичной кристаллизации во всех сплавах с содержанием углерода до 2,14%, т.е. в сталях, образуется однофазная структура – аустенит. В сплавах с содержанием

углерода более 2,14%, т.е. в чугунах, при первичной кристаллизации образуется эвтектика ледебурита.

- 6) Вторичная кристаллизация - превращение в твердом состоянии происходят вследствие перехода железа из одной аллотропической модификации в другую и в связи с изменением растворимости углерода в аустените и феррите.
- 7) Сталь, содержащую 0,8% углерода, называют эвтектоидной. Стали, содержащие от 0,02% до 0,8% углерода, называют доэвтектоидными, а от 0,8 до 2,14% углерода – заэвтектоидными. Белый чугун, содержащий 4,3% углерода, называют эвтектическим.
- 8) Диаграмма состояния железо - цементит имеет большое практическое значение. Ее применяют для определения тепловых режимов термической обработки и горячей обработки давлением (ковка, горячая штамповка, прокатка) железоуглеродистых сплавов. Ее используют также в литейном производстве для определения температуры плавления, что необходимо для назначения режима заливки жидкого железоуглеродистого сплава в литейные формы.

### **Опрос №3 по теме «Термическая обработка».**

#### **Контрольные вопросы:**

- 1) Расскажите о превращениях, происходящих в стали при ее нагреве и охлаждении.
- 2) Что представляет собой мартенситная структура закаленной стали?
- 3) Назовите основные виды термической обработки.
- 4) Дайте определение закаливаемости и прокаливаемости стали.
- 5) Перечислите основные дефекты термической обработки.
- 6) Расскажите о термомеханической обработке стали.
- 7) В чем сущность химико-термической обработки стали?

## **Ответы на контрольные вопросы по теме «Термическая обработка»:**

1. Нагрев стали при термической обработке используют для получения аустенита. Структура доэвтектоидной стали при нагреве ее до критической точки  $A_{C1}$  состоит из зерен перлита и феррита. В точке  $A_{C1}$  происходит превращение перлита в мелкозернистый аустенит. При дальнейшем нагреве избыточный феррит растворяется в аустените и превращения заканчиваются. Таким же образом происходят превращения при нагреве заэвтектоидной стали, но с той лишь разницей, что при дальнейшем повышении температуры от точки  $A_{C1}$  до точки  $A_{cm}$  в аустените начинает растворяться избыточный цементит (вторичный). Дальнейший нагрев стали или увеличение выдержки приводит к росту аустенитного зерна. При нагревании стали до  $930^{\circ}\text{C}$  в углеродсодержащей смеси и выдержке при данной температуре в течение 8 ч поверхностный слой ее насыщается углеродом из аустенита выделяется избыточный цементит, который располагается по границам зерен аустенита в виде сетки.

При охлаждении стали, предварительно нагретой до аустенитного состояния, аустенит становится неустойчивым – начинается его превращение. Такое превращение может начаться только лишь при некотором переохлаждении аустенита. Для случая эвтектоидной углеродистой стали аустенит превратится в перлит, т.е. в механическую смесь феррита и цементита. При этом, с одной стороны, чем ниже температура превращения, тем больше переохлаждение и тем быстрее будет происходить превращение аустенита в перлит. С другой стороны, это превращение сопровождается диффузионным перераспределением углерода и чем ниже температура переохлаждения, тем медленнее протекает процесс диффузии, что в свою очередь замедляет превращение аустенита в перлит.

2. Мартенсит является основной структурой закаленной стали. Он имеет высокую твердость, зависящую от содержания углерода в стали. Чем больше содержится углерода в мартенсите, тем выше твердость стали. Мартенсит имеет характерное игольчатое строение, чем мельче зерна аустенита, тем мельче получаются иглы мартенсита, такая структура характерна для правильно закаленной стали.

3.Термической обработкой называют технологические процессы теплового воздействия, состоящие из нагрева, выдержки и охлаждения металлических изделий по определенным режимам с целью изменения структуры и свойств сплава.

4.Закалка – это процесс термической обработки, при которой сталь нагревают до оптимальной температуры, выдерживают при этой температуре и затем быстро охлаждают с целью получения неравновесной структуры. В результате закалки повышается прочность и твердость и понижается пластичность конструкционных и инструментальных сталей и сплавов. В качестве закалочных сред используют воду, водные растворы солей, щелочей, масло и расплавленные соли, имеющие различную охлаждающую способность. Закаливаемость – это способность стали приобретать максимально высокую твердость после закалки. Закаливаемость зависит главным образом от содержания углерода в стали: чем больше углерода, тем выше твердость. Прокаливаемость – это глубина проникновения закаленной зоны, т.е. способность стали закаливаться на определенную глубину. Прокаливаемость зависит от химического состава стали, размеров деталей и условий охлаждения.

5.Дефекты термической обработки: дефекты окисления, обезуглероживание, перегрев и пережог металла. Дефекты при закалке: закалочные трещины, деформация и коробление деталей, мягкие пятна, низкая твердость, перегрев, недогрев.

6.Термомеханическая обработка (ТМО) – метод упрочнения стали при сохранении достаточной пластичности, совмещающий пластическую деформацию и упрочняющую термическую обработку (закалку и отпуск). При ТМО деформации подвергают сталь в аустенитном состоянии, а при последующем быстром охлаждении формирование структуры закаленной стали (мартенсита) происходит в условиях наклепа аустенита, в связи с чем и повышаются механические свойства стали. При термомеханической обработке стали повышение прочности объясняется тем, что в результате деформации аустенита происходит дробление его зерен. При последующей закалке из такого аустенита образуются более мелкие пластинки мартенсита, что положительно сказывается на пластических свойствах и вязкости стали.

7.Химико-термическая обработка – это процесс химического и термического воздействия на поверхностный слой стали с целью изменения состава,

структуры и свойств. Химико-термическая обработка повышает твердость поверхности стали, ее износостойкость, коррозионную стойкость, кислотоустойчивость и другие свойства. Химико-термическая обработка основана на диффузии атомов различных химических элементов в кристаллическую решетку железа при нагреве в среде, содержащей эти элементы, она состоит из трех процессов: диссоциации, абсорбции, диффузии. Наиболее распространенными видами химико-термической обработки является цементация (насыщение поверхностного слоя углеродом), цианирование (углеродом и азотом), борирование (бором), алитирование (алюминием).

**Задания дифференцированного зачета по предмету «Материаловедения»**  
**Инструкция.**

Дифференцированный зачет проводится в виде письменной работы, рассчитанной на 45 минут. Это 3 варианта, в каждом варианте 5 вопросов. Проверяются следующие темы курса: «Строение и свойства металлов», «Основы теории сплавов», «Железоуглеродистые сплавы», «Углеродистые и легированные стали», «Основы термической обработки», «Цветные металлы и сплавы», «Неметаллические материалы». Ответы должны быть полными и развернутыми.

**Вариант №1.**

- 1.Расскажите о кристаллизации металлов.
2. Чугуны, основные виды, маркировка, применение.
3. Назовите основные виды термической обработки.
4. Латунь, виды, маркировка.
5. Дать определение пластмассам и каковы их основные свойства?

**Вариант №2.**

- 1.Дать определение аллотропии металлов?
- 2.Стали, основные виды, маркировка, применение.
3. Термомеханическая обработка стали.
- 4.Бронза, виды, маркировка
5. Дать определение - резина и каковы ее свойства?

**Вариант №3.**

- 1.Какими методами изучают строение металлов?
2. Перечислите технологические свойства металлов.
3. В чем сущность химико-термической обработки стали.
4. Припои, виды, маркировка.
- 5.Лакокрасочные материалы, области применения.

## **Ответы заданий дифференцированного зачета по предмету «Основы материаловедения»**

### **Вариант 1.**

1. Переход из жидкого состояния в твердое (кристаллическое) называют кристаллизацией. Процессы кристаллизации зависят от температуры и протекают во времени, поэтому кривые охлаждения строятся в координатах температура – время. Процесс кристаллизации состоит из двух стадий: зарождения кристаллов (зародышей или центров кристаллизации) и роста кристаллов из этих центров. На образование центров кристаллизации влияет и скорость охлаждения. Чем выше скорость охлаждения, тем больше возникает центров кристаллизации и, следовательно, мельче зерно металла.

2. Чугун – это сплав железа с углеродом более 2,14%, кремнием, марганцем, серой и фосфором. Передельный чугун используют для передела на сталь. Литейный чугун предназначен для производства фасонных отливок способами литья на машиностроительных заводах, имеет повышенное содержание кремния (до 2,75-3,25%). Ферросплавы – сплавы железа с повышенным содержанием марганца, кремния, ванадия, титана и других металлов. Их применяют для раскисления и производства легированных сталей. Белые чугуны очень твердые и хрупкие, плохо обрабатываются режущим инструментом, идут на переплавку в сталь. Серые чугуны – это литейный чугун. Высокопрочный чугун применяют для изготовления деталей машин, работающих в тяжелых условиях, детали прокатных станов, паровых турбин, тракторов, автомобилей. Ковкий чугун применяют в автомобильной, сельскохозяйственном и текстильном машиностроении.

3. Термической обработкой называют технологические процессы теплового воздействия, состоящие из нагрева, выдержки и охлаждения металлических изделий по определенным режимам с целью изменения структуры и свойств сплава. Отжиг – это процесс термической обработки, состоящий в нагреве стали до определенной температуры, выдержке при ней и последующем медленном охлаждении с целью получения более равновесной структуры. Нормализация – термическая операция, при которой сталь нагревают до температуры на 30-50<sup>0</sup> С выше критических точек, затем выдерживают при этой температуре и охлаждают на спокойном воздухе. Закалка – это процесс термической обработке, при которой сталь нагревают до оптимальной температуры, выдерживают при этой температуре и затем быстро охлаждают



с целью получения неравновесной структуры. Отпуск – процесс термической обработки, состоящий в нагреве закаленной стали до температуры ниже критической точки, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении.

4. Латунь – это двойные или многокомпонентные сплавы на основе меди, в которых основным легирующим элементом является цинк. Сплав обозначают начальной буквой Л – латунь. Затем следуют первые буквы основных элементов образующих сплавов: Ц – цинк, О – олово, Мц – марганец, Ж – железо, Ф – фосфор, Б – бериллий. Латуни поставляют в виде полуфабрикатов – проволоки, прутков, лент, полос, листов, труб и других видов прокатных и прессованных изделий. Латуни широко применяют в общем и химическом машиностроении.

5. Пластические массы (пластмассы) – неметаллические композиционные материалы на основе полимеров (смол), способные под влиянием нагревания и давления формироваться в изделия и устойчиво сохранять в результате охлаждения или отверждения приданную им форму. Для пластмасс характерны малая плотность, высокая устойчивость против коррозии, в большинстве случаев низкий коэффициент трения, высокие электроизоляционные, теплоизоляционные и демпфирующие свойства, декоративность. Недостатки: низкие теплостойкость и теплопроводность, гигроскопичность, склонность к старению и снижению прочностных свойств под воздействием температуры, времени и различных сред.

## **Вариант 2.**

1. Аллотропией, или полиморфизмом, называют способность металла в твердом состоянии иметь различные кристаллические формы. Аллотропические превращения имеют многие металлы: железо, олово, титан и др. При аллотропических превращениях происходит изменение свойств металлов – изменение объема металлов (особенно характерно для олова) и растворимости углерода (характерно для железа).

2. Сталь – это сплав железа с содержанием углерода до 2,14%. Стали классифицируют по химическому составу, назначению, качеству, степени раскисления и структуре. По химическому составу: углеродистая и легированная. По назначению: конструкционные, инструментальные, стали специального назначения. По качеству: обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особовысококачественные. По степени

раскисления: спокойные стали, кипящие, полуспокойные стали. Сталь маркируют двузначными числами, которые обозначают содержание углерода в сотых долях процента, и поставляют с гарантированными показателями химического состава и механических свойств. По степени раскисления сталь подразделяют на: кипящую (кп), полуспокойную (пс), спокойную (без указания индекса). Буква Г в марках сталей указывает на повышенное содержание марганца (до 1%). Широко применяют в машино- и приборостроении, строительстве, а также для изготовления различных инструментов.

3. Термомеханическая обработка (ТМО) – метод упрочнения стали при сохранении достаточной пластичности, совмещающий пластическую деформацию и упрочняющую термическую обработку (закалку и отпуск). При ТМО деформации подвергают сталь в аустенитном состоянии, а при последующем быстром охлаждении формирование структуры закаленной стали (мартенсита) происходит в условиях наклепа аустенита, в связи с чем и повышаются механические свойства стали. При термомеханической обработке стали повышение прочности объясняется тем, что в результате деформации аустенита происходит дробление его зерен. При последующей закалке из такого аустенита образуются более мелкие пластинки мартенсита, что положительно сказывается на пластических свойствах и вязкости стали.

4. Бронзы – это сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием, марганцем, свинцом, бериллием. Бронзы маркируют буквами Бр, правее ставят элементы, входящие в бронзу: О – олово, Ц – цинк, С – свинец, А – алюминий, Ж – железо, Мц – марганец. Затем ставят цифры, обозначающие среднее содержание элементов в процентах, цифру, обозначающую содержание меди в бронзе не ставят. Виды: оловянные, алюминиевые, марганцовистые, свинцовистые, бериллиевые, кремнистые.

5. Резина – продукт химического превращения (вулканизации) синтетического и натурального каучуков. Резина обладает высокой эластичностью, что позволяет изделиям из нее выдерживать значительные деформации. Эластичность сочетается с высоким сопротивлением разрыву, истиранию, способностью поглощать колебания, газо- и водонепроницаемостью, химической стойкостью и ценными диэлектрическими свойствами.

### **Вариант 3.**

1. Методы изучения металлов: макро- и микроанализа, рентгеновского, а также дефектоскопии (рентгеновской, магнитной, ультразвуковой). Методом макроанализа изучается макроструктура, т.е. структура, видимая невооруженным глазом или с помощью лупы, при этом, при этом выявляются крупные дефекты: трещины, усадочные раковины, газовые пузыри, а также неравномерность распределения примесей в металле. Микроанализ выявляет структуру металла или сплава по микрошлифам, подготовленным так же, как и для макроанализа, но дополнительно отполированным до зеркального блеска. С помощью рентгеновского анализа изучают атомную структуру металлов, типы и параметры кристаллических решеток, а также дефекты, лежащие в глубине. Этот метод, основан на дифракции рентгеновских лучей (гамма-лучей) рядами атомов кристаллической решетки, позволяет обнаружить дефекты (пористость, трещины, газовые пузыри), не разрушая металл. Магнитным методом исследуют дефекты в магнитных металлах на глубине до 2мм. Ультразвуковым методом осуществляется эффективный контроль качества металла изделий и заготовок практических любых размеров.

2. Технологические свойства металлов: обрабатываемость резанием, свариваемость, ковкость, литейные свойства, жидко-текучесть, усадка, ликвация.

3. Химико-термическая обработка – это процесс химического и термического воздействия на поверхностный слой стали с целью изменения состава, структуры и свойств. Химико-термическая обработка повышает твердость поверхности стали, ее износостойкость, коррозионную стойкость, кислотоустойчивость и другие свойства. Химико-термическая обработка основана на диффузии атомов различных химических элементов в кристаллическую решетку железа при нагреве в среде, содержащей эти элементы, она состоит из трех процессов: диссоциации, абсорбции, диффузии. Наиболее распространенными видами химико-термической обработки является цементация (насыщение поверхностного слоя углеродом), цианирование (углеродом и азотом), борирование (бором), алитирование (алюминием).

4. Припой – это металлы или сплавы, используемые при пайке в качестве связки между соединяемыми деталями. Припои имеют более низкую температуру плавления, чем соединяемые металлы. Виды: оловянно-свинцовые, оловянные, медно-цинковые. Обозначают буквой П, состав О –

олово, С – свинец, Су – сурьма, цифры в конце марки процентное содержание.

5.Лакокрасочные покрытия применяют для защиты металлических и неметаллических изделий и конструкций от разрушающего воздействия (коррозии и гниения) внешней среды, а также для электро-изоляции и декоративной отделки поверхностей. Они дешевле и часто более долговечны, чем другие виды защитных покрытий. Различают три основных вида лакокрасочных материалов: масляные краски, лаки, эмали. Масляные краски – это суспензии, приготовленные тщательным растиранием минеральных или органических пигментов в маслах, которые служат пленкообразователями. Лаки – это растворы естественных или синтетических смол в различных растворителях. Эмалевые краски ( или эмали) – это растворы лаков в органических растворителях с добавкой пигментов.

**Требования к выполнению, оформлению лабораторных работ,  
критерии оценок.**

Целью лабораторных работ является углубление и закрепление знаний, полученных на теоретических занятиях по основам материаловедения. Лабораторные работы формируют и развивают умения подбирать материалы по их назначению, условиям эксплуатации, применять их при выполнении работ, а также прививают практические навыки исследования, расчета и контроля.

Содержание лабораторной работы составляют:

- тема работы;
- цель работы;
- рекомендации для выполнения работы;
- перечень используемых материалов, инструментов, оборудования;
- порядок выполнения работы;
- вывод о проделанной работе.

**Правила допуска студентов к лабораторным работам**

Перед тем как приступить к выполнению лабораторной работы, студент должен:

1. Пройти инструктаж по технике безопасности.
2. Усвоить краткие теоретические сведения по теме.
3. Усвоить методику выполнения работы, а также способы представления полученных данных.

Студенты, не выполнившие лабораторные работы, к аттестации по завершению учебной дисциплины, не допускаются.

**Правила по технике безопасности для студентов при проведении лабораторных работ**

1. Лабораторные работы проводятся под наблюдением преподавателя. К выполнению лабораторных работ студенты допускаются только после прослушивания инструктажа по технике безопасности и противопожарным мерам. После инструктажа каждый студент расписывается в специальном журнале или бланке.

2. Все лабораторные работы проводятся за партами учебного кабинета. Студентам не разрешается без уважительной причины отлучаться из кабинета до полного окончания лабораторных работ.
3. На рабочем месте должны находиться только необходимые для работы материалы и инструменты.
4. Необходимо следить за чистотой рабочего места.
5. После завершения работы студенты обязаны собрать инструменты, материалы, методические пособия и сдать их преподавателю, убрать рабочее место. В случае потери пособий, порчи материальных ценностей кабинета обучающиеся несут материальную ответственность за них.
6. При нарушении требований техники безопасности студент отстраняется от дальнейшего выполнения лабораторной работы. Если действия студента не привели к серьезным последствиям, то он может быть вновь допущен к лабораторным занятиям лишь после повторного инструктажа.

### **Правила выполнения лабораторных работ**

1. К выполнению лабораторных работ студенты допускаются после проведения инструктажа по технике безопасности. Студент несет материальную ответственность за поломки и повреждения, возникшие по его вине.
2. К работе допускаются студенты, усвоившие теоретический материал, методику выполнения работы на лабораторных занятиях.
3. Лабораторные работы выполняются каждым самостоятельно.

### **Правила оформления лабораторных работ**

Студенты выполняют лабораторные работы в специальных тетрадях в клетку 18 листов.

Общий план оформления лабораторных работ:

- указывают тему и цель данной работы;
- указывают рекомендации для выполнения работы;
- приводят список используемых материалов, инструментов, оборудования;
- оформляют работу, ориентируясь на порядок выполнения работы, или заполняют таблицу;
- показывают наиболее важные для понимания сущности работы рисунки;
- делают выводы по работе.

### **Критерии оценки лабораторных работ**

Лабораторная работа считается выполненной, если студент набрал проходной балл, который составляет половину максимального количества баллов.

Для оценивания работы прилагается эталон и шкала оценок.

**Оценка «5»** ставится в том случае, если студент:

- выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности;
- самостоятельно и рационально подбирает необходимые материалы, инструменты; выполняет задания в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования безопасности труда;
- в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки.

**Оценка «4»** - выполнены требования к оценке «5», но допущены недочеты и негрубые ошибки.

**Оценка «3»** - результат выполненной части таков, что позволяет получить правильные выводы. Но в ходе выполнения заданий были допущены ошибки.

**Оценка «2»** - результаты не позволяют сделать правильных выводов, задания выполнялись неправильно.

**Оценка «1»** - студент совсем не выполнил работу.

Во всех случаях оценка снижается, если студент не соблюдает требования безопасности труда.

## **Лабораторная работа №1 «Коррозия металлов. Способы защиты».**

Цель: 1. Изучение коррозионной устойчивости окисных пленок.

2. Измерить защитное действие и ингибиторный эффект уротропина и желатина.

Приборы и реактивы: стальные пластинки, 0,1 М раствор  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , раствор для оксидирования, 4 М раствор  $\text{HCl}$ , уротропин, гидрозоль желатина, спирт, ацетон.

Ход работы.

1. Защитные оксидные пленки и их испытание.

Стальную пластинку тщательно очистил наждачной бумагой, Нагрел один конец пластинки. По мере нагревания пластинки на ней появляются цвета побежалости. После этого пластинку снял с огня и охладил.

На охлажденную пластинку по длине пластинки нанёс по капле раствора медного купороса. По скорости появления медного налета судил о защитных свойствах различных участков оксидной пленки, образующейся на металле.

2. Оксидирование.

Нагрел приготовленный для оксидирования раствор до кипения и опустил в него стальные пластинки на 20 - 30 минут пока они не приобретут красивый черный цвет с синеватым оттенком, после этого вынул пластинки из раствора, тщательно промыл их.

Сравнил защитные свойства оксидированных пластинок с пластинками неоксидированными, для чего поместил на поверхность пластинок по капле раствора медного купороса и отметил время появления медного пятна.

3. Защитные свойства ингибиторов кислотной коррозии.



В три стакана налил по 80 мл. раствора кислоты. В первый стакан добавил 1 г. Уротропина, в следующий 2 г. желатина, а третий стакан оставил для контроля. Растворы в стаканах тщательно размешал стеклянной полочкой и поместил стаканы в термостат. После того как температура в стаканах достигнет 60°C, в них на крючках поместил пластинки из стали, предварительно вычищенные до блеска наждачной бумагой, вытертые ватой, смоченной ацетоном и взвешенные на аналитических весах.

Через 3 часа пластинки извлек из растворов, промыл водой, протер ацетоном и взвесил на аналитических весах. Результаты занес в таблицу:

Условия опыта	Масса пластинок До опыта	Потеря в массе После опыта	Площадь пластинки	Скорость растворения	
Уротропин+HCl	10,355	10,328	0,027	12,5	0,00108
Желатин+HCl	10,42	10,367	0,053	12,5	0,00212
HCl	10,34	9,956	0,384	12,5	0,01536

$$Z=(v_0-v)/v_0$$

Вывод: в ходе работы было установлено, что защитное действие уротропина 93%, а желатина 86%. Окисдирование будет замедлять процесс коррозии.

## Лабораторная работа №1 «Коррозия металлов. Способы защиты».

### 1.1 Цель проведения лабораторной работы

Установить влияние температуры на скорость окисления углеродистой стали и рассчитать эффективную энергию активации процесса.

Задачи проведения лабораторной работы состоят в том, чтобы  
**знать:** метод определения скорости коррозии металла по цветам побежалости;

**уметь:** самостоятельно проводить исследование влияния температуры на скорость окисления, рассчитывать энергию активации процесса.

### 1.2 Основные теоретические положения

Большинство металлов при высоких температурах в атмосфере термодинамически неустойчивы по отношению к кислороду. На их поверхности образуются оксидные пленки, защитные свойства которых в значительной мере определяют жаростойкость металлов и сплавов. Толщина оксидных пленок может изменяться в очень широких пределах.

Принято различать тонкие, средние и толстые пленки. Толщина тонких пленок - от мономолекулярной до 0,04 мкм. Такие пленки на металле невидимы и их наличие может быть установлено оптическими методами с применением поляризованного света или с помощью радиоактивных индикаторов. Толщина средних пленок (0,04 - 0,5 мкм) сопоставима с длиной волны видимых световых лучей ( $0,04 < \lambda < 0,75$  мкм). Эти пленки являются видимыми благодаря интерференционному окрашиванию, то есть возникновению так называемых цветов побежалости. Толстые пленки имеют толщину более 0,5 мкм и видны невооруженным глазом.

Интерференционные цвета побежалости позволяют определить толщину получаемых на металле пленок. Механизм появления цветов побежалости можно объяснить следующим образом. Погашение света вследствие интерференции двух лучей света, которые налагаются друг на друга, с длиной волны  $\lambda$  происходит, если эти два луча смещены один

относительно другого на половину фазы, то есть на нечетное число половин:  $\frac{\lambda}{2}, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda$  и т.д.

Пусть два луча проходят сквозь прозрачную пленку на поверхности металла, отражаясь один от внешней поверхности пленки (рисунок 1.1, линии 1, 2), другой - непосредственно от поверхности металла, пройдя через нее (рисунок 1.1, линии 3, 4).

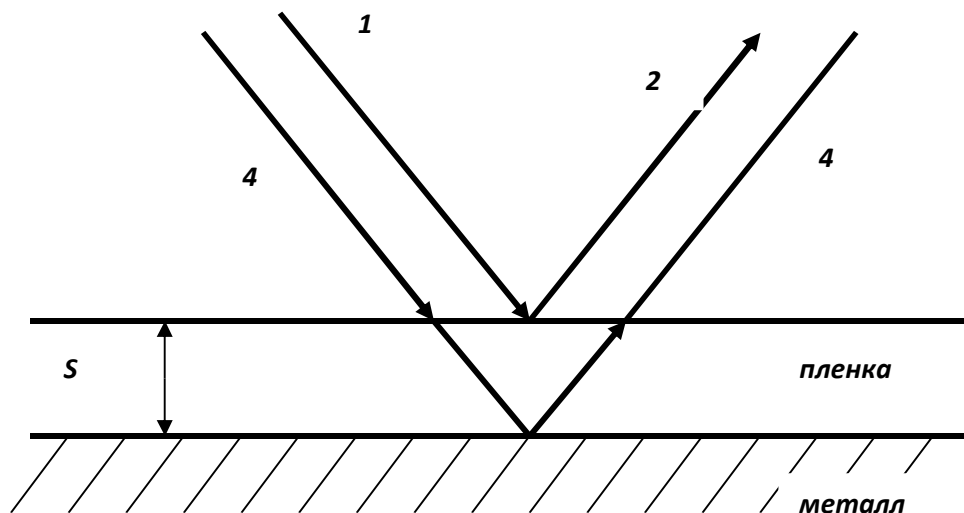


Рисунок 1.1 – Схема интерференции лучей света

Как это видно из рисунка, различие в ходе этих двух лучей определяется двойной толщиной пленки  $S$  (при падении луча под углом близким к прямому). Если учесть, что длина световой волны в прозрачной среде сокращается в обусловленное коэффициентом преломления число раз, то условия погашения данного луча с длиной волны  $\lambda$  для пленки с показателем преломления  $n$  будут удовлетворяться, если толщина пленки  $S$  будет отвечать следующим значениям:

$$S = \frac{\lambda}{4n}; \quad S = \frac{3\lambda}{4n} \text{ и т.д.} \quad (1.1)$$

По этим формулам можно определить  $S$ , если установить интерференционное погашение луча при освещении образца монохроматическим светом. Такие измерения были проведены (таблица 1.1).

Данные, приведенные в таблице 1.1, представляют собой толщины окисных пленок на железе, на котором получены цвета побежалости при нагревании образца на воздухе.

Таблица 1.1 - Толщина окисдных пленок на железе

Цвет пленки	S, мкм
желтый	0,046
оранжевый	0,052
красный	0,058
фиолетовый	0,068
синий	0,072

Зная толщину пленки и продолжительность процесса окисления, можно рассчитать скорость газовой коррозии.

В соответствии с уравнением Аррениуса скорость газовой коррозии  $V$  является функцией температуры:

$$V = K_v \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}, \quad (1.2)$$

где -  $K_v$  - константа скорости,  $E_a$ - эффективная энергия активации процесса.

Окисдные пленки могут быть сплошные или несплошные. Пиллинг и Бедвортс сформулировали условия, при которых образуются сплошные пленки, способные препятствовать дальнейшему окислению металла.

Если молекулярный объем оксида обозначить  $V_{ок}$ , а объем металла  $V_{ме}$ , то можно записать условие сплошности:

$$1 < \frac{V_{ок}}{V_{ме}} < 2,5 \quad (1.3)$$

Соотношение  $\frac{V_{ок}}{V_{ме}}$  можно рассчитать по формуле:

$$\frac{V_{ок}}{V_{ме}} = \frac{M_{ок} \cdot \rho_{ме}}{m \cdot \rho_{ок} \cdot A_{ме}}, \quad (1.4)$$

где  $M_{\text{ок}}$  – молекулярная масса оксида,  $\rho_{\text{ме}}$  – плотность металла,  $\rho_{\text{ок}}$  – плотность оксида,  $A_{\text{ме}}$  – атомная масса металла,  $m$  – количество атомов металла в оксиде.

Если  $\frac{V_{\text{ок}}}{V_{\text{ме}}} < 1$  – то пленка не может быть сплошной.

Рост пористой (незащитной) пленки (соотношение  $\frac{V_{\text{ок}}}{V_{\text{ме}}} < 1$ ) контролируется скоростью химической реакции окисления металла (кинетический контроль процесса) и протекает во времени по линейному закону:

$$h = k \cdot \tau. \quad (1.5)$$

Если пленка сплошная (соотношение  $1 < \frac{V_{\text{ок}}}{V_{\text{ме}}} < 2,5$ ) и оказывает сопротивление проникновению кислорода к металлу, то рост оксидной пленки описывается параболическим законом:

$$h^2 = k'' \cdot \tau. \quad (1.6)$$

Часто рост тонких оксидных пленок (соотношение  $1 < \frac{V_{\text{ок}}}{V_{\text{ме}}} < 1,7$ ) на металлах при низких температурах и на первых стадиях окисления металлов при высоких температурах сопровождается большим самоторможением во времени, тогда выполняется логарифмический закон:

$$h = k \cdot \ln \tau. \quad (1.7)$$

Окисление металлов в различных температурных интервалах происходит по-разному. Линейный закон окисления характерен для натрия, кальция, магния; параболический – для меди, железа, никеля; логарифмический – для алюминия, цинка, хрома. Например, рост пленки на железе при температурах до 400°C происходит по логарифмическому закону, а в интервале 500-1100°C – по параболическому.

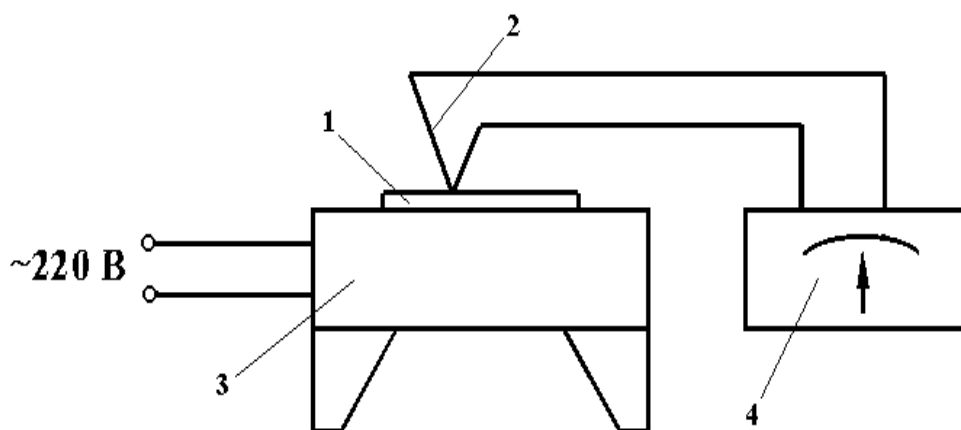
### 1.3 Приборы и принадлежности

**Приборы:** термопара типа ХА, вольтметр-амперметр типа М2020, секундомер, электрическая плита.

**Принадлежности:** образцы стали 200х20х1,5 мм, наждачная бумага для зачистки образцов, эталонный образец, штатив для зажима образца.

#### 1.4 Порядок проведения работы

1.4.1 Собрать экспериментальную установку в соответствии со схемой, которая приведена на рисунке 1.2.



1 – образец, 2 – термопара, 3 - электрическая плитка,  
4 – вольтметр-амперметр

Рисунок 1.2 – Схема экспериментальной установки

1.4.2 Зачистить образец до блеска и протереть фильтровальной бумагой.

1.4.3 Включить электроплитку и выдержать 10-16 мин., чтобы поверхность плиты нагрелась, положить образец на плиту так, чтобы он плотно прилегал к поверхности, одновременно включив секундомер.

1.4.4 Установить на поверхность образца термопару (термопара должна касаться поверхности образца).

1.4.5 С появлением синего цвета побежалости на поверхности образца (сравнить с эталоном) выключить секундомер. Данные ( $\tau$  - время до появления синего света и  $t$  - температура на поверхности образца в момент появления синего цвета) занести в таблицу 1.2. Повторить эксперимент с другими образцами при двух других значениях температуры.

Таблица 1.2 – Экспериментальные данные

№ п/п	Температура		Время до появления синего цвета		Скорость образования пленки, мм/час	1/T	lgV	E <sub>a</sub> , кДж/моль
	t, °C	T, °C	с	час.				
1								
2								
3								

## 1.5 Обработка экспериментальных данных

После измерений и расчетов заполнить таблицу 1.2.

По полученным данным построить график в координатах lgV - 1/T и определить эффективную энергию активации по формуле:

$$E_a = 2,303 \cdot R \cdot A, \text{ кДж/моль}, \quad (1.8)$$

где

$$A = \frac{\lg V_2 - \lg V_1}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}, \quad V_2 > V_1 \text{ и } T_1 > T_2 \quad (1.9)$$

Сделать выводы о влиянии температуры на скорость газовой коррозии.

## 1.6 Задание на самостоятельную работу

По материалам лекций и учебной литературы изучить вопрос о влиянии температуры на скорость газовой коррозии.

## **1.7 Контрольные вопросы**

1. Что называется химической коррозией?
2. Что называется газовой коррозией?
3. Что является критерием возможности протекания газовой коррозии?
4. Как классифицируют пленки на металлах по толщине?
5. По какому уравнению определяют энергию активации?
6. Как влияет температура на скорость окисления углеродистой стали?
7. Для каких металлов выполняется линейный закон роста пленок?
8. Для каких металлов выполняется параболический закон роста пленок?
9. Для каких пленок характерно появление цветов побежалости?
10. Каким образом подготавливают образцы к выполнению лабораторной работы?
11. Какие приборы используют при выполнении лабораторной работы?
12. Какова толщина оксидных пленок на железе?
13. Как рассчитывают скорость газовой коррозии?
14. Что показывает уравнение Аррениуса?
15. Какие механизмы роста пленок вы знаете?
16. В каких случаях выполняется логарифмический закон роста пленок?
17. В каких случаях выполняется степенной закон роста пленок?
18. Поясните суть уравнения Эванса.
19. Какие пленки являются не видимыми?
20. Какие пленки являются видимыми



## **Лабораторная работа № 2**

### **по теме «Виды стали, свойства, марки»**

**Цель работы:** Изучить классификацию, микроструктуру, свойства и назначение сталей и чугунов.

#### **1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ**

В машиностроении используются детали из заготовок, полученных способами обработки давлением или литьем. Широкое применение имеют стали. Стали являются деформируемым материалом, иногда применяется стальное литье. Примеры использования этих материалов даны ниже. Легковой автомобиль среднего класса массой 1000...1100 кг имеет детали из разных сталей, составляющие 57...60 % его массы (США, Западная Европа). В станкостроении общая масса чугунных деталей равна в среднем 70...80 % от массы металлорежущего станка.

Основу химического состава сталей и чугунов составляет железо с добавками углерода менее 2,14 % (стали) или более 2,14 % (чугуны). У многих марок этих материалов дополнительно содержатся легирующие химические элементы (хром, кремний, марганец, никель, молибден и др.). Перечень основных видов сталей и чугунов по государственным стандартам приведен в табл. 1. В машиностроении преимущественно применяются конструкционные стали и отливки из чугунов, используемые для изготовления деталей машин и различных сооружений, и инструментальные стали для металлорежущих, штамповых, измерительных и других инструментов.

При изучении строения и определении качества металлических материалов в материаловедении широко используется микроструктурный анализ.

**Микроанализ** - изучение строения поверхностей шлифованных, полированных и протравленных образцов - микрошлифов с помощью

металлографических оптических микроскопов при увеличениях обычно от  $\times 100$  до  $\times 1000$ .

Наблюдаемое при этом строение поверхности шлифа называется **микроструктурой**. Микроструктура разных по химическому составу материалов и после их различной обработки отличается по размеру, геометрической форме, цвету, взаимному расположению отдельных структурных составляющих

Микроанализ основан на использовании законов отражения и поглощения световых лучей от поверхности непрозрачных металлических материалов (рис. 1). Полированная металлическая поверхность отражает направленные на нее перпендикулярно световые лучи и видна в окуляр микроскопа как светлая. При наличии в материале неметаллических составляющих структуры они видны как темные, так как поглощают световые лучи.

Стали, получаемые кислородно - конверторным, электросталеплавильным и другими способами, содержат **нематаллические включения**. Это химические соединения металлов (железа, алюминия, и др.) с неметаллами (серой, кислородом, азотом и др.).

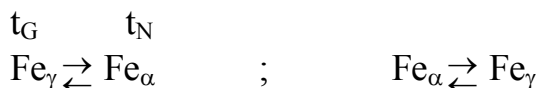
Таблица 1. Перечень основных разновидностей сталей по государственным стандартам

№№ ГОСТа	Наименование стандарта
380-88	Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
535-88	Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия.
1050-88	Прокат сортовой, калиброванный со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия.
1414-75Е	Прокат из конструкционной стали высокой обрабатываемости резанием. Технические условия
1435-90	Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали
4543-71	Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия
4543-71	Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
5632-72	Прутки и полосы из инструментальной легированной стали. Технические условия



Рис. 2. Диаграмма состояния железо – углерод

Метастабильная диаграмма состояния железо-углерод относится к случаю полной растворимости компонентов в жидком состоянии выше линии ликвидуса ABCD и ограниченной растворимости углерода в железе в твердом состоянии. У железа наблюдаются два полиморфных превращения:



Железо модификаций  $\alpha$  и  $\gamma$  имеет соответственно кристаллические решетки объемноцентрированного куба (ОЦК) и гранецентрированного куба (ГЦК). В связи с наличием у железа полиморфных превращений на диаграмме состояния железо-углерод образуются три области твердых растворов углерода в железе:

- область NJESGN твердого раствора  $\gamma$  (аустенита А), т.е. раствора углерода в  $\text{Fe}_\alpha$ (ГЦК);
- две области QPGQ и AHNA твердого раствора  $\alpha$  (феррита Ф), т.е. раствора углерода в  $\text{Fe}_\alpha$ (ОЦК).

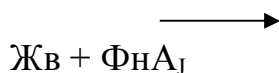
В правой части метастабильной диаграммы состояния железо-углерод имеется узкая область DFKLD твердого раствора небольшого количества железа в химическом соединении  $\text{Fe}_3\text{C}$ , т.е. цементита Ц.

Следовательно, в сплавах метастабильной диаграммы состояния железо-углерод существуют следующие фазы: жидкий раствор углерода в железе, феррит, аустенит, цементит. Остальные области диаграммы состояния, ограниченные сплошными линиями, являются двухфазными, т.е. состоят из тех или иных двух фаз.

На диаграмме состояния имеются также горизонтальные линии трехфазных равновесий при постоянных температурах, где в равновесном состоянии существуют по три фазы:

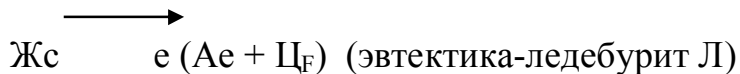
- линия HJB перитектического превращения:

$t_{\text{HJB}}$



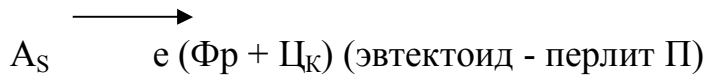
- линия ECF эвтектического превращения:

$t_{\text{ECF}}$



- линия PSK эвтектоидного превращения:

$t_{\text{PSK}}$



В сплавах железо – углерод - кремний в зависимости от количества углерода и кремния, численной величины скорости охлаждения существуют две разновидности диаграммы состояния железо-углерод: метастабильная (железо-цементит) и стабильная (железо - графит).

У сталей в равновесном состоянии имеются следующие фазы:

**Жидкий раствор (Ж)** на основе железа.

**Феррит (Ф)**- твердый раствор углерода и легирующих элементов в железе  $Fe_\alpha$  с кристаллической решеткой объемно-центрированного куба (ОЦК). Феррит имеет твердость НВ 80-90,пластичен (относительное удлинение 50 %).

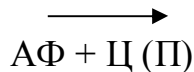
**Аустенит (А)** - твердый раствор углерода и легирующих элементов в железе  $Fe_\gamma$  с кристаллической решеткой гранецентрированного куба (ГЦК).

**Цементит (Ц)** -раствор небольшого количества железа в карбиде железа  $Fe_3C$ .

Образуются также и более сложные структурные составляющие из двух фаз, наблюдаемые в микроструктуре:

**Перлит (П)** в виде темных (коричневых) участков, состоящий из ферритной основы и кристаллов цементита пластинчатой формы (пластинчатый перлит). Он образуется при медленном охлаждении в сталях и чугунах в результате следующего фазового превращения аустенита:

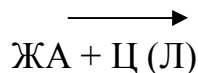
$t_{psk}$



Особой термической обработкой может быть получен зернистый перлит, состоящий из феррита и частиц цементита в форме мелких зерен.

**Ледебурит (Л)** в виде пестрых бело-темных участков, состоящий из белого цементита -основы и темного перлита в виде округлых или удлинённых частиц (ниже  $727^\circ C$ ). Выше температуры  $727^\circ C$  этот ледебурит состоит из цементита и аустенита :

$t_{ecf}$



Многочисленные стали разных марок, отличающиеся химическим составом, по микроструктуре в равновесном состоянии разделяются на шесть основных структурных классов (табл. 2).. Формы включений графита показаны на рис. 6.

Таблица 2. Структурные классы сталей в равновесном состоянии

Структурный класс стали	Химический состав		Микро-структура	Типовое применение в машиностроении
	Углерод C	Типичные легирующие элементы		
Дозвтектоидные стали	$C_p < C < C_s$	Cr, Mn, Ni и др.	Феррит + перлит	Конструкционные стали
Эвтектоидные стали	$C = C_s$	Cr, W, V и др.	Перлит	Инструментальные стали
Заэвтектоидные стали	$C_s < C < C_E$	Cr	Перлит и карбиды вторичные	Инструментальные стали
Стали карбидного (ледебуритного) класса	$C_E < C < 2,14\%$	Хром, вольфрам (до 6...12 %)	Перлит, карбиды первичные и вторичные	Инструментальные стали
Стали аустенитного класса	Десятые доли % и менее	Никель, марганец (до 13...20 %)	Аустенит легированный	Коррозионно-стойкие стали. Жаропрочные стали
Стали ферритного класса		Кремний, хром	Феррит легированный	Электротехнические стали. Кислотостойкие стали

Сведения о характерных механических свойствах углеродистых сталей в табл. 3.

Таблица 3. Механические свойства сталей (без упрочняющей термической обработки).

Наименование материала	Механические свойства	
	предел прочности при растяжении, МПа	относительное удлинение, %
Углеродистые конструкционные стали	321...676	2...15

## 2. МАТЕРИАЛЬНО – ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

В работе используются металлографические микроскопы и коллекции микрошлифов. Микроскопы выпускаются различной конструкции. Основными их частями являются: основание, корпус, предметный столик для установки микрошлифа, механизмы грубой

фокусировки с макровинтом и микроподачи с микровинтом для точной наводки на фокус, оптическая система, осветитель.

Способность оптической системы микроскопа изображать отдельно две точки (разрешающая способность  $\delta$ , мкм) определяется по формуле:

$$\delta = \lambda / 2A ; (A = n \sin (\alpha/2)),$$

где  $\lambda$  - длина волны световых лучей, мкм;  $n$  - показатель преломления световых лучей средой, находящейся между поверхностью микрошлифа и объективом микроскопа;  $\alpha$  - отверстиевый угол объектива;  $A$  - числовая апертура микроскопа (обычно  $A = 0,17 \dots 1,25$ ). При  $A = 1,25$  и  $\lambda = 0,55$  мкм для видимых лучей спектра микроскоп позволяет видеть структурные составляющие размером  $\delta = 0,2$  мкм.

### **3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Практическая часть работы заключается в изучении микроструктуры сталей и чугунов, как правило, при увеличении микроскопа  $\times 100$ , а в некоторых случаях до  $\times 600$ . Студентам предоставляются лабораторные коллекции микрошлифов, подготовленные для исследований.

Предварительно студенты знакомятся с устройством и работой микроскопа под руководством преподавателя и лаборанта. Для рассмотрения микроструктуры шлиф, запрессованный в пластилин на стеклянной пластинке, устанавливается на предметный столик микроскопа. После включения источника света проводится наводка на фокус сначала с помощью макровинта, а затем более точно микровинтом. Далее изучается микроструктура шлифов типовых сплавов, описание которых дано в табл. 8. С помощью описания, схем микроструктур (рис. 3) и находящихся в лаборатории фотографий устанавливают, какие структурные составляющие имеет каждый образец, наименование, состав и структурный класс.

Более подробная оценка микроструктуры сталей, проводится по следующему государственному стандарту: ГОСТ 8233. Сталь. Эталоны микроструктуры.

Путем сравнения микроструктуры изучаемой стали со шкалами структур ГОСТ, определяется количественная характеристика или номер балла по соответствующему признаку. Применительно к равновесному состоянию сплава использование ГОСТ 8233 позволяет определить процентное соотношение между ферритом и перлитом в доэвтектоидных сталях, соотношение количества пластинчатого и зернистого перлита, дисперсность пластинчатого и зернистого перлита. Для оценки неметаллических включений и различных видов неоднородности микроструктуры в сталях имеются отдельные государственные стандарты: ГОСТ 1763-68, ГОСТ 1778-70, ГОСТ 5640-68.

Классификация чугуновых отливок по микроструктуре металлической основы и графитовым включениям ведется по следующему

государственному стандарту: ГОСТ 3443-87. Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры.

Имея количественные данные в процентах о площади, занимаемой в шлифе сплава различными структурными составляющими (П - перлит, Ц - цементит, Л - ледебурит, Г - графит), можно выполнить расчет примерного количества углерода в сталях и чугунах по следующей общей формуле:

$$C = 0,8П + 6,67Ц + 4,3Л / 100 + 30Г / 100, \%$$

В доэвтектических белых чугунах для определения соотношения между П и Ц принято: если  $П + Ц_2 = 100 \%$ , то количество П составляет 80 %, а цементита вторичного 20 % ( $П = 4Ц_2$ )

Вычисления по приведенной формуле действительны для сплавов, находящихся в равновесном состоянии.

Примеры вычислений:

Сталь доэвтектоидная: 40 % П; 60 % Ф:  $C = 0,8 \cdot 40/100 = 0,32 \%$ .

Сталь заэвтектоидная: 88% П; 12 % Ц<sub>2</sub>:  $C = 0,8 \cdot 88/100 + 6,67 \cdot 12/100 = 1,50 \%$ .

Чугун ЧПГ: 30 % П; 58 % Ф; 12 % Г:  $C = 0,8 \cdot 30/100 + 30 \cdot 12/100 = 3,84 \%$ .

Чугун белый доэвтектический: 40% Л; 60 % (П+Ц<sub>2</sub>), то есть 48% П и 12% Ц<sub>2</sub>:

$$C = 0,8 \cdot 48/100 + 6,67 \cdot 12/100 + 4,3 \cdot 40/100 = 2,9 \%$$

Чугун белый заэвтектический: 60 % Ц<sub>1</sub>; 40 % Л:

$$C = 6,67 \cdot 60/100 + 4,3 \cdot 40/100 = 5,7 \%$$

Таблица 4. Перечень микрошлифов сталей и чугунов из лабораторных коллекций (типовые примеры).

№№ микрош лифа	Материал	Химический состав, %		Структур ный класс	Описание микроструктур ы
		углеро д С	другие компоненты		
1	2	3	4	5	6
УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ					
1.	Углеродистая качественная конструкционная сталь 20, ГОСТ 1050-88	0,20	-	Доэвтектои дная сталь	Светлые зерна феррита и темные участки перлита
3.	Инструментальная нелегированная сталь У8, ГОСТ 1435-90	0,80	-	Эвтектоидн ая сталь	Перлит пластинчатый
4.	Инструментальная нелегированная сталь У8, ГОСТ 1435-90, после отжига	0,80	-	Эвтектоидн ая сталь	Перлит зернистый

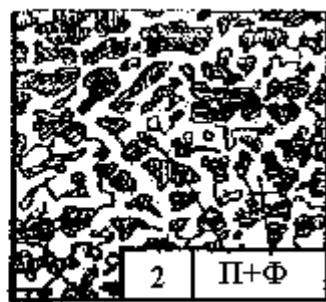


5.	Инструментальная нелегированная сталь У10, ГОСТ 1435-90	1,00	-	Заэвтектоидная сталь	Темные участки перлита и светлая тонкая сетка вторичного цементита
КОНСТРУКЦИОННЫЕ СТАЛИ С СТРУКТУРНЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ					
7.	Сталь конструкционная после перегрева	0,40	-	Доэвтектоидная сталь	Крупные темные участки перлита и светлая широкая сетка феррита
8.	Сталь конструкционная с полосчатостью феррито-перлитной структуры	0,25	-	Доэвтектоидная сталь	Перлит и феррит расположены в виде чередующихся полос.
9.	Сталь инструментальная с обезуглероживанием поверхностного слоя	0,80	-	Эвтектоидная сталь	Перлит в сердцевине, феррит и перлит в поверхностном слое
ОБРАЗЕЦ СТАЛИ С НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ					
10.	Сталь с неметаллическими включениями (полированный шлиф без травления)	данных нет	-	-	Темные неметаллические включения, вытянутые по направлению деформации
ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ					
34.	Легированная конструкционная сталь 40Х, ГОСТ 4543-71	0,40	0,8...1,1 Cr	Доэвтектоидная сталь	Темные участки перлита и светлый феррит

38.	Инструментальная легированная сталь X12, ГОСТ 5950-73	2,0	11,5...13,0 Cr	Сталь карбидного класса	Перлит мелкозернистый, крупные белые первичные карбиды и более мелкие вторичные карбиды
39.	Коррозионностойкая сталь 12X17, ГОСТ 5632-72	менее 0,12	16...18 Cr	Сталь ферритного класса	Светлые зерна легированного феррита
40.	Коррозионностойкая сталь 12X18H10T, ГОСТ 5632-72	менее 0,12	17...19 Cr; 9...11 Ni; не более 0,5 Ti	Сталь аустенитного класса	Светлые зерна легированного аустенита



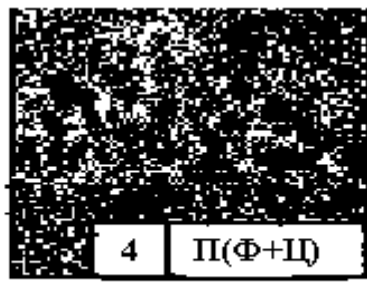
x100



x100



x600



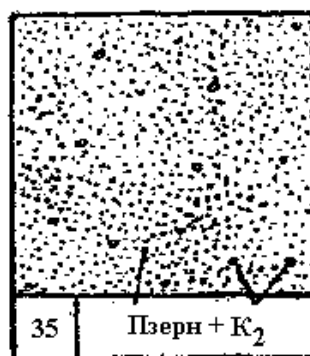
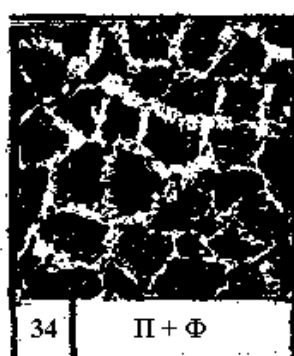
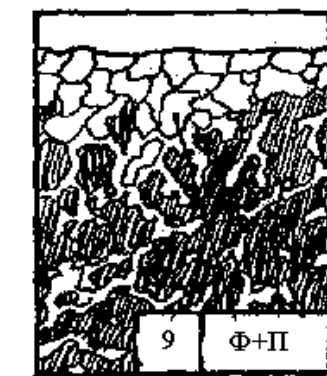
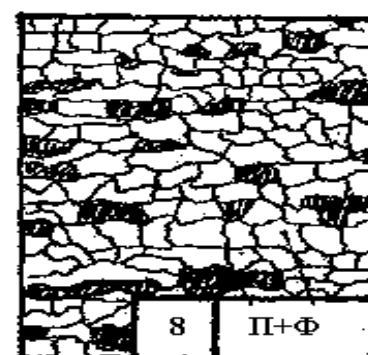
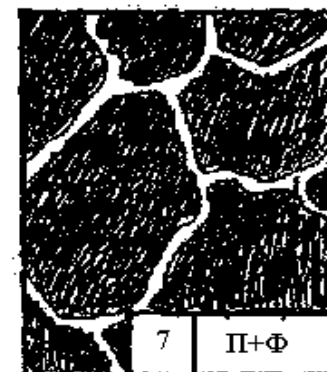
x 100



x600

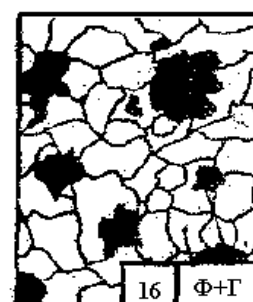


x100



Продолжение рис. 7.

Продолжение рис. 7.



#### **4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Итоги проведенной работы оформляют в отчете, который должен содержать следующие разделы:

- 1 . Цель работы.
- 2 . Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
- 3 . Теоретические положения: понятие о микроанализе и микроструктуре. Характеристика фаз и структурных составляющих сталей и чугунов. Перечисление структурных классов сталей и чугунов.
- 4 . Методика проведения работы и полученные результаты. Зарисовка схем микроструктур всех изученных сплавов, наименование и марка материала, составляющие структуры, химический состав.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки.

Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К РАБОТЕ И САМОПРОВЕРКИ**

- 1 . Понятие микроанализа и микроструктуры материалов.
- 2 . Какие основные части имеет металлографический микроскоп?
- 3 . В какой последовательности проводится рассмотрение микрошлифа и изучение микроструктуры?
- 4 . Что понимается под числовой апертурой микроскопа?
- 5 . Из каких химических элементов (компонентов) состоят стали и чугуны?
- 6 . Что представляют собой феррит, цементит, перлит, ледебурит?
- 7 . Какие структурные классы имеют стали и чугуны?
- 8 . Какую геометрическую форму имеют включения графита в чугунах ЧПГ, ВЧШГ, ЧХГ, ЧВГ?
- 9 . Применение и механические свойства сталей и чугунов.

#### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Основная:

Фетисов, Г.П. Материаловедение и технология металлов: учеб. для студентов машиностр. спец. вузов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюшин; под ред. Г.П. Фетисова. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. 862 с.

Дополнительная:

Арзамасов, Б.Н. Материаловедение: учеб. для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.]; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – 7-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 648 с.

## Лабораторная работа №3

### по теме «Ознакомление со структурой и свойствами цветных металлов».

**Цель работы:** изучить классификацию, микроструктуру, свойства и назначение типовых цветных сплавов машиностроения.

#### 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

К цветным относится обширная группа металлов следующих классов:

- *легкие* металлы являются основой сплавов для машиностроения, судостроения, самолетостроения. Это преимущественно алюминий и титан, реже магний;
- *легкоплавкие* металлы преимущественно используются для изготовления антифрикционных сплавов: это свинец, олово, цинк. Такие сплавы часто в виде тонкого слоя наносятся на рабочую поверхность стальной основы подшипников скольжения машин и механизмов;
- *редкоземельные* металлы применяются в качестве добавок к различным сплавам (сталям и др.) с целью улучшения их свойств;
- *благородные* металлы (золото, серебро, платина и др.) используются в электротехнике, электронике, радиотехнике;
- *урановые* металлы получили применение в атомной энергетике;
- *тугоплавкие* металлы (ниобий, тантал, молибден, вольфрам) применяются для изготовления изделий, работающих при особо высоких температурах до 1500...2000 °С.

Из цветных металлов наибольшее использование имеет **алюминий**, содержание которого в земной коре равно 8,8 %. Алюминиевые сплавы применяют для кузовов, рам, элементов дверей, радиаторов, колес автомобилей, блоков цилиндров, головок блоков, поршней двигателей внутреннего сгорания и других деталей машин.

Алюминиевые сплавы остаются одним из основных конструкционных материалов в производстве летательных аппаратов. Из них изготавливают элементы конструкций самолетов, воспринимающие действие механических сил: шпангоуты, лонжероны, нервюры и др. Сплавы в виде

листов применяют для обшивки корпусов ракет и самолетов, изготовления топливных и масляных баков (сплав алюминий-магний, дуралюмин, алюминий - литевые сплавы и др.). Поковки и штамповки получают из ковочных сплавов марок 1360 (АК6) и 1380 (АК8). В серийном производстве освоены новые алюминиевые сплавы, имеющие в два раза меньшее содержание вредных примесей и повышенное сопротивление к образованию трещин. Из этих сплавов промышленность производит листы длиной до 9 метров и плиты длиной до 25 метров.

Расширяется применение титановых сплавов преимущественно в судостроении и авиационной технике. Сплавы обычно получают способом вакуумно-дуговой плавки с расходуемым электродом. Выплавляемые титановые слитки имеют диаметр 500...800 мм, массу 5...8 тонн и далее подвергаются обработке давлением: ковке на молотах, прокатке на станах и др. Основными видами деформируемых титановых полуфабрикатов являются поковки, штамповки, прутки, профили, трубы.

На основе алюминия, меди, магния, титана и некоторых других цветных металлов разработаны сплавы, перечень основных видов, которых по государственным стандартам приведен в табл. 1.

Таблица 1. Перечень основных разновидностей промышленных цветных материалов по государственным стандартам

№ ГОСТа	Наименование стандарта
493-79	Бронзы безоловянные литейные. Марки
613-79	Бронзы оловянные литейные. Марки
1320-74	Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия
1583-89Е	Сплавы алюминиевые литейные. Марки
2856-79	Сплавы магниевые литейные. Марки
4784-74	Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки
5017-74	Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки

14957-76	Сплавы магниевые деформируемые. Марки
15527-70	Сплавы медноцинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки
17711-80	Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные. Марки
18175-78	Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки
19807-91	Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки
28873-90	Сплавы на основе тяжелых цветных металлов, обрабатываемые давлением. Унифицированные марки.

Описание микроструктур цветных сплавов лабораторной коллекции шлифов дано в табл. 2, а схемы микроструктур приведены на рис. 1. Применяемые в современной технике цветные материалы на основе алюминия, меди, титана и других металлов подразделяются на деформируемые и литейные. Из *деформируемых сплавов* получают различными способами горячей и холодной обработки давлением кованные и штампованные заготовки, прутки, листы и прочие полуфабрикаты. Основу их структуры составляют твердые растворы.

Детали из *литейных сплавов* не обрабатываются давлением и ставятся в конструкцию машин в литом состоянии в виде фасонных отливок. Для изготовления из них отливок они должны обладать хорошими литейными технологическими свойствами: высокой способностью жидких сплавов к заполнению полостей литейной формы (жидкотекучестью), малой усадкой, небольшой склонностью к образованию трещин и др.

Таблица 2. Перечень лабораторной коллекции микрошлифов цветных сплавов

№ шлифа	Наименование	Марка	ГОСТ	Химический состав, %	Обработка сплава	Структурные составляющие
42	Дуралюмин	1160	4784-74	Al-основа; 3,8...4,8Cu; 1,2...1,8Mg ; 0,3...0,9Mn .	Отжиг	α-раствор и частицы интерметаллидов
43	Медно-цинковый сплав (латунь)	Л68	15527-70	Cu – основа 30-33 Zn	Холодная деформация и отжиг	Зерна α-раствора с двойниковыми кристаллами (светлые и темные)



44	Титановый сплав	BT3-1	19807-91	Ti-основа; 5,5...7Al; 2...3Mo;1; 2...5Cr; 0,15...0,4 Si; 0,2...0,7 Fe.	Отжиг	$\alpha$ -раствор (светлый) и $\beta$ - раствор (темный)
45	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё без модифицир ования	Эвтектика ( $\alpha$ +Si) и крупные кристаллы Si.
46	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё с модифицир ованием	Дисперсная эвтектика ( $\alpha$ +Si) и $\alpha$ - раствора (светлый)
47	Магниева й сплав	МЛ5	2856-79	Mg – основа 7,5...9 Al; 0,2...0,8 Zn; 0,15...0,5 Mn.	Литьё и закалка	Перенасыщен ный $\alpha$ - раствор и Mg <sub>4</sub> Al <sub>3</sub>
48	Бронза оловянная	БрО10Ф 1	-	Cu – основа 9...11 Sn; 0,8...1,2 P	Литьё	Дендриты $\alpha$ - раствора (темные), эвтектоид (светлый) и Cu <sub>3</sub> P
49	Баббит	Б83	1320-74	Sn – основа; 10...12 Sb; 5,5...6,5 Cu	Литьё	$\alpha$ -раствор, светлые крупные кристаллы $\beta$ и мелкие Cu <sub>3</sub> Sn

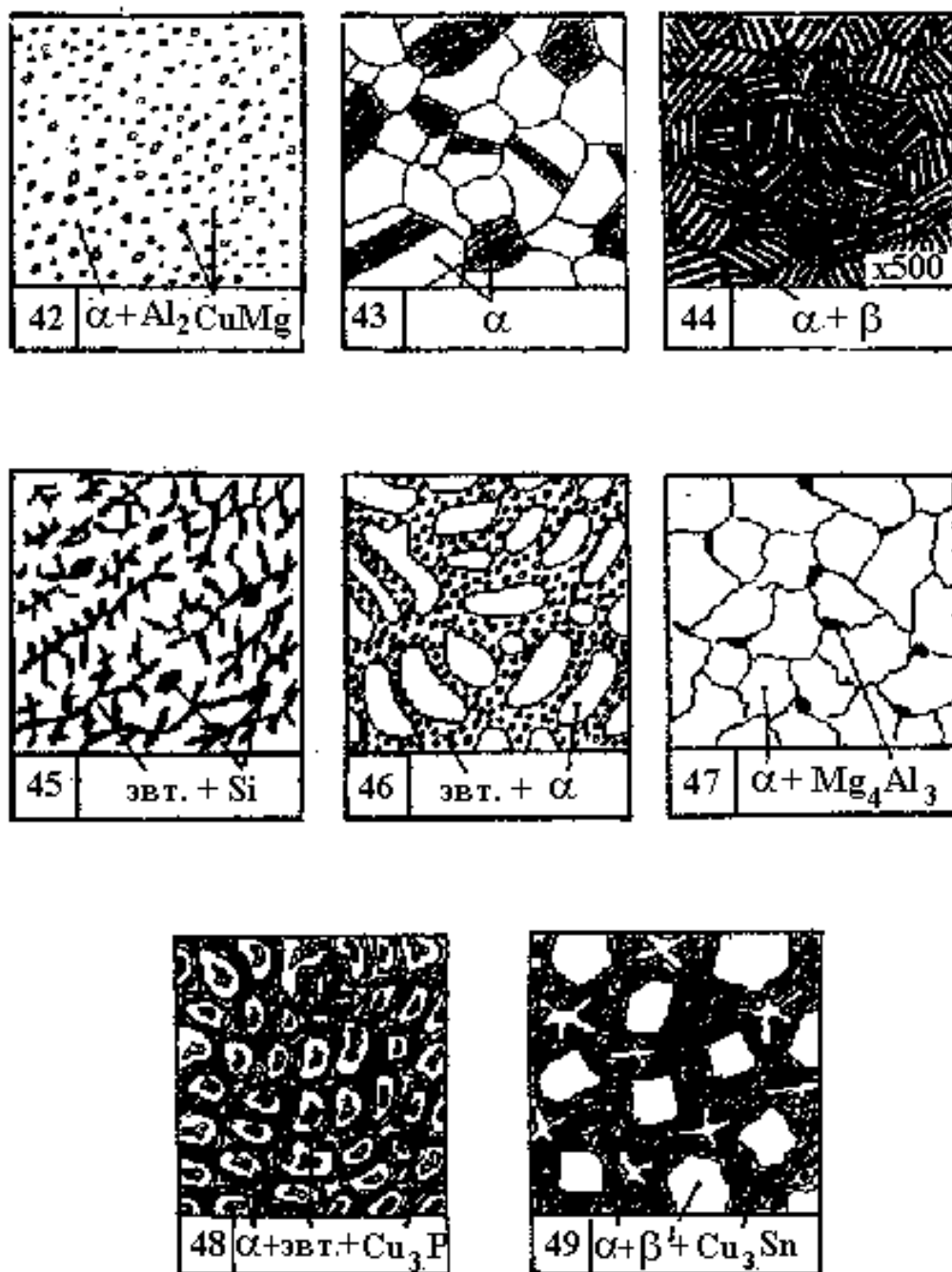


Рис. 1. Схемы микроструктур цветных сплавов.

Широкое использование получили материалы алюминий – медь – магний, дополнительно легированные марганцем (*дуралюмины*). В отожженном состоянии при содержании 3,8...4,8 % меди микроструктура дуралюминов состоит из  $\alpha$  - твердого раствора меди в алюминии и вторичных дисперсных включений интерметаллических соединений  $\text{CuAl}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{CuMg}$  (S-фазы).

Наиболее распространенными деформируемыми медными сплавами являются *медно-цинковые сплавы* (латуни). Двухкомпонентные сплавы

медь-

цинк при содержании до 39 % цинка имеют микроструктуру из одного  $\alpha$ -твердого раствора цинка в меди (латунь Л68). Микроструктура образца, подвергнутого холодной деформации и рекристаллизационному отжигу, состоит из равновесных зерен твердого раствора  $\alpha$ , имеющих вследствие анизотропии (зависимости свойств от направления) различный цвет от светлого до разных оттенков темного. Эти латуни применяются для получения ленты, трубок.

У латуней с содержанием 39...46 % цинка микроструктура состоит из зерен  $\alpha$  - твердого раствора и фазы  $\beta'$  (упорядоченный твердый раствор на основе соединения  $\text{CuZn}$ ). Такие двухфазные латуни имеют повышенную прочность при пониженной пластичности и изготавливаются в виде прутков и других полуфабрикатов.

Большинство деформируемых промышленных *титановых сплавов* получают после отжига микроструктуры из  $\alpha$  - раствора или  $\alpha+\beta$  - растворов на основе титана. Твердый раствор  $\alpha$  на основе  $\text{Ti}\alpha$  имеет гексагональную кристаллическую решетку,  $\beta$ - раствор на основе  $\text{Ti}\beta$  - решетку объемно-центрированного куба. Титановые сплавы характеризуются высокой удельной прочностью, хорошей сопротивляемостью коррозии.

Широкое применение имеют литейные сплавы алюминий-кремний (*силумины*). У заэвтектического сплава микроструктура состоит из эвтектики и первичных более крупных кристаллов кремния, например, у силумина АК12. Эвтектика представляет собой смесь  $\alpha$  - твердого раствора кремния в алюминии и грубых игольчатых кристаллов кремния, играющих роль внутренних надрезов (концентраторов напряжения). При модифицировании жидкого силумина натрием в количестве 0,05...0,08 % эвтектика измельчается и состоит из  $\alpha$  раствора и мелких зерен кремния. Микроструктура модифицированного доэвтектического силумина имеет первичные светлые дендриты твердого раствора  $\alpha$  и мелкозернистую эвтектику. Измельчение эвтектики и отсутствие в микроструктуре грубых кристаллов первичного хрупкого кремния позволяет несколько повысить прочность и пластичность силумина. Силумины применяют для изготовления фасонных отливок сложной формы.

Из литейных сплавов меди используются наиболее широко *бронзы*. Литая оловянная бронза с содержанием олова до 5...6 % имеет структуру  $\alpha$  - твердого раствора олова в меди с развитой дендритной ликвацией. Микроструктура литой бронзы, содержащей более 6 % олова, состоит из дендритов твердого раствора  $\alpha$  и извилистых светлых включений хрупкого эвтектоида (дисперсной смеси двух фаз:  $\alpha$  - раствора и  $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$  ( $\delta$ -фазы)).

Оловянная бронза, раскисленная фосфором, дополнительно имеет в микроструктуре небольшие включения химического соединения  $\text{Cu}_3\text{P}$  светло-голубого цвета, например, бронза марки БрО10Ф1. Оловянные

бронзы применяются для изготовления сложных по форме отливок, подшипников скольжения, арматуры.

Из *магние*вых литейных сплавов наиболее широко используются сплавы магний – алюминий – цинк, например, марки МЛ5. В литом состоянии микроструктура сплава МЛ5 состоит из  $\alpha$  -твердого раствора алюминия и цинка в магнии и включений хрупкого химического соединения  $Mg_4Al_3$ . Применение длительного нагрева отливок при 400 °С приводит к растворению части включений химического соединения в твердом растворе, что позволяет повысить пластические свойства. Охлаждение в воде дает перенасыщенный  $\alpha$  -раствор с частицами  $Mg_4Al_3$  (закалка). Магние

вые сплавы характеризуются небольшой плотностью (1,7 г/см<sup>3</sup>). Для заливки вкладышей подшипников скольжения широкое применение получили сплавы олово – сурьма – медь, например, *оловянный баббит* Б83. Микроструктура баббита состоит из мягкого  $\alpha$  -твердого раствора сурьмы в олове и крупных светлых кристаллов упорядоченной  $\beta'$ -фазы на основе химического соединения  $SnSb$  с высокой твердостью. Введение небольшого количества меди обеспечивает кристаллизацию в жидком растворе олова с сурьмой разветвленных дендритов ранее затвердевающего химического соединения  $Cu_{31}Sn_8$ , которые препятствуют ликвации в сплаве по плотности ("всплыванию") кристаллов  $\beta'$ - фазы.

Наличие в микроструктуре баббита мягкой, пластичной основы из раствора  $\alpha$  и включений кристаллов химических соединений с высокой твердостью обеспечивает сочетание прирабатываемости подшипника к валу с износостойкостью и небольшой коэффициент трения между валом и подшипником при наличии жидкостного трения.

## **2. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ**

В работе используются металлографические микроскопы и коллекции микрошлифов.

## **3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Практическая часть работы заключается в изучении микроструктуры типовых цветных сплавов машиностроения: алюминиевых, медных, титановых, магниевых, баббита. Микроанализ проводится, как правило, при увеличении микроскопа  $\times 100$ . Студентам предоставляется лабораторная коллекция микрошлифов, подготовленных для анализа.

При изучении микроструктуры с помощью описания в табл. 1 и схем микроструктур (рис. 1) устанавливают, какие структурные составляющие имеет каждый образец, наименование и марку сплава, химический состав и обработку.

## **4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Итоги проведенной работы оформляют в отчете, который должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.
2. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
3. Теоретические положения: перечень классов цветных металлов; краткие сведения о типовых литейных и деформируемых цветных сплавах машиностроения.
4. Методика проведения работы и полученные результаты. Зарисовка схем микроструктур всех цветных сплавов коллекции шлифов; наименование сплава, марка, химический состав, обработка, структурные составляющие.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К РАБОТЕ И САМОПРОВЕРКИ**

1. Как классифицируются цветные металлы?
2. Где применяются редкоземельные, благородные, урановые, тугоплавкие, легкие, легкоплавкие металлы?
3. Какие типичные цветные металлы используются в качестве основы для создания конструкционных материалов машиностроения?
4. Какие цветные металлы применяются в качестве основы для антифрикционных сплавов подшипников скольжения?
5. Какое применение находит алюминий и его сплавы в машиностроении?
6. Какие требования предъявляются к микроструктуре деформируемых и литейных цветных сплавов?
7. Какую микроструктуру должны иметь антифрикционные сплавы?
8. Что представляет собой твердый раствор  $\alpha$  в дуралюминах?

#### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Основная:

Фетисов, Г.П. Материаловедение и технология металлов: учеб. для студентов машиностр. спец. вузов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюшин; под ред. Г.П. Фетисова. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. 862 с.

Дополнительная:

Арзамасов, Б.Н. Материаловедение: учеб. для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.]; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – 7-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 648 с.

**Лабораторная работа №4**  
**по теме «Ознакомление с влиянием деформаций на механические свойства металлов и сплавов»**

**Цель работы:**

1. Изучить влияние пластической деформации на структуру и механические свойства металлов.
2. Изучить влияние нагрева на свойства деформированного металла.

**Оборудование и материалы для выполнения работы**

1. Нагревательные печи с термопарами и автоматическими приборами для регулирования температуры.
2. Пневматический ковочный молот.
3. Твердомеры Бринеля ТШ-2.
4. Образцы технически чистой меди.

**Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с основными положениями работы.
2. Выполнить в соответствии с заданием экспериментальную часть работы.
3. Проанализировать полученные результаты и на основании теоретического материала сделать необходимые выводы.
4. Выполнить одну из задач (по указанию преподавателя) и пояснить решение.

**Основные положения**

**1. Пластическая деформация металлов**

Важнейшим и наиболее характерным свойством металлов является **пластичность** – способность претерпевать большую деформацию без разрушения. В сочетании с высокой прочностью это свойство делает металлы незаменимыми для современной техники. Если деформация металлов исчезает после снятия нагрузки, то это **упругая деформация**, а если остается, то это **пластическая деформация**.

При упругом деформировании под действием внешней силы изменяется расстояние между атомами в кристаллической решетке. Снятие нагрузки устраняет причину изменения межатомного расстояния, атомы становятся на прежние места, и деформация исчезает.

Значительно более сложный процесс представляет собой пластическое деформирование, которое осуществляется при напряжениях, больших предела упругости металла.

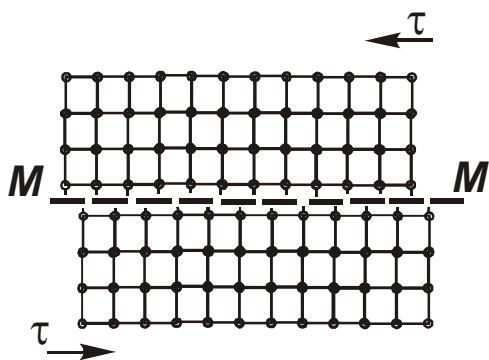


Рис. 1

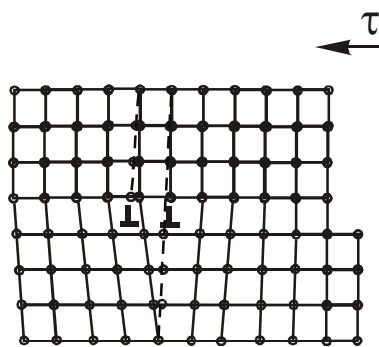
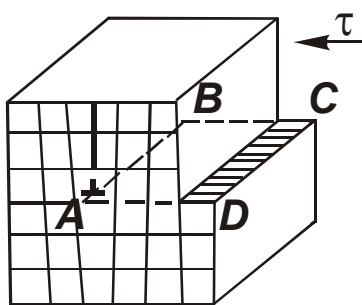
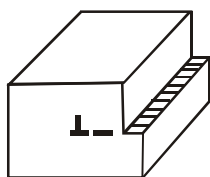


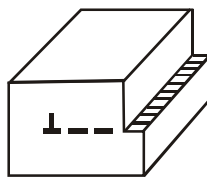
Рис. 5



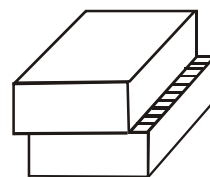
а



б

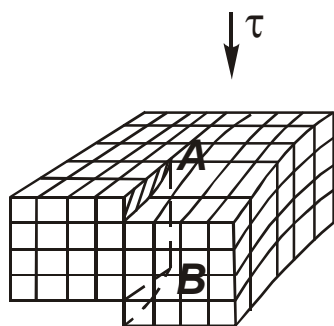


в

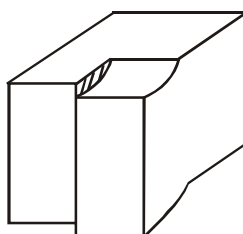


г

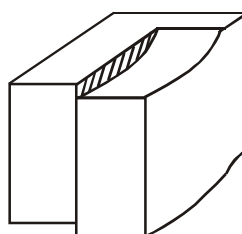
Рис. 2



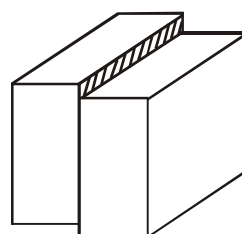
а



б

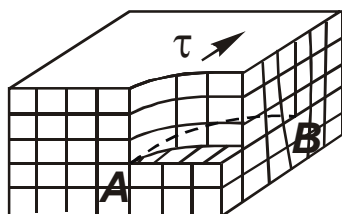


в

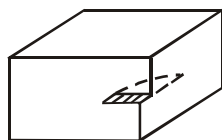


г

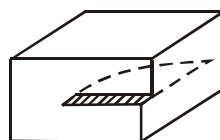
Рис. 3



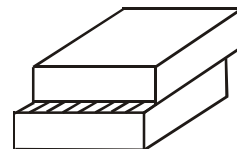
а



б



в



г

Рис. 4

В конечном итоге пластическая деформация представляет собой сдвиг одной части кристалла относительно другой. Каков же механизм пластического сдвига? Естественно предположить одновременное смещение всех атомов одного слоя по отношению к атомам соседнего слоя по плоскости сдвига  $MM$  (рис. 1), – так скользят бумажные листы в пачке бумаги при сдвиге ее верхней части. Усилие, которое надо приложить для осуществления такого сдвига, можно подсчитать и таким образом определить теоретическую прочность. Такой расчет был сделан Я.И. Френкелем, и получилось, что для железа прочность должна быть равна  $1300 \text{ кгс/мм}^2$ , тогда как в действительности предел прочности железа  $15 \text{ кгс/мм}^2$ , т.е. в 100 раз меньше.

Объяснение реального механизма сдвиговых процессов дает теория **дислокаций** – особого рода линейных несовершенств (дефектов) кристаллической решетки. Представления о дислокациях были введены в металлофизику для того, чтобы объяснить несоответствие между наблюдаемой и теоретической прочностью и описать атомный механизм скольжения при пластической деформации кристаллов. Если на первых этапах развития этой теории представления о дислокациях были предположительными, то затем были получены прямые доказательства их существования, а в настоящее время имеются многочисленные данные наблюдения дислокаций.

Наиболее простой и наглядный способ образования дислокаций в кристалле – сдвиг (рис. 2, а). Если сдвиг произошел только в части плоскости скольжения и охватывает площадку  $ABCD$ , то граница  $AB$  между участком, где скольжение уже произошло, и ненарушенным участком в плоскости скольжения и будет дислокацией. Атомная плоскость, перпендикулярная к плоскости скольжения и проходящая через  $AB$ , является как бы лишней и ее называют **экстраплоскостью**, а дислокацию  $AB$  – **краевой дислокацией**, обозначаемой знаком  $\perp$ . Возможны и другие виды дислокаций, например, **винтовая** (рис. 3, а) или **смешанная** (рис. 4, а). Винтовая дислокация получила свое название из-за того, что кристалл при этом можно считать состоящим из одной атомной плоскости, закрученной по винтовой поверхности вокруг дислокации  $AB$  (рис. 3, а). Нетрудно видеть, как движение дислокаций через кристалл вызывает остаточную деформацию кристалла (рис. 2-4 б, в, г). Перемещение дислокаций происходит по схеме, изображенной на рис. 5, из которого видно, что при перемещении дислокации на одно межатомное расстояние каждый атом экстраплоскости и плоскости в нижней части кристалла перемещается на значительно меньшую величину. При поочередном, эстафетном перемещении атомов на расстояния меньше межатомного, дислокация скользит на большие расстояния через весь кристалл. Если **при одновременном сдвиге** верхней части кристалла по отношению к нижней необходимо преодолеть межатомные связи между всеми граничными атомами по обе стороны от плоскости скольжения (см.



рис. 1), то **при перемещении дислокации** в соседнее положение разрываются межатомные связи только между двумя цепочками атомов (рис. 5). Именно этим объясняется низкое опытное значение кристаллического скалывающего напряжения.

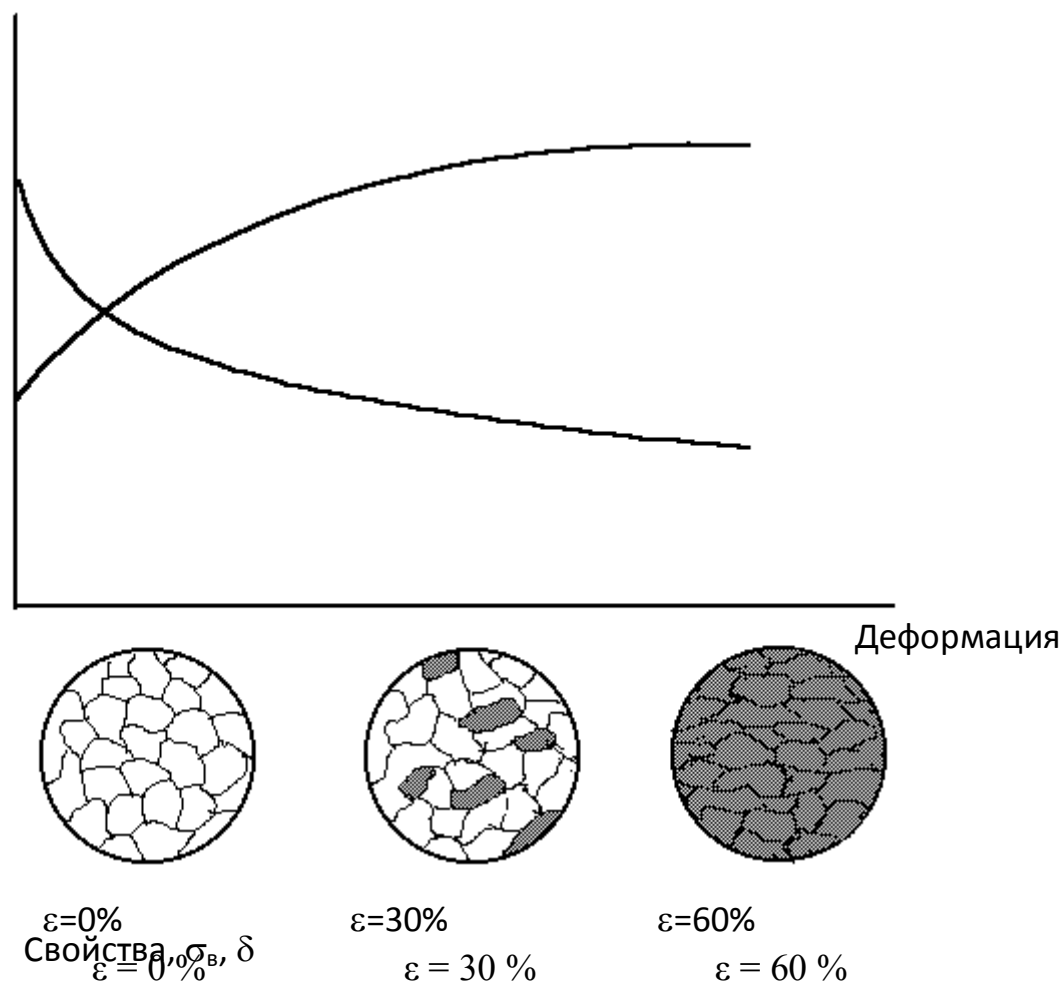


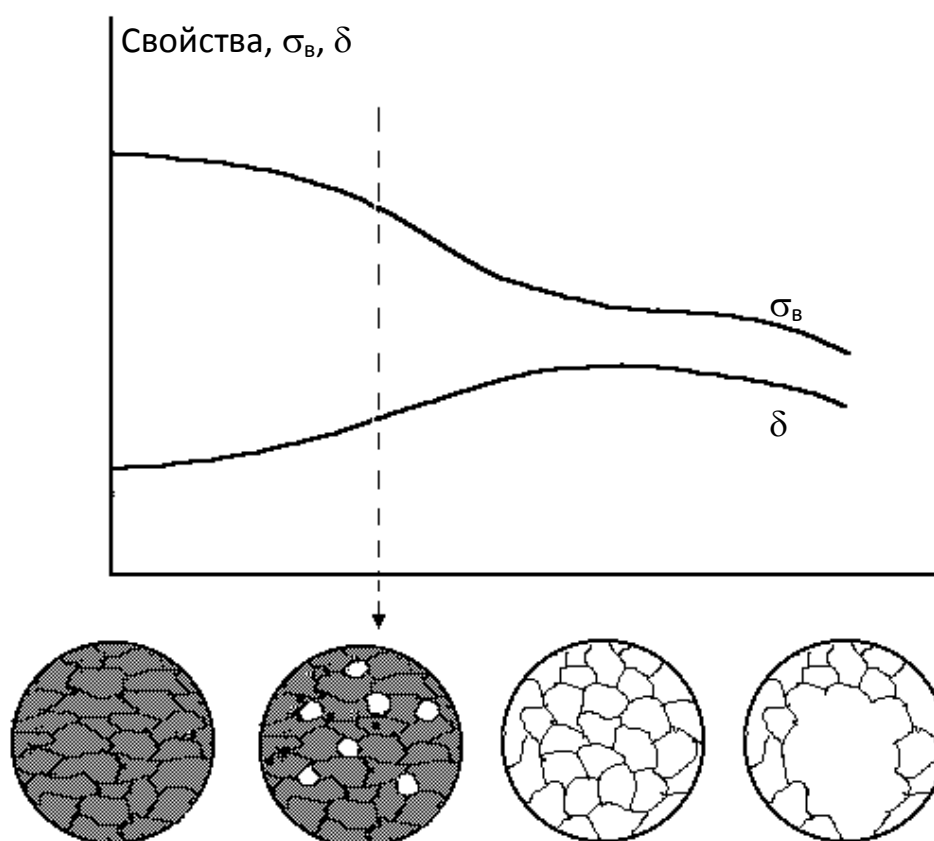
Рис. 6. Изменение структуры и свойств деформированного металла в зависимости от степени деформации

Интересно, что и в живой природе используется принцип движения, например, змеи и гусеницы образуют складки («положительной дислокации») и продвижения этой складки в сторону головы.

## 2. Наклеп и рекристаллизация металлов

Наиболее впечатляющим свойством металлов при пластической деформации является деформационное упрочнение, или способность металлов становиться прочнее при деформации. Из дислокационной теории следует, что для упрочнения металлов необходимо каким-либо образом затруднить движение дислокаций. Существует несколько способов закрепления дислокаций, один из которых является деформационным. Ранее

рассмотренное простейшее введение дислокации в кристалл при сдвиге показывает, что пластическая деформация увеличивает количество дислокаций в кристалле. Чем сильнее воздействие на металл, тем больше в нем образуется дислокаций. На начальной стадии деформация происходит за



счет скольжения относительно небольшого количества дислокаций. В процессе деформирования они движутся через кристалл и могут закрепляться различными препятствиями. Такие закрепленные дислокации сами затрудняют движение вновь возникших дислокаций, т.е. создается упрочнение самими дислокациями. В этом случае говорят об упрочнении деформацией или просто о **наклепе** металла. Пластическая деформация оказывает существенное влияние на механические свойства металла и его структуру (рис. 6).

Рис. 7. Изменение структуры и свойств деформированного металла при нагреве

На рис. 6 показано, как под действием приложенной нагрузки зерна, из которых состоят все технические металлы, начинают деформироваться и вытягиваться, сохраняя свой объем. Это структурно неустойчивое состояние. Кроме того, внутри каждого зерна и по его границам сосредотачивается большое количество дислокаций, плотность которых возрастает с  $10^6$ - $10^7$  см<sup>-2</sup> для недеформированного металла до  $10^{10}$ - $10^{12}$  см<sup>-2</sup> для деформированного. То

есть, кристаллическая решетка зерен становится искаженной, несовершенной. С увеличением степени деформации наклеп увеличивается, а пластичность уменьшается, что приводит при большой степени деформации к возникновению трещин и разрушению.

Для снятия наклепа деформируемый металл нагревают, в результате происходят процессы перераспределения и уменьшения концентрации структурных несовершенств: *возврата, полигонизации и рекристаллизации*. Заключительным и сильно действующим процессом, переводящим наклепанный металл в устойчивое состояние, является **рекристаллизация** – процесс полной или частичной замены деформированных зерен данной фазы другими, более совершенными зернами той же фазы (рис. 7). Рекристаллизация заключается в зарождении новых, более совершенных зерен и их росте за счет менее совершенных, т.е. рекристаллизация является диффузионным процессом, протекающим во времени.

Наименьшую температуру, при которой начинается процесс рекристаллизации и происходит разупрочнение, называют **температурой рекристаллизации**. Между температурой рекристаллизации ( $T_p$ ) и температурой плавления ( $T_{пл}$ ) металлов существует простая зависимость, определенная металловедом А.А. Бочваром:

$$T_p = \alpha \cdot T_{пл} \text{ (К)}.$$

Ниже приведена температура рекристаллизации металлов и сплавов:

$$T_p = (0,1 \div 0,2) \cdot T_{пл} \text{ – для чистых металлов,}$$

$$T_p = 0,4 \cdot T_{пл} \text{ – для технически чистых металлов,}$$

$$T_p = (0,5 \div 0,6) \cdot T_{пл} \text{ – для сплавов (твердых растворов).}$$

Температуру начала рекристаллизации определяют металлографическим и рентгеноструктурным методами, а также по изменению свойств. Если  $T_p$  определяют по изменению твердости, то за  $T_p$  принимают температуру, при которой прирост твердости, созданный деформацией, уменьшается вдвое (см. рис. 8).

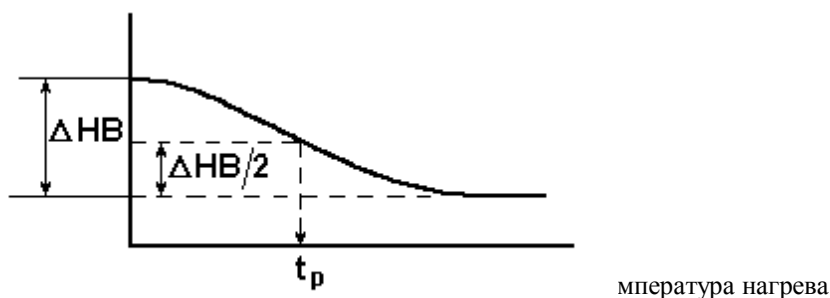


Рис. 8. Определение температуры рекристаллизации по изменению твердости при нагреве

Температура рекристаллизации необходима для назначения режимов **рекристаллизационного отжига** – термической обработки для снятия

наклепа. Температура такого отжига должна быть выше температуры рекристаллизации для данного сплава.

Величина рекристаллизованных зерен (зерен после рекристаллизационного отжига) очень сильно зависит от степени деформации (рис. 9).

Существует небольшая степень деформации (до 10 %), называемая критической, при которой размер образующегося рекристаллизованного зерна в несколько десятков раз превышает исходное, недеформированное зерно. Это явление повсеместно встречается в технике, где деформация изменяется от 0 и до больших степеней, и его следует учитывать т.к. в некоторых случаях укрупнение зерна нежелательно (сильно снижается ударная вязкость), а в других благоприятно (получение требуемых электромагнитных свойств, повышение жаропрочности).

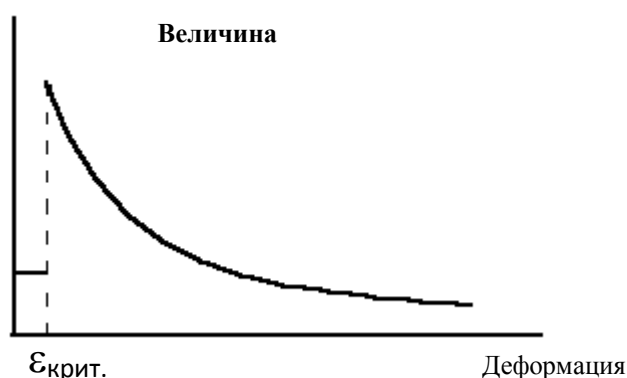


Рис. 9. Влияние степени деформации на величину рекристаллизованного зерна

Рекристаллизация в области критической степени деформации обусловлена объединением групп зерен в одно. С увеличением степени деформации величина рекристаллизованного зерна уменьшается, что связано с увеличением центров рекристаллизации.

По температуре рекристаллизации различают холодную и горячую пластическую деформацию металлов.

**Холодная деформация** — деформация металла, которая осуществляется при температуре ниже температуры рекристаллизации. При холодной деформации увеличивается плотность дислокаций, зерна вытягиваются в направлении деформации, увеличивается прочность металла и снижается пластичность.

**Горячая деформация** — деформация металла, которая осуществляется при температуре выше температуры рекристаллизации. При горячей обработке давлением (прокатке, ковке, штамповке, прессовании) упрочнение, создаваемое в процессе деформации, снимается в результате рекристаллизации в ходе самой деформации.

## Задания для выполнения работы (для подгруппы 2-4 человека)

1. Для образцов меди, деформированных на 30-40 %, определить температуру рекристаллизации меди по изменению твердости после нагрева на различную температуру (по графической зависимости «твердость – температура»). За центр температурного интервала принять температуру рекристаллизации меди, определенную по формуле А.А. Бочвара. Температурный шаг от центра интервала в сторону уменьшения и увеличения температуры принять 50 °С. Температура плавления меди 1083 °С. Сравните теоретическую температуру рекристаллизации меди с определенной в работе и объясните причину различия.

2. Провести холодную деформацию образцов технической чистой меди на различную степень деформации и определить изменение твердости деформированных образцов в зависимости от степени деформации.

Степень деформации рассчитывается по формуле:



$$\varepsilon = (h_0 - h_K) \cdot 100 / h_0, \%$$

$h_0 \quad h_1 \quad h_2 \quad h_3$

где  $h_0$  – толщина образца до деформации,  
 $h_K$  – толщина образца после деформации.

Результаты измерений внести в таблицу 1 и построить графическую зависимость твердости от степени деформации.

Табл. 1

№ п/п	Исходная толщина $h_0$ , мм	Конечная толщина $h_K$ , мм	Степень деформации $\varepsilon$ , %	Твердость, <i>НВ</i>	Примечание

3. Провести горячую деформацию образцов технической чистой меди на различную степень деформации и определить изменение твердости горячедеформированных образцов в зависимости от степени деформации. Результаты измерений внести в таблицу 1 и построить графическую зависимость твердости от степени горячей деформации.

4. Холоднодеформированные образцы меди подвергнуть рекристаллизационному отжигу в течение 10 минут и определить изменение твердости отожженных образцов в зависимости от степени деформации. Результаты измерений внести в таблицу 1 и построить графическую зависимость.

## Задачи

1) Объясните старинный цирковой номер: почему согнутую силачом подкову предлагалось разогнуть зрителям, а не наоборот?

2) Детали из низкоуглеродистой стали, полученные штамповкой в холодном состоянии, имели после штамповки неодинаковую твердость в различных участках: она колебалась от 120 *HВ* до 200 *HВ*. Твердость стали до штамповки составляла 100 *HВ*. Объяснить, почему сталь получила неодинаковую твердость.

3) Объяснить, можно ли отличить по микроструктуре металл, деформированный в холодном состоянии, от металла, деформированного в горячем состоянии, и указать, в чем заключается различие микроструктуры.

4) Три образца низкоуглеродистой стали подвергались холодной деформации: первый на 5 %, второй на 15 %, третий на 30 %, а затем нагревались до 700 °С. Указать, в каком образце сформируется более крупное зерно и как влияет рост зерна на свойства стали.

5) Объяснить, почему при горячей обработке давлением не рекомендуется проводить последнюю операцию с малой степенью обжатия и как может такая деформация влиять на величину зерна и свойства металла.

6) Объяснить, можно ли создать значительное упрочнение свинца, если его подвергнуть деформации при комнатной температуре.

$$(t_{\text{пл}}\text{Pb} = 327,4\text{ }^{\circ}\text{C}.)$$

7) Указать, как повлияет на значение твердости, определенной, например, шариком по Бринеллю, повторное измерение на участке, в непосредственной близости от него.

8) Волочение проволоки проводят в несколько переходов. Если волочение выполняют без промежуточных операций отжига, то проволока на последних переходах дает разрывы. Объяснить причины разрывов и указать меры для предупреждения этого.

9) Прутки латуни после изгиба в холодном состоянии подвергают рекристаллизации для снятия наклепа. Указать, будет ли прутки после рекристаллизации иметь одинаковые по размеру зерна по всему сечению.

10) Объяснить, к какому виду деформации – холодной или горячей – надо отнести:

прокатку олова при комнатной температуре ( $t_{\text{пл}}\text{Sn} = 232\text{ }^{\circ}\text{C}$ );

деформацию стали при 400 °С ( $t_{\text{пл}}\text{стали} = 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

## Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Оборудование и материалы, используемые в работе.
3. Основные положения по деформации, наклепу и рекристаллизации металлов (кратко).

4. Описание экспериментальной части работы и полученные результаты с необходимым графическим материалом, анализом, выводами.
5. Обоснованное решение указанной преподавателем задачи.

### **Лабораторная работа №5**

#### **по теме «Ознакомление с влиянием различных условий на свойства смазочных материалов».**

**Цель:** 1. Ознакомление с методикой определения температуры каплепадения.  
2. Закрепление знаний по физико-химическим свойствам основных марок пластичных смазок.

#### **Оборудование рабочего места .**

Образцы испытуемых пластичных смазок, прибор для определения температуры каплепадения, стеклянная емкость, нагревательное устройство, стеклянная пластинка, пробирки, стеклянная палочка, шпатель, дистиллированная вода, пенетrometer, бензин, секундомер.

#### **Порядок выполнения работы.**

1. Ознакомиться с основными положениями работы.
2. Выполнить в соответствии с заданием экспериментальную часть работы.
3. Проанализировать полученные результаты и на основании теоретического материала сделать необходимые выводы.
4. Заполнить таблицу.

Студенты приготавливают два вида смазок в соответствии и определяют следующие основные показатели качества смазок: коллоидная стабильность, пенетрация; температура каплепадения. Результаты заносят в табл. 1. и формулируют выводы о влиянии рецептуры и технологии приготовления смазок на их качество.

Таблица 1 Показатели качества пластичной смазки

Показатели качества	Полученный продукт	
	1	2
Температура каплепадения, °С		
Пенетрация, мм <sup>-1</sup>		
Коллоидная стабильность, % отпрессованного масла		

#### **Контрольные вопросы**

1. Состав и структура смазок.
2. Дисперсионная среда и дисперсная фаза.
3. Классификация смазок.
4. Области применения смазок.
5. Основные преимущества и недостатки смазок по сравнению с жидкими и твердыми смазочными материалами.
6. Основные стадии производства смазок
7. Показатели качества смазок
8. Влияние основных рецептурно-технологических факторов на структуру и основные свойства смазок.

### **Содержание отчета.**

1. Наименование и цель работы.
2. Оборудование и материалы, используемые в работе.
3. Основные положения о смазочных материалах (кратко).
4. Описание экспериментальной части работы и полученные результаты с необходимым графическим материалом, анализом, выводами.
5. Обоснованное решение указанной преподавателем задачи.

### **Лабораторная работа № 5**

**по теме «Неметаллы: свойства, виды, марки».**

#### **1 Цель работы**

Ознакомиться с технологическим процессом изготовления деталей из пресспорошков методом горячего прессования, определить предел прочности, удельную прочность при сжатии, образца.

#### **2 Теоретическая часть**

##### **Общие сведения о пластмассах**

К пластмассам относится материал состоящий либо из чистых полимеров, либо из смеси полимеров с наполнителями, пластификаторами, стабилизаторами, красителями, смазочными и другими веществами.



В зависимости от поведения полимерных соединений при нагревании их подразделяют на две группы: термопластичные и термореактивные.

Термопластичные соединения при нагревании приобретают пластичность, а при охлаждении вновь возвращаются в упруго-твердое состояние.

Полимеры этой группы чаще имеют линейную или разветвленную структуру и характеризуются высокой прочностью, незначительной упругостью к пластической деформации. К группе термопластичных полимеров относятся полистирол, полиэтилен, полиамицин, поливинилхлориды и др.

Термореактивные соединения при нагревании легко переходят в вязко-текучее состояние, но с увеличением продолжительности нагревания в результате химических реакций переходят в твердое, нерастворимое состояние. Макромолекулы этих материалов связаны между собой в трех пространственных направлениях, что придает полимеру высокую твердость и обуславливает снижение пластичности. К ним относятся смолы на основе глицерина и многоосновных кислот, смолы фенолофармольцегидциновые, мочевиноальдегидные, эпоксидные и др.

Существует ряд способов переработке полуфабрикатов в изделия. Основные из них:

- **Горячее прессование.** Применяется в основном для переработки термореактивных пластмасс. При этом как формирование, так и отверждение изделий происходит в нагретой пресс-форме. Процесс прессования осуществляется на обычных гидравлических прессах.

- **Литье под давлением.** Одним из основных способов переработки термопластичных пластмасс. Литье под давлением проводится на специальных литьевых машинах, работающих автоматически или полуавтоматически. Расплав полимера из цилиндра машины подается в охлажденную пресс-форму где он затвердевает и образует изделие.

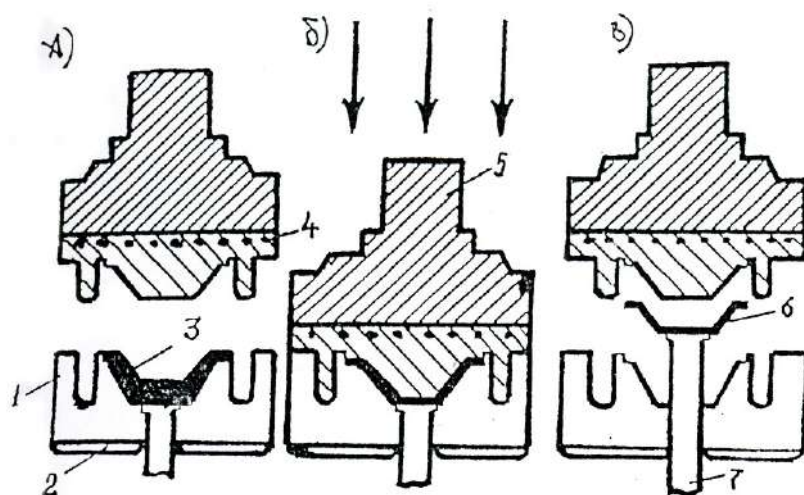


Рисунок 1 - Схема горячего прессования.

1 - матрица, 2 - подогреватели, 3 - пресс-материал, 4 - пуансон,  
5 – поршень, 6 - деталь, 7 - выталкиватель

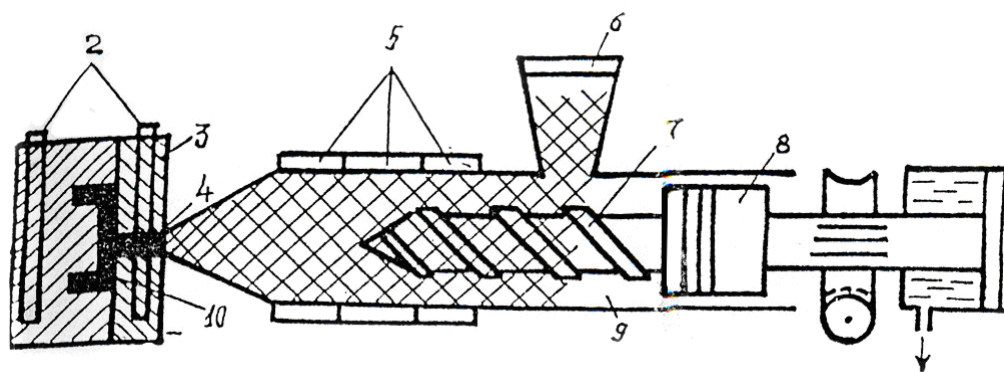


Рисунок 2 - Схема процесса литья под давлением на червячной машине.

1,3 - полуформы, 2 - каналы для охлаждения, 4 - центральный канал  
подачи массы, 5 - нагреватель, 6 - бункер-приемник,  
7 – дозатор - пластификатор, 8 - поршень, 9 - нагревательный цилиндр.

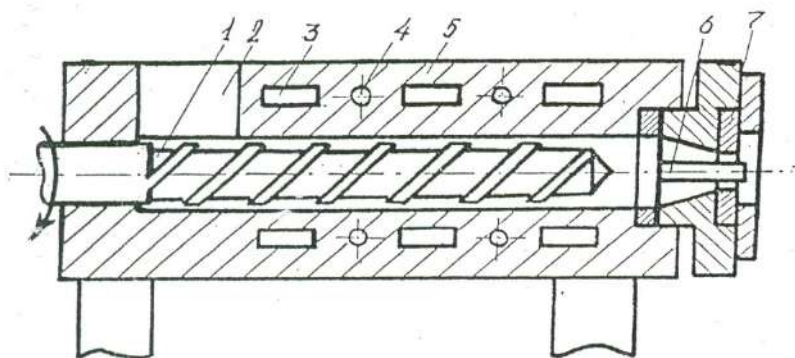


Рисунок 3 - Схема одночервячного экструдера.

1 - червяк, 2 - бункер, 3,4 - канал охлаждения, 5 - нагревательный цилиндр, 6 - экструзионная головка, 7 - мундштук.

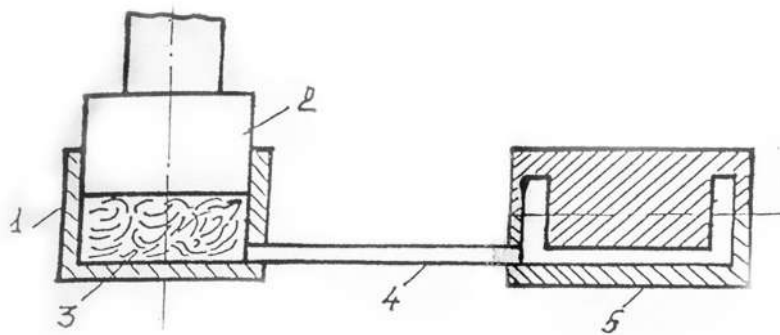


Рисунок 4 - Схема изготовления пластмассовых изделий пресс-литьем.

1 - загрузочная камера, 2 - пуансон, 3 - пресс-материал, 4 - литниковый канал, 5 - рабочая полость.

- **Экструзия.** Осуществляется на винтовых (червячных, шнековых) машинах термопластичных материалов и на профильных производится винтом, а у непрофильных процессов - поршнем или плунжером.

- **Пресс - литье** выполняется на специальных прессах. Схема изготовления изделий показана на рис.23. Загрузочная камера 1 пресслитьевой формы отделена от оформляющей одним или несколькими узкими литниковыми каналами 4. Давления в начале прессования передается пуансоном 2 только на материал в загрузочной камере. Пресс-материал 3 из загрузочной камеры после разогрева ее и перехода в текучее состояние поступает под давлением в оформляющую полость 5 через литниковые

каналы.

- **Каландрирование.** Процесс, при котором размягченный термопластичный материал пропускается через зазор между вращающимися валиками.

- **Механическая обработка,** сварка, склеивание и т.д. Применяются для получения изделий из поделочного материала, в качестве которого используется плитка, лист, труба, пленка и т.д.

- **Напыление.** Покрытие металлов пластмассами с целью повышения их стойкости в агрессивных средах (защита от коррозии).

### **Задание по лабораторной работе**

Исследование физико-механических свойств пластмасс, диаметром 10мм и высотой 15мм.

### **4. Материальное обеспечение опыта**

4.1. Образцы пластмасс.

4.2. Мерный стаканчик.

### **5. Порядок выполнения работы.**

Исследование осуществляется на 3-х образцах физико-механических свойств пластмасс, диаметром 10мм и высотой 15мм.

Таблица 1

Марка пластмассы	К-18-2	К-119-2	К-18-53	Волокнит	Аминопласт
Удельный вес образца	1,73	1,73	2,16	1,79	1,85

### **5.1 Подготовка к работе**

5.1.1. Подготовить теоретические разделы дисциплины

5.1.2. Внимательно ознакомится с заданием, оборудованием и инструментом, использованными в работе.

5.1.3. Изучить схему и описание лабораторной установки

5.1.4. Изучить методику выполнения работы

5.1.5. Оформить отчет по работе.

#### 5.1.6. Техника безопасности:

- Испытание образцов на разрушение производится на прессе с предохранительной сеткой.

### 5.2 Проведение работы

Определить величину разрушающей нагрузки по формуле:

$$P = P_{\text{мон}} \cdot F_{\text{п}}$$

где  $P_{\text{мон}}$  – показания манометра  $\text{кг/см}^2$ ,

$F_{\text{п}}$  – площадь поршня прессы, равная  $26,4 \text{ см}^2$ ,

Предел прочности при сжатии определяется по формуле:

$$u_c = P/F$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка, кг,

$F$  – площадь поперечного сечения образца до испытания,  $\text{см}^2$

За результат испытания принимается среднее арифметическое всех определений.

### Определение удельной прочности при сжатии

Удельная прочность – предел прочности, отнесенный к удельному весу, взятому как безразмерная величина. Удельная прочность при сжатии определяется по формуле:

$$u = u_c / \gamma$$

где  $u_c$  – предел прочности при сжатии,  $\text{кг/см}^2$

$\gamma$  – удельная масса образца (безразмерная величина, находится из таблицы 1).

### 5.3 Обработка результатов

Конечной целью результата эксперимента является расчет результатов манометра, величины разрушающей нагрузки, удельной прочности. За результат испытания принимается среднее арифметическое всех определений.

## 6 Отчет по работе

Отчет должен содержать:

- задание по лабораторной работе;
- описание и схему лабораторной установки;
- формулы
- результаты обработки эксперимента с описанием процесса их получения.

**Контрольные вопросы.**

1. Чем отличается полимер от пластмассы?
2. Перечислите методы переработке пластмасс.
3. Метод экструзии.
4. Метод пресслитья.
5. литье под давлением.
6. Классификация пластмасс по их поведению при нагреве.
7. Преимущество пластмасс перед металлическими материалами.