

*Приложение 2.27.1 к ОПОП-П
по специальности 15.02.03
Техническая эксплуатация
гидравлических машин,
гидроприводов и
гидропневмоавтоматики*

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ОП.05 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

для обучающихся специальности

**15.02.03 Техническая эксплуатация гидравлических машин,
гидроприводов и гидропневмоавтоматики**

Магнитогорск, 2024

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
«Механического, гидравлического
оборудования и автоматизации»
Председатель О.В. Коровченко
Протокол № 5 от «31»января 2024г.

Методической комиссией МпК

Протокол № 3 от «21»февраля 2024г.

Разработчик:

преподаватель образовательно-производственного центра (кластера)
Многопрофильного колледжа ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
И.Н. Трубина

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

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессиональных модулей программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 15.02.03 Техническая эксплуатация гидравлических машин и гидропневмоавтоматики и овладению профессиональными компетенциями.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Методические указания	6
Лабораторное занятие №1	7
Лабораторное занятие №2	11
Лабораторное занятие №3	15
Лабораторное занятие №4	29
Лабораторное занятие №5	34
Лабораторное занятие №6	37
Лабораторное занятие №7	42
Лабораторное занятие №8	47
Практическое занятие №1	52
Практическое занятие №2	69
Практическое занятие №3	78
Практическое занятие №4	81
Практическое занятие №5	89
Практическое занятие №6	113
Практическое занятие №7	117
Практическое занятие №8	122
Практическое занятие №9	125
Лабораторное занятие №9	131
Практическое занятие №10	143
Практическое занятие №11	147
Практическое занятие №12	160
Практическое занятие №13	163
Лабораторное занятие №11	167
Лабораторное занятие №10	184
Практическое занятие №14	198
Практическое занятие №15	226
Практическое занятие №16	231

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

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

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

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

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Материаловедение» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

- У 1.1.04 распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- У 1.2.05 определять виды конструкционных материалов;

- У 1.2.06 выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации;
- У 1.3.04 проводить исследования и испытания материалов;
- Уо 01.01 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- Уо 02.01 определять задачи для поиска информации;
- Уо 02.02 определять необходимые источники информации;
- Уо 04.02 взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности

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

ПК 1.2. Осуществлять пуск и наладку гидравлических и пневматических приводов.

ПК 1.3. Организовывать и проводить испытания гидравлических и пневматических устройств и систем

А также формированию ***общих компетенций***:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

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

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

Практические и лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1. Общая характеристика и строение металлов

Лабораторное занятие № 1

Определение видов металлов по макроструктуре

Цель работы: формирование умений определять виды металлов по их внешним признакам

Выполнив работу, Вы будете уметь:

– определять виды металлов и сплавов по макроструктуре;

Материальное обеспечение:

Образцы видов металлов; технические весы; разновесы; штангенциркуль; карандаши цветные; справочная таблица; формула.

Задание:

Определите вид металла, из которого изготовлены образцы по внешним признакам (вес, цвет, оттенки) и сделайте вывод, определив удельный вес металлов опытным путем.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите ход выполнения работы.
2. Определите визуально и подтвердите опытным путем (через определение удельного веса) вид металла, из которого изготовлен каждый образец.
3. Результаты оформите в виде таблицы.

Ход работы:

1. Рассмотрите предложенные образцы. Определите визуально вид металла по внешним признакам (вес, цвет, оттенки, степень блеска).

2. Цветными карандашами зарисуйте образцы металлов (сплавов).

3. Взвесьте образцы металлов на технических весах с точностью до 0,01 гр.

4. Определите объем образца с помощью штангенциркуля по формуле: $V = a \times b \times h = (\text{см}^3)$. Полученные данные занесите в таблицу

5. Определите расчетным путем удельный вес металла P_1 , разделив массу (в граммах) на объем (в см^3)

6. Сравните полученный результат с табличным значением P_2 удельного веса определенного веса металлов (сплавов). Полученные данные занесите в таблицу (форма представлена ниже).

Физические свойства основных металлов

Таблица 1

№ п \ п	Название металлов	Симво л	Удельны й вес г/см^3	Температура плавления $^{\circ}\text{C}$	Коэффицие нт линейного расширени я
1	Алюминий	Al	2,7	660	0,000024
2	Вольфрам	W	19,3	3200	0,000004
3	Железо	Fe	7,8	1530	0,000012
4	Кобальт	Co	8,9	1480	0,000012
5	Магний	Mg	1,7	651	0,000026
6	Марганец	Mn	7,5	1250	0,000023
7	Медь	Cu	8,9	1083	0,000017
8	Никель	Ni	8,9	1452	0,000014

9	Олово	Sn	7,3	232	0,000023
1 0	Свинец	Pb	11,3	327	0,000029
1 1	Сурьма	Sb	6,7	630	0,000010
1 2	Цинк	Zn	7,1	419	0,000032
1 3	Хром	Cr	6,9	1700	0,000008

Форма представления результата:

Таблица 2

Вид металла (сплава)	Эскиз	Цвет (оттенки)	Объем, см ³	Вес P ₁ , кг	Погрешность определения удельного веса металлов P ₁ -P ₂
----------------------------	-------	-------------------	---------------------------	----------------------------	---

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо

70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Тема 1.1. Общая характеристика и строение металлов

Лабораторное занятие №2

Определение видов металлов по микроструктуре

Цель работы: формирование умений определения видов металлов и сплавов по микроструктуре

Выполнив работу, Вы будете уметь:

-выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения.;

-определять виды металлов и сплавов по микроструктуре

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, альбом металлографический, микроскоп, образцы металлов.

Задание:

1. Определить по образцам с помощью приборов виды сталей и чугунов

2. Оформить полученные результаты в тетради

Краткие теоретические сведения:

Микроструктура – структура металла или сплава, видимая с помощью микроскопа на специально полированных и протравленных образцах, называемых *шлифами*. Микроструктуру сплавов изучают под микроскопом на хорошо приготовленных шлифах.

В альбоме приведены микроструктуры сталей и чугунов.

Сталь – сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится до 2,14%.

Чугун - сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится от 2,14% до 6,67%.

Эвтектоидные стали – железоуглеродистые сплавы с массовой долей углерода 0,8%.

Доэвтектоидные стали – железоуглеродистые сплавы с массовой долей углерода до 0,8%.

Заэвтектоидные стали – железоуглеродистые сплавы с массовой долей углерода от 0,8% до 2,14%.

Белый чугун – чугун, в котором весь углерод связан с железом в виде цементита. Белый чугун имеет светлый излом, высокую твердость и хрупкость.

Серый чугун – чугун, в котором углерод выделяется в форме графита. Серый чугун имеет серый излом, достаточную твердость и прочность.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите ход выполнения работы
2. Определите по образцам с помощью микроскопа виды сталей и чугунов
3. Оформите полученные результаты в тетради

Ход работы:

1. Зарисуйте структуры образцов металлов по снимкам, изображенным в металлографическом альбоме (по указанию преподавателя). Подпишите все структурные составляющие.

2. Выучите определения, характеристики структурных составляющих.

3. По рисунку определите сталь это или чугун.

4. По выданным образцам с помощью микроскопа определите вид стали и чугуна

Результаты оформите в тетради

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторное занятие №3

Изучение влияния условий кристаллизации на структуру и механические свойства металла

Цель работы:

1. Изучить механизм и кинетику процесса кристаллизации.
2. Изучить макроструктуру металлических слитков.

3. Изучить влияние условий кристаллизации на структуру и механические свойства металла.

Материалы и оборудование для выполнения

работы:

Водные растворы солей (хромпика $K_2Cr_2O_7$, марганцовокислого калия $KMnO_4$, поваренной соли $NaCl$), биологические микроскопы, металлические слитки, сплав алюминия с кремнием (силумин), муфельная электропечь с термопарой и автоматическим потенциометром, металлическая форма (кокиль), керамическая форма, маятниковый копер МК-30.

Основные положения

Кристаллизация – это процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое, кристаллическое. В расплавленном металле нет дальнего порядка: расстояния между атомами не являются постоянными, объемы с упорядоченным расположением атомов то возникают, то снова исчезают (рис. 1, а). В процессе кристаллизации устанавливается *дальний порядок*: атомы располагаются на определенных расстояниях по каждому пространственному направлению, образуя *кристаллическую решетку* (рис. 1, б). Такое упорядоченное расположение возникает за счет равновесия сил притяжения и отталкивания между атомами и соответствует минимуму энергии взаимодействия атомов в металле.

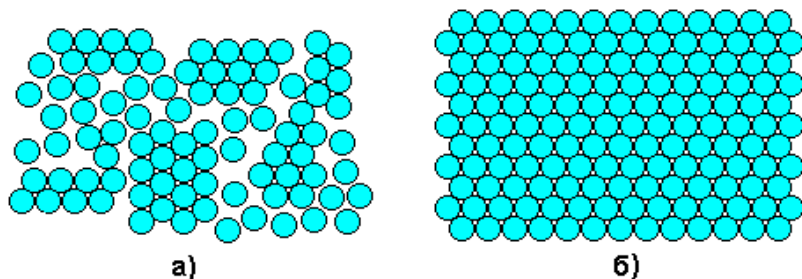


Рис. 1. Расположение атомов в жидком (а) и твердом (б) металле

Процесс кристаллизации может идти самопроизвольно, а может вызываться какими-то искусственными причинами.

Самопроизвольно идут только те термодинамические процессы, которые приводят к уменьшению свободной энергии системы. (*Свободная энергия F* – это изменяемая часть полной энергии системы.) С повышением температуры металла его свободная энергия как в жидком, так и в твердом состоянии снижается, но с разной скоростью: свободная энергия жидкого металла снижается быстрее (рис. 2). Поэтому кривые зависимости свободной энергии от температуры пересекаются при какой-то температуре T_S . При любой температуре ниже T_S меньшим уровнем свободной энергии обладает твердый металл, поэтому, если охладить расплав до температуры $T_1 < T_S$, начнется кристаллизация. И наоборот, при температурах выше T_S устойчиво жидкое состояние, поскольку жидкий металл имеет меньший уровень свободной энергии. Значит, нагрев до $T_2 > T_S$ приведет к плавлению.

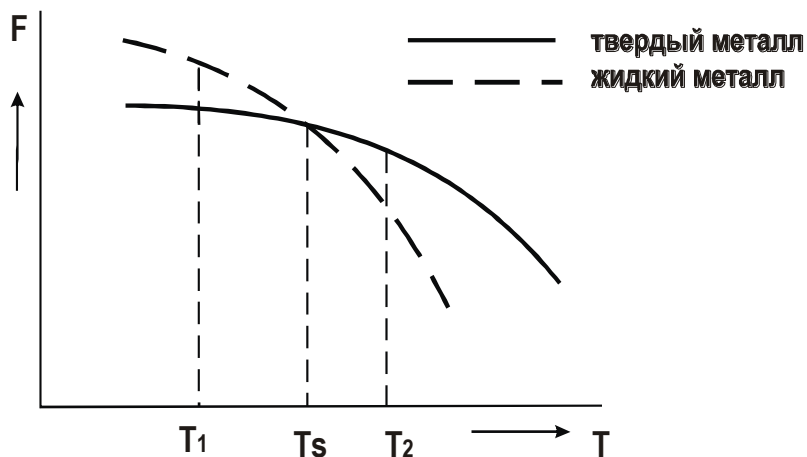


Рис. 2. Зависимости свободной энергии металла от температуры

Температура T_S , при которой свободная энергия металла в твердом и жидком состоянии одинакова, называется **теоретической температурой кристаллизации**. При этой температуре жидкость и кристаллы находятся в равновесии, ни плавление, ни кристаллизация до конца не идут.

Чтобы кристаллизация осуществилась, необходимо некоторое переохлаждение относительно теоретической температурой кристаллизации. В таком случае образование кристаллов дает выигрыш в свободной энергии, что и является стимулом процесса. Поэтому на самом деле кристаллизация всегда происходит при температуре ниже T_S . *Реальная температура кристаллизации T_R* всегда меньше теоретической. Разность между теоретической и реальной

температурой кристаллизации называется **степенью переохлаждения ΔT** :

$$\Delta T = T_S - T_P.$$

Измеряя температуру металла в процессе кристаллизации, можно получить *кривую охлаждения* (рис. 3). Это график в координатах «температура – время». На этой кривой имеется горизонтальный участок, соответствующий переходу металла из жидкого состояния в твердое. Постоянная температура на этом участке поддерживается за счет выделения *скрытой теплоты кристаллизации*.

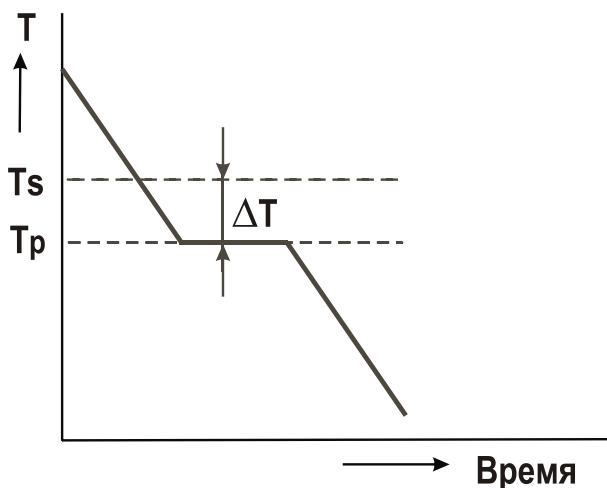


Рис. 3. Кривая охлаждения расплавленного металла

Степень переохлаждения при кристаллизации не является постоянной величиной. Она увеличивается с увеличением скорости охлаждения металла. В реальных заводских условиях изготовления отливок степень переохлаждения обычно не превышает $20\text{--}30^\circ$, но для очень

чистых металлов может достигать нескольких сотен градусов.

Механизм процесса кристаллизации можно представить в виде двух элементарных процессов:

1) Образование в жидкости центров кристаллизации (зародышей, мельчайших твердых частиц).

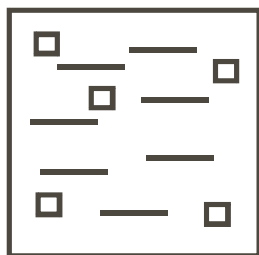
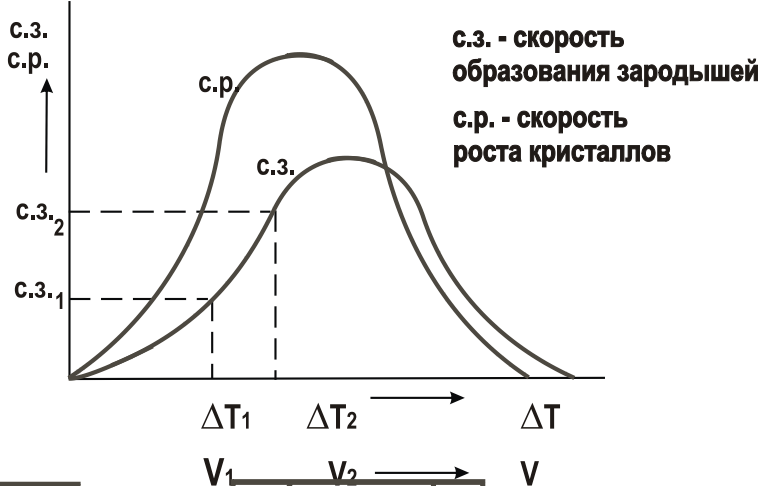
2) Рост кристаллов из образовавшихся зародышей.

Скорости этих элементарных процессов зависят от степени переохлаждения ΔT или скорости охлаждения металла V . Эта зависимость показана на рис. 4.

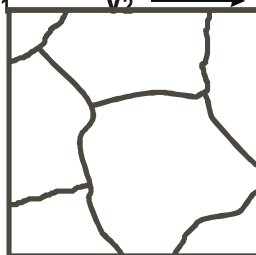
Как уже говорилось, в большинстве случаев процессы кристаллизации металла на металлургических заводах, в литейных цехах происходят при сравнительно небольших степенях переохлаждения (левая часть графика на рис. 4).

Из приведенной на рис. 4 зависимости видно, что при малых скоростях охлаждения и малых степенях переохлаждения (например, ΔT_1 и V_1) получается небольшая скорость образования зародышей (с.3.1). Следовательно, в кристаллизующейся жидкости образуется небольшое число центров кристаллизации и из них вырастает небольшое число кристаллов, что приводит к появлению крупнозернистой структуры после затвердевания металла. Схематически это показано на рис. 5.

Рис. 4.
Зависимость
скорости
процесса
кристаллизации
и от степени
переохлажден
ия



V_1 V_2 V

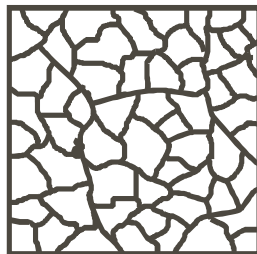
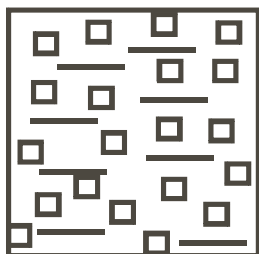


а)

б)

**Рис. 5. Кристаллизация при медленном охлаждении:
а – начало процесса; б – окончание процесса**

Если же кристаллизация происходит при больших скоростях охлаждения и больших степенях переохлаждения (ΔT_2 , V_2), то в жидкости образуется большое количество центров кристаллизации (с.з.2) и из них, соответственно, вырастает большое число кристаллов. Металл при этом получается мелкозернистый (рис. 6).



а)

б)

Рис. 6. Кристаллизация при быстром охлаждении:**а – начало процесса; б – окончание процесса**

Столкновение растущих кристаллов приводит к потере ими правильной огранки. Такие потерявшие правильную форму кристаллы называются *зернами*.

При очень маленькой скорости охлаждения (крайняя левая точка на рис. 4) может возникнуть один-единственный центр кристаллизации, из которого вырастет один кристалл (*монокристалл*). Необходимые в электронике монокристаллы полупроводников выращивают путем очень медленного вытягивания затравки из расплава.

При огромных скоростях охлаждения (крайняя правая точка на рис. 4) достигаются такие большие степени переохлаждения, что тепловое движение атомов в металле замедляется, атомы не успевают образовать дальний порядок, выстроиться в кристаллическую решетку. Жидкое, неупорядоченное состояние металла оказывается как бы «замороженным». Металл становится твердым, но не имеет кристаллического строения. Это *аморфный металл* или *металлическое стекло*. Аморфные металлы широко применяются в современной аудиотехнике благодаря уникальным магнитным свойствам.

Поскольку структура металла определяет его свойства, рассмотренные закономерности кристаллизации могут быть использованы для формирования необходимых свойств металла при отливке деталей.

Мелкозернистый металл обладает более высоким сопротивлением деформации и большей вязкостью. Дело в том, что границы зерен являются барьером для развития деформации и для роста трещины. В мелкозернистом металле суммарная поверхность зерен в единице объема больше, чем в крупнозернистом. Поэтому и сопротивление мелкозернистого металла деформированию и разрушению больше. Чтобы разрушить металл с мелким зерном требуется затратить больше энергии.

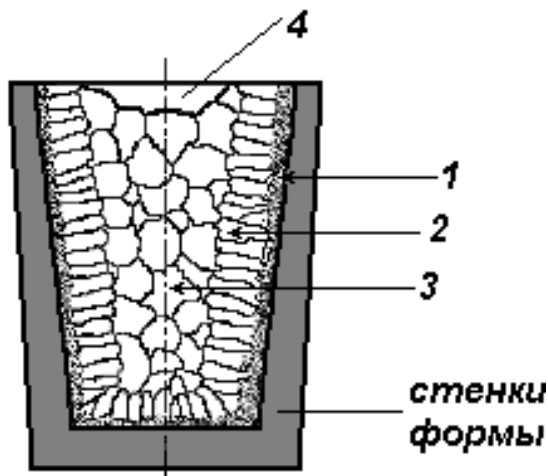
Поэтому при отливке деталей, испытывающих значительные нагрузки при эксплуатации, целесообразно проводить процесс кристаллизации при высокой скорости охлаждения, чтобы получить мелкозернистую структуру. Если необходимую скорость кристаллизации обеспечить не удастся (в отливках большой массы), то для измельчения зерна в жидкий металл вводят небольшие добавки примесей в виде мелких нерастворимых в расплаве частиц, увеличивая тем самым число центров кристаллизации. Такой процесс называется *модифицированием*, а вводимые добавки – *модификаторами*.

В качестве модификаторов обычно применяются мелкие частицы карбидов, оксидов (Cr_7C_3 , VC, TiC, Al_2O_3 и др.) и некоторые вещества, облегчающие образование зародышей в жидкости (B, Mg и др.). Измельчению зерна способствует также вибрация кристаллизующегося металла.

Следует иметь в виду, что при получении отливок затвердевание металла в форме происходит с разными скоростями охлаждения в различных ее частях. Скорость охлаждения уменьшается от стенки формы к центральной ее части, при этом меняется и направление теплоотвода в

местах роста кристаллов. В результате полученный слиток имеет неодинаковое строение по сечению, а значит, и разные свойства (рис. 7). Поверхностный слой будет мелкозернистый (т.е., с высокими механическими свойствами), центральная часть слитка – крупнозернистая.

Рис. 7. Характерные зоны слитка:



1 – корка (зона мелких по-разному ориентированных кристаллов);

2 – зона столбчатых кристаллов, растущих в направлении, обратном направлению теплоотвода;

3 – зона крупных, произвольно ориентированных кристаллов;

4 – усадочная раковина в верхней части слитка.

Размер этих зон существенно меняется в зависимости от состава металла и условий кристаллизации.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомится с основными сведениями по теме работы.

2. С помощью биологического микроскопа проследить ход кристаллизации различных солей из пересыщенных водных растворов. Зарисовать начальную, промежуточную и конечную стадии кристаллизации, изобразить характерную форму кристаллов каждой соли. При этом обратить внимание, в каких местах капли раствора процесс кристаллизации начинается раньше и протекает интенсивнее. Описать и объяснить результаты наблюдений.

3. Изучить и зарисовать макроструктуру слитка металла. Указать на рисунке зоны кристаллизации, объяснить их образование.

4. Расплавить алюминиевый сплав (силумин) и залить в металлическую и керамическую формы. После затвердевания и охлаждения слитков провести испытания на ударную вязкость на маятниковом копре, зарисовать макроструктуру изломов. Объяснить различие в строении и свойствах (ударной вязкости) слитков, полученных в металлической и керамической формах.

Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Основные положения по теме работы (кратко).

3. Описание отдельных стадий выполнения работы с указанием используемого оборудования с необходимыми пояснениями, цифровыми данными, зарисовками.

4. Анализ полученных результатов, выводы.

Контрольные вопросы

1. Что является движущей силой процесса кристаллизации?
2. Каков механизм кристаллизации металла?
3. Что такое степень переохлаждения?
4. Почему структура слитка неодинакова по сечению?
5. Как влияет скорость охлаждения при кристаллизации на структуру металла?
6. Как можно получить мелкозернистый металл?
7. Как влияет структура металла на механические свойства?
8. Почему свойства крупнозернистого и мелкозернистого металла различны?

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
$90 \div 100$	5	отлично
$80 \div 89$	4	хорошо
$70 \div 79$	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Тема 1.3 Методы исследований и испытаний материалов

Лабораторное занятие №4

Определение твердости металла методом Бринелля

Цель работы: формирование умений определения твёрдости металлов методом Роквелла и Бринелля с последующим анализом свойств для конкретного их применения

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- определять твёрдость металлов методом Роквелла и Бринелля.

Материальное обеспечение:

Прибор Роквелла и Бринелля, образцы металлических шлифов, линейка.

Задание:

1. Провести испытание на твёрдость металлов на приборе Роквелла;
2. Провести испытание на твёрдость металлов на приборе Бринелля

Краткие теоретические сведения:

Прибор Роквелла представляет собой стандартный наконечник – алмазный конус или стальной закаленный шарик вдавливаются в испытуемый материал или изделие под действием двух последовательно прикладываемых нагрузок – предварительной и общей, которая равна сумме предварительной и основной нагрузок и измерением остаточной

глубины внедрения наконечника после снятия основной нагрузки.

Прибор Бринелля представляет собой конструкцию с рычажной системой создания испытательных нагрузок через измерительную головку и нанесение отпечатка на образце.

Порядок выполнения работы:

- 1. Изучить устройство приборов Роквелла и Бринелля и методы испытания металлов на твёрдость.
- 2. Произвести испытания твердости на приборах Роквелла и Бринелля в соответствии с вышеуказанными рекомендациями.
- 3. Результаты испытаний занести в таблицы 1,2

Ход работы:

- 1. Повторите устройство прибора Роквелла и метод испытания металлов на твёрдость.
- 2. Проведите испытания твердости 2-3 металлических шлифов на приборе Роквелла в соответствии с вышеуказанными рекомендациями.
- 3. Результаты испытаний занести в таблицу 9

Таблица 9

Материалы образцов	Условные испытания			Измерение			Среднее значение измерения
	Нагрузки Ркгс	Вид наконечника	Обозначение шкалы	первое	второе	третье	

4. Повторить устройство прибора Бринелля и метод испытания металлов на твёрдость.

5. Проведите испытания твердости 2-3металлических шлифов на приборе Бринелля в соответствии с вышеуказанными рекомендациями.

6. Результаты испытаний занесите в таблицу 10

Таблица 10

Материалы образцов	Условные испытания			Диаметр отпечатка	НВ (единица)
	Толщина образца	Нагрузка	Диаметр шарика		

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой

:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо

$70 \div 79$	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторное занятие №5

Определение удельного веса материалов

Цель работы: формирование умений определения удельного веса металлов и сплавов

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.
- определять удельный вес металлов и сплавов

Материальное обеспечение:

Аналитические весы, разновесы, штангенциркуль, образцы металлов и сплавов, калькулятор, конспект лекций

Задание:

1. Овладеть приёмами работы с аналитическими весами и контрольно-измерительным инструментом для определения удельного веса металлов и сплавов.
2. Выполнить расчёты по определению удельного веса образцов металлов и сплавов

Краткие теоретические сведения:

Удельным весом металлов называют отношение чистого веса металла к его объёму. Удельный вес металла относится к физическим свойствам металлов и сплавов.

Порядок выполнения работы:

1. Определите чистый вес образцов металлов и сплавов.
2. Выполните замеры образцов при помощи контрольно-измерительного инструмента и определите их объём.
3. Определите удельный вес образцов металлов и сплавов.
4. Полученные результаты занесите в тетрадь

Ход работы:

1. Определите чистый вес образцов металлов и сплавов.
2. Выполните замеры образцов при помощи контрольно-измерительного инструмента и определите их объём.
3. Определите удельный вес образцов металлов и сплавов.
4. Полученные результаты занесите в таблицу 12

Таблица 12

№ п/ п	Наименование образца металла	Вес образца Р, г	Размеры образца, мм			Удельный вес У, г/см ³	Удельный вес Ууд по ГОСТ
			длина, а	ширина, в	толщина, h		
1	Сталь 20						7,7,6
2	Алюминий						2,7
3	Медь						8,9
4	Свинец						11,3
5	Олово						7,3

Форма представления результата: отчёт
выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторное занятие № 6

Определение степени изменения первоначальной длины металлического стержня при нагревании

Цель: формирование умений определения степени изменения объема металлов при нагревании.

Выполнив работу, Вы будете уметь: определять степень изменения объема металлов при нагревании.

Материалы и приборы: образцы металлов, таблицы, формулы, ГОСТ.

Краткие теоретические сведения

Согласно молекулярно-кинетической теории, изменение объема тел при изменении температуры объясняется следующим образом. При нагревании тела увеличивается скорость движения его частичек (атомов, ионов, молекул), столкновение и действие их друг на друга становятся более сильными. В результате увеличиваются

междумолекулярные промежутки. Это проявляется увеличением объема тела.

При охлаждении тела скорость движения частиц уменьшается, энергия их также уменьшается, а силы сцепления увеличиваются. Частицы в теле сближаются и объем его становится меньше.

Величина изменения объема тела зависит от его размеров, природы вещества, из которого состоит тело, и изменения температуры тела.

Увеличение объема и длины различных тел определяется коэффициентом объемного и линейного расширения.

Коэффициентом линейного расширения называется отношение конечной длины тела к первоначальной длине, выраженное в процентах, при нагревании на 1° . Коэффициент линейного расширения определяют следующим образом: измеряют первоначальную длину тела, а затем длину после нагревания на 1° , конечную величину делят на начальную величину.

Коэффициент объемного расширения определяется отношением конечного объема тела, нагретого на 1° , к первоначальному объему. Коэффициент объемного расширения равен утроенному коэффициенту линейного расширения.

Величина линейного и объемного расширения выражается в процентах. Коэффициент линейного и объемного расширения, а следовательно, и усадка для материалов и металлов есть величина постоянная.

Различные материалы и металлы имеют различный коэффициент расширения. Например, коэффициент

линейного расширения золота равен 0,0000144, платины — 0.0000087, железа — 0,000012.

Степень увеличения или уменьшения первоначального размера металла при изменении температуры на один градус характеризуется коэффициентом линейного расширения.

Таким образом, длина детали после нагрева на температуру $t^{\circ}\text{C}$ составит:

$$L = L_0 (1 + at)$$

где a — коэффициент линейного расширения, L_0 — длина образца до нагрева.

Материалы, имеющие большой коэффициент расширения, применяются в приборостроении для деталей автоматически действующих механизмов. При определенной температуре такие детали, удлиняясь, могут включать либо размыкать электрическую цепь.

Минимальный коэффициент линейного расширения имеет сплав Fe — Ni, называемый инваром. Его коэффициент расширения в 8 раз меньше железа.

Порядок выполнения работы

1. Изучите краткие теоретические сведения для выполнения работы.
2. Используя данные таблицы 1, определите длину металлического стержня при нагреве на температуру по формуле:
$$L = L_0 (1 + at)$$
где a — коэффициент линейного расширения, L_0 — длина образца до нагрева t .
3. Рассчитайте первоначальный объем стержня круглого сечения диаметром 2 мм до нагревания и объем стержня после нагрева.

4. Определите степень изменения первоначального объема металла при изменении температуры на $25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, используя данные таблицы 2
5. Результаты расчетов занесите в таблицу 3.
6. Сформулируйте и запишите вывод о том, какие факторы определяют степень изменения линейных размеров и объема материалов при нагревании.

Таблица 3

№ Наименование металла	Длина металлического стержня до нагревания , мм	Объем V , мм^3	Коэффициент линейного расширения	Длина металла после нагрева на температур у, $^{\circ}\text{C}$			Объем стержня после нагревания, мм^3			Степень увеличения объема материала, мм
				25	30	45	25	30	45	
1. Сталь 20	2,8		0,00009							
2. Алюминий	15		0,000024							
3. Желез/б	2,3		0,000012							
4. Медь	5,6		0,000017							
5. Свинец	8,0		0,000029							
6. Олово	6,4		0,000023							

Форма представления результата: отчёт
выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторное занятие № 7

Определение ударной вязкости материалов

Цель работы: формирование умений определять вязкость металлов и сплавов с последующим их применением

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.
- определять ударную вязкость металлов

Материальное обеспечение:

Маятниковый копёр, образцы стандартных металлических стержней, штангенциркуль, конспект лекций, калькулятор

Задание:

1. Овладеть приёмами работы с маятниковым копром.
2. Определить ударную вязкость с помощью маятникового копра

Краткие теоретические сведения:

Ударная вязкость определяется работой, расходуемой для ударного излома на копре, отнесенной к площади поперечного сечения образца в месте надреза. Цель надреза – концентрировать напряжения при ударе.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомьтесь с устройством и действием маятникового копра.
2. Выполните замеры образцов, предназначенные для определения ударной вязкости.
3. Определите ударную вязкость.
4. Составьте отчет по работе.

Ход работы:

1. По конспекту повторите устройство и действие маятникового копра.
2. С помощью штангенциркуля выполните замеры образцов, предназначенные для определения ударной вязкости.
3. Установите испытуемый образец с предварительным надпилом на маятниковый прибор. Надпил устанавливается с обратной стороны от маятника
4. Подняв маятник на заданную высоту, отпустите для совершения удара по образцу

3. По полученному излому на образце определите ударную вязкость.

Ударная вязкость определяется по формуле: $A_n = A_p/F$ (Дж/м²), где A_p – работа, затраченная маятником на разрушение образца (Дж); F – площадь поперечного сечения образца в месте надреза до испытания (см²)

$A_p = A_n - A_o$ (Дж), где A_n – работа, затраченная на подъем маятника (Дж); A_o – остаточная работа (Дж);

Проведя расчеты, напишите вывод, из какой марки стали, изготовлен испытуемый образец, используя справочные материалы таблицы 11.

Таблица 11

Наименование сплавов	Ударная вязкость
Углеродистая сталь марки 20	24 - 25
Углеродистая сталь марки 30	18 - 20
Углеродистая сталь марки 60	6 - 8

4. Составьте отчет по работе.

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений
--------------------------	---

(правильных ответов)	балл (отметка)	вербальный аналог
$90 \div 100$	5	отлично
$80 \div 89$	4	хорошо
$70 \div 79$	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторное занятие № 8

Изучение макроструктуры, макродефектов и строения поверхностей разрушения материалов

Цель работы: Изучить макроструктуру, макродефекты и строение поверхностей разрушения материалов в литом и деформированном состояниях.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- выполнять макроанализ методом Баумана;
- анализировать отпечаток Баумана на наличие ликвации серы.

Материальное обеспечение:

Макрошлифы с неравномерным распределением серы, фотобумага, 5%-ный водный раствор серной кислоты, 25%-ный водный раствор гипосульфита, вода, фильтровальная бумага, спирт, вата.

Задание

Получить отпечаток Баумана и проанализировать его на наличие ликвации серы.

Краткие сведения из теории

От выплавки в жидком состоянии сплава заданного химического состава до получения готовых деталей машин

материалы на металлургических и машиностроительных заводах подвергаются целому ряду различных обработок. Основными из них являются кристаллизация и получение литого металла, обработка давлением, термическая обработка, механическая обработка резанием, иногда проводится сварка материалов. Обработка материалов изменяет их внутреннее строение (структуру) и механические свойства.

Основным металлическим материалом для машиностроения являются стали. Это материалы на основе железа с добавкой углерода не более 2,14 % и во многих случаях с введением дополнительно других легирующих элементов (хром, кремний, марганец, никель и др.). Мировой объём производства стали достиг в 2003 году 952 млн. тонн. Предприятия Российской Федерации выплавляли в 2003 году 61 млн. тонн стали.

Сталь и большинство других металлических материалов поступает на машиностроительные и другие предприятия преимущественно в виде проката. Это деформированный металлический материал, получаемый способами горячей и холодной прокатки во вращающихся валках прокатных станов.

Исходным сырьем для получения сталей являются железные руды, представляющие собой горную породу с содержанием 30...60 % железа. В результате длительной многостадийной обработки из руды получают концентрат с повышенным содержанием полезного металла. Далее проводят окучкование способом агломерации – спекания или получение спеченных окатышей, т.е. превращение мелких

частиц концентрата в более крупные пористые частицы размером от 5...8 до 10...20 мм.

Из окускованных концентратов с добавками топлива (кокса) и флюсов в особых крупных шахтных (доменных) печах высотой до 30 метров в результате сложных физико-химических процессов получают жидкий передельный чугун (3,6...4,5 % C; 0,5...1,3 %), литейный чугун с повышенным до 0,8...3,6 % Si, ферромарганец (Fe-Mn) и ферросилиций (Fe-Si).

Передельный чугун, а также стальной лом и ферросплавы являются сырьем для выплавки стали. В процессе плавки решаются задачи уменьшения количества примесей с помощью окислительных процессов (первый период). Далее проводят второй, восстановительный период плавки по уменьшению FeO, т.е. раскисление с введением раскислителей: марганца, кремния, алюминия.

Для выплавки стали преимущественно используются два способа:

- кислородно-конверторный процесс получения стали в конверторах грушевидной формы;
- плавка стали в дуговых электрических печах. Этот способ широко применяется для выплавки качественных сталей с низким содержанием вредных примесей.

Все более широкое применение получает последующая внепечная обработка стали, служащая для уменьшения содержания вредных примесей и газов. Это обработка жидкой стали синтетическими шлаками или выдерживание ковша со сталью в вакууме.

Применяются и методы повторного переплава затвердевшей стали в особых условиях: электрошлаковый переплав, вакуумно-дуговой переплав и др.

После завершения плавки жидкую сталь заливают в ковши и подают для разливки на установки непрерывной разливки стали (УНРС) или в особые чугунные литейные формы вертикального типа (изложницы). На УНРС жидкая сталь поступает в водоохлаждаемый кристаллизатор, а затем в зону вторичного охлаждения. Непрерывно подаваемый слиток разрезается на мерные части.

Металлический материал в виде слитка или отливки, получаемый при затвердевании залитого в полость литейной формы жидкого металла, обычно имеет строение из разветвленных кристаллов древовидной формы, называемых *дендритами*. Макроструктура слитка, как правило, состоит из двух основных широких зон и небольшой зоны мелких неориентированных кристаллов у поверхности (корковая зона).

Наружная зона имеет удлиненные малоразветвленные столбчатые кристаллы, располагающиеся примерно перпендикулярно к охлаждающим поверхностям слитка. Во внутренней части слитка располагается зона более или менее равноосных разветвленных кристаллов-дендритов. Такое строение имеют, в частности, слитки хорошо раскисленной сильными восстановителями (Mn, Si, Al) *спокойной стали*. Иногда зона столбчатых кристаллов образуется в большей части объема слитка. В верхней части слитка спокойной стали расположена усадочная раковина конусной формы.

В случае выплавки стали с пониженным содержанием такого раскислителя, как кремний, при затвердевании слитка выделяется значительное количество газов ($\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$). Большая часть газовых пузырей остается в слитке такой *кипящей стали* и располагается ближе к поверхности. Усадочная раковина в этих слитках не образуется.

В металлургических производствах слитки далее подвергаются нескольким горячим и холодным прокаткам, иногда ковке (обработке давлением). При этом дендритные кристаллы сплющиваются и вытягиваются по направлению деформации, превращаясь в волокна. Газовые пузыри завариваются. Следовательно, деформированный с большими обжатиями материал получает *волокнистую макроструктуру* с различными механическими свойствами вдоль и поперек проката (анизотропия свойств). Промышленность выпускает горячекатаный сортовой прокат (круглый, квадратный, шестигранный и др.), толстолистовой (толщина от 4 мм до 160 мм), холоднокатаный прокат тонколистовой (толщина 0,2...5,0 мм), ленту холоднокатаную, трубы бесшовные, поковки и другую металлопродукцию.

Горячая и холодная обработки давлением, в частности, *горячая штамповка*, широко применяются и на машиностроительных заводах для изготовления заготовок деталей машин. Волокна в них должны располагаться вдоль контура заготовки, совпадая с направлением действия механических сил на деталь.

В процессе обработок возможно образование различных дефектов материалов в виде неоднородности

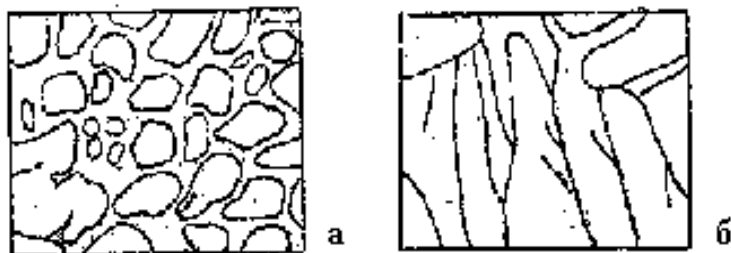
химического состава (ликвация), нарушения сплошности (трещины), крупнозернистого строения и др. Разработаны методы изучения и контроля структуры и возможных дефектов материалов, используемые в исследовательских организациях и производственной практике. В настоящей работе рассматриваются два из этих методов: макроструктурный анализ (макроанализ) и фрактография.

Макроанализ - изучение строения шлифованных и протравленных поверхностей материалов невооруженным глазом или с помощью лупы при небольших увеличениях.

Исследуемая плоская поверхность предварительно подвергается механической обработке резанием, шлифованию, полированию, а затем травлению специальными химическими реактивами. Наблюдаемое строение называется ***макроструктурой***. При оценке степени развитости макродефектов используют ГОСТ 10243 «Сталь. Метод испытаний и оценки макроструктуры». Макродефект определяют путем сравнения изучаемого макрошлифа материала с набором фотографий стандарта и установления номера балла дефекта.

Фрактография - изучение поверхностей разрушения (изломов) материалов. Исследования проводят без использования приборов и при небольших увеличениях до 50 (макрофрактография), а также при увеличениях до десятков тысяч кратных с помощью электронных микроскопов (микрофрактография). Методы фрактографии дают информацию о микромеханических разрушениях материалов, используются при анализе повреждений деталей машин, происходящих в процессе их эксплуатации,

Микрофрактография позволяет изучить вид разрушения заготовки или детали машины. Для вязкого разрушения характерен ямочный (чашечный) рельеф разрушения, а для хрупкого разрушения - «ручьистая» поверхность скола, подобная излому хрупких силикатных стекол при комнатной температуре (рис. 1).



**Рис. 1. Схемы строения поверхностей разрушения:
а- вязкого; б-хрупкого (×5000)**

Материальное обеспечение:

При подготовке образцов для макроанализа в практической части работы используются станок для приготовления шлифов, тиски, наждачная бумага, вытяжной шкаф, травители. Студентам предоставляются готовые микрошлифы, образцы с изломами, а также образцы для практической части работы.

Порядок выполнения работы:

Лабораторная работа состоит из двух частей:

- изучение макроструктуры и поверхностей разрушения металлических материалов по коллекциям образцов;

- выполнение одного из практических заданий по макроструктурному анализу.

По первой части работы студенты просматривают без применения приборов все образцы из коллекций макрошлифов и изломов. Используя данные табл. 1 и 2, схемы строения образцов (рис. 2), устанавливают характерные особенности строения и дефектов каждого образца в связи с их обработкой.

Во второй части работы выполняется одно из нижеприведенных заданий. Студентам выдаются готовые образцы с отшлифованной поверхностью или же предварительно проводится шлифование с помощью наждачной бумаги.

ЧАСТЬ 1. ИЗУЧЕНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ И ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ.

Данные об изучаемых образцах представлены в табл. 1 и 2.

**Таблица 1. Коллекция макрошлифов
металлических материалов**

№ образца	Наименование образца	Описание макроструктуры
1.	2.	3.
Литая и деформированная сталь		

1.	Макрошлиф продольного разреза слитка «спокойной» стали	Две основные зоны из кристаллов дендритного строения: столбчатых кристаллов и равноосных кристаллов. В верхней части расположена
2.	Макрошлиф поперечного разреза слитка «кипящей» стали	усадочная раковина; центральная часть имеет темные мелкие
5.	Макрошлиф образца, подвергнутого горячей обработке давлением	усадочные поры. Слиток имеет большое количество газовых пузырей, которые сплюсциваются и завариваются при последующей многократной горячей прокатке. Волокнистая макроструктура. Волокна расположены по конфигурации заготовки.
Ликвация в литой стали		
3.	«Серный» отпечаток на фотобумаге с продольного разреза слитка стали	Светло- и темно- коричневые участки, характеризующие неравномерное распределение в стали сульфидов MnS, т.е. серы.

Макродефекты деформированных материалов		
6.	Макрошлиф рельса с ликвационной зоной	В верхней части рельса имеются несплошности и ликвационная зона с повышенным содержанием серы и фосфора, образовавшаяся при литье и сохранившаяся в прокатанном рельсе.
7.	Макрошлиф стали с крупной ковочной трещиной	В центре крестообразная трещина, образовавшаяся при горячей ковке литой стали с повышенной пористостью (усадочной рыхлостью).
8.	Образец стали с надрывами	По краям проката из недостаточно раскисленной стали образовались надрывы (рванины).
9.	Образец стали с расслоением	Образец расслоился на две части. Причиной является наличие шлаковых включений, газовых пузырей с загрязненной поверхностью, усадочной рыхлости.
10.	Образец стали с волосовинами	На поверхности проката мелкие «волосные» трещины, образовавшиеся из различных несплошностей литого металла.

Окончание табл. 1.

МАКРОШЛИФЫ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ		
16.	Макрошлиф образца, подвергнутого поверхностной индукционной закалке	Видна разная степень потемнения закаленной зоны у поверхности и незакаленной внутренней зоны
17.	Макрошлиф образца, подвергнутого химико-термической обработке (цементации)	Вследствие различий в микроструктуре. Видны две зоны, отличающиеся по степени потемнения: поверхностный слой с повышенным содержанием углерода и структурой, отличающейся от структуры сердцевины образца, имеющей пониженное содержание углерода.

Таблица 2. Коллекция изломов поверхностей разрушения металлических материалов

№ образца	Вид излома	Описание поверхности разрушения
	2.	3.

1.		
4.	Излом образца литого металла	Столбчатые кристаллы по всему сечению излома.
11.	небольшого размера Продольный излом прокатанной стали с флокенами	На темно-серой поверхности разрушения видны небольшие светлые участки овальной формы («флокены»). В этих участках разрушение произошло по поверхности образовавшихся в стали небольших внутренних трещин.
12.	Камневидный излом	Хрупкое разрушение по границам крупных зерен, образовавшихся при
13.	Нафталиновый излом	сильном перегреве стали (высокой температуре нагрева).
14.	Шиферный излом	Хрупкое разрушение по объему зерен перегретой быстрорежущей стали (Fe-C-W-Mo-Cr-V) Гладкая поверхность разрушения с характерным блеском плоскостей крупных зерен.
	Усталостный излом вала	Поверхность разрушения имеет слоистое строение вследствие наличия повышенного количества

15.		неметаллических включений при недостаточном раскислении стали (излом вдоль волокон деформированной стали). Две зоны поверхности разрушения: гладкая фарфоровидная поверхностная зона усталости и более крупнокристаллическая внутренняя зона «долома» хрупкого или вязкого разрушения.
-----	--	--

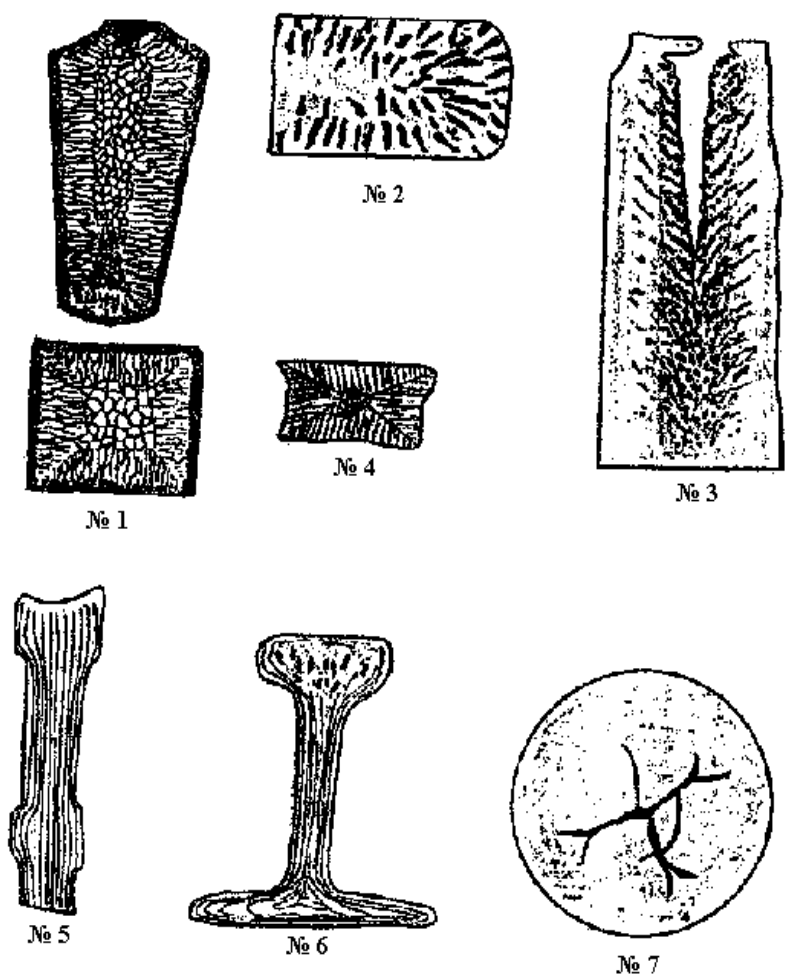


Рис. 2. Схемы макроструктур и поверхностей разрушения металлических материалов.



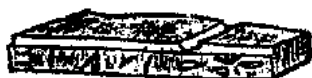
№ 8



№ 9



№ 10



№ 11



№ 14



№ 12



№ 13



№ 15



№ 16



№ 17

Продолжение рис. 2.

ЧАСТЬ 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Выявление зональной ликвации серы в стали

1. Смочить лист фотобумаги в 5 %-ном растворе серной кислоты H_2SO_4 , а затем слегка просушить фильтровальной бумагой.

2. Наложить лист фотобумаги эмульсионной оборонной на поверхность отшлифованного образца и прокатать осторожно резиновым валиком. Сдвиг фотобумаги по шлифу при этом недопустим.

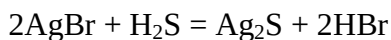
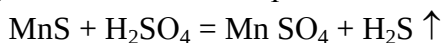
3. Снять фотобумагу через 3 ...5 минут с поверхности шлифа, промыть в проточной воде, поместить в 10 %-ный раствор гипосульфита для фиксирования.

4. Промыть фотобумагу в проточной воде и просушить.

Полученный на фотобумаге «серный» отпечаток вклеить в отчет, описать характер распределения серы в исследуемом образце стали.

Примечание

Распределение серы в стали в виде сульфидов MnS передается на поверхность фотобумаги в результате следующих химических реакций:



Образующийся газообразный сероводород H_2S при воздействии на фотобумагу дает сульфид серебра Ag_2S . Большему количеству серы соответствует более темно-коричневые участки Ag_2S на фотобумаге.

Задание 2. Выявление поверхностного слоя, созданного химико-термической обработкой

1. Протравить поверхность шлифа 15 %-ным водным раствором азотной кислоты в течение 10...15 секунд.

2. Протереть поверхность шлифа ватным тампоном, смоченным в спирте.

Просмотреть протравленный шлиф, зарисовать в отчете и определить глубину поверхностного слоя с помощью линейки. Написать объяснение причины разной травимости поверхностного слоя и внутренней части макрошлифа.

Задание 3. Выявление поверхностного закаленного слоя , созданного индукционной закалкой:

1. Протравить поверхность шлифа 15 %-ным водным раствором азотной кислоты в течение 10...15 секунд.

2. Протереть поверхность шлифа ватным тампоном, смоченным в спирте.

Просмотреть протравленный шлиф, зарисовать в отчете и определить глубину закаленного слоя с помощью линейки. Написать объяснение причины разной травимости закаленного поверхностного слоя и внутренней части макрошлифа.

Задание 4. Изучение макроструктуры сварного соединения

1. Поместить шлиф в 10 % - ный раствор медь – аммония хлористого и выдержать в течение 15 мин.

2. Смыть водой с поверхности шлифа образовавшийся слой меди, протереть спиртом и просушить.

Просмотреть, протравленный; шлиф, зарисовать в отчете и указать наблюдаемые зоны сварного соединения: наплавленный металл дендритного строения, основной

свариваемый металл и промежуточная, более темная узкая зона термического влияния.

4. Форма предоставления результата:

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 макроанализа и фрактотграфии, описание макроструктуры литого и горячедеформированного материалов, перечень макродефектов и изломов лабораторной коллекции образцов.

4. Методика проведения работы и полученные результаты:

- Наименование, зарисовка и описание строения типовых образцов №№ 1,2,5,7,14,17.
- Наименование практического задания, последовательность его выполнения, зарисовка и описание макроструктуры (по заданию 1 в отчет вклеивается «серный» отпечаток на фотобумаге).

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.

2. Какую макроструктуру имеют литые и горячедеформированные металлические материалы?

3. Какое строение имеют слитки спокойной и кипящей стали?

4. Назовите примеры макродефектов прокатанных материалов.

5. Какое строение имеет поверхность разрушения в случаях нафталинистого излома и шиферного излома?

6. Какие две зоны имеют поверхность разрушения в случае усталостного излома вала?

7. Какой вид имеют поверхности вязкого и хрупкого разрушения при их изучении с помощью электронного микроскопа?

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Тема 2.1 Основы теории сплавов

Практическое занятие № 1

Изучение и анализ диаграммы состояния сплавов с использованием метода термического анализа

Цель работы:

1) изучение диаграммы состояния железо-углерод, анализ превращений, происходящих в сплавах при образовании фаз и структур;

2) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в производстве.

Материальное обеспечение: Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

Задание:

- 1 Изучить диаграмму.
- 2 По диаграмме «Fe-C» провести анализ сплава с содержанием углерода.
- 3 Ответить на вопросы, характеризующие основные области диаграммы.

Краткие теоретические сведения:

Для правильного понимания свойств разнообразных марок современных сталей и чугунов необходимо получить хорошее представление о диаграмме железо – углерод.

Диаграмма – это графические изображения, дающие наглядное представление о кристаллизации и превращениях, совершающихся при их нагреве и охлаждении.

Диаграммой пользуются для назначения режимов термообработки сталей и чугунов и определения температурных пределов.

Кроме того, диаграмма может быть использована для предсказания микроструктуры при любой заданной температуре.

По горизонтальной оси диаграммы откладывается содержание углерода в сплаве в процентах, по вертикальной - температура в °С. Каждая точка на диаграмме характеризует определенный состав сплава при определенной температуре. Превращения в сплавах железо - углерод происходят не только при затвердевании сплава в жидком состоянии, но и в твердом благодаря переходу железа из одной формы в другую.

В зависимости от температуры и содержания углерода сплавы железо - углерод могут иметь структурные составляющие: феррит, цементит, перлит, аустенит, ледебурит и графит.

В системе железо-углерод имеются следующие фазы: жидкий раствор, твердые растворы - феррит и аустенит, а также химическое соединение - цементит. Физико-химическая природа этих структурных составляющих различна.

Линия ABCD – линия ликвидус. Выше этой линии сплавы находятся в жидком состоянии. Когда температура сплава соответствует линии ABCD, начинается процесс первичной кристаллизации из жидкого состояния в твердое (под линией ABC – в аустенит, под линией CD – в цементит).

Аустенит – это твердый раствор углерода в γ – железе. Очень пластичен.

Феррит – это твердый раствор углерода в α – железе (ОЦК – решетка). Феррит обладает высокой пластичностью,

низкой твердостью, прочностью и магнитными свойствами, которые сохраняются до температуры 768° С.

Перлит – это смесь феррита и цементита, образованная при температуре 723°С. Перлит- это продукт распада аустенита при медленном охлаждении. Он может быть пластинчатым или зернистым. В нем содержится 0,8% углерода. Механические свойства перлита зависят от степени измельчения частичек цементита.

Ледебурит – эвтектическая смесь (затвердевшая смесь кристаллов двух (или нескольких) веществ, чаще всего сплавов металлов) аустенита с цементитом при температуре 1147 °С. Ледебурит обладает высокой твердостью и хрупкостью.

Цементит – это химическое соединение железа с углеродом Fe_3C , т. е. карбид железа Fe_3C . Он электропроводен, имеет металлический блеск, очень твердый, очень хрупкий. Делится на первичный и вторичный цементит. В структуре стали и чугуна он находится в виде игл, отдельных включений и сетки, по границам зерен.

Когда температура сплава соответствует линии AC, начинается процесс кристаллизации: из жидкого сплава выделяются кристаллы аустенита, а на линии CD - цементит.

Первичный цементит выделяется непосредственно из жидкого сплава в процессе первичной кристаллизации.

Первичная кристаллизация – это процесс образования твердого вещества из жидкого.

Вторичный цементит выделяется в процессе вторичной кристаллизации (из аустенита).

Вторичная кристаллизация – это процесс образования более твердого вещества из менее твердого.

При понижении температуры ниже линии ликвидус продолжается кристаллизация с постепенным увеличением

количества твердых кристаллов за счет уменьшения количества жидкого сплава.

Линия AECF – линия солидус. Соответствует моменту полного затвердевания сплава.

В точке С сплав, содержащий 4,3% углерода, переходит в твердое кристаллическое состояние. Сплав такого состава называют эвтектическими. Точка С (содержание углерода 4,3% и температура 1130°C) называется эвтектической. В эвтектической точке температуры ликвидус и солидус совпадают. Эта точка соответствует чугунам, и в соответствии с точкой С чугуны делятся на 3 вида:

- 1) доэвтектический (углерода менее 4,3%);
- 2) эвтектический (углерода 4,3%);
- 3) заэвтектический (углерода более 4,3%).

Область BCE состоит из кристаллов аустенита и жидкого сплава. Обе фазы переменного состава в зависимости от температуры.

Область DCF состоит из первичного цементита и жидкого сплава.

Линия GSEF – начинается процесс вторичной кристаллизации за счет аустенита, т.е. процесс кристаллизации из твердого раствора.

Линия ECF при 1147 °C происходит образование ледебурита.

Линия SE показывает выделение вторичного цементита из аустенита.

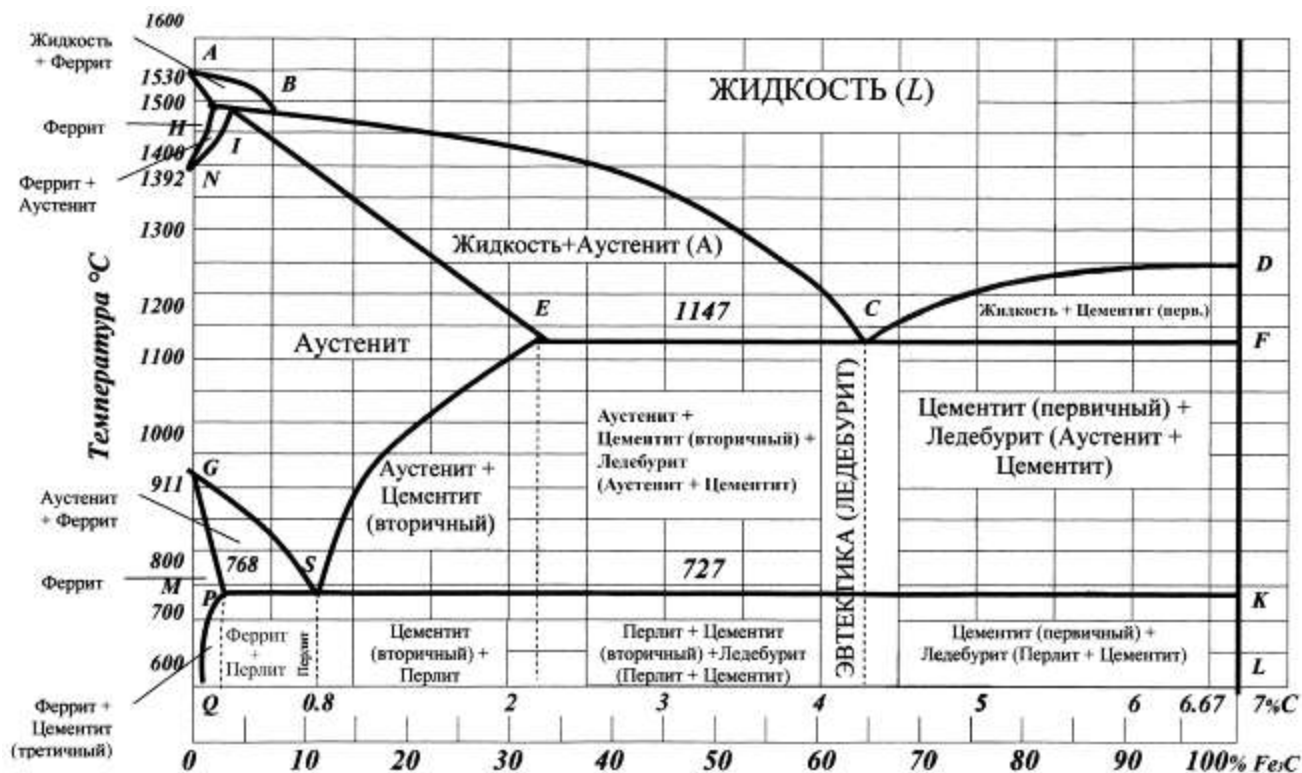
Точка S (содержание углерода 0,8% и температура 723°C) называется эвтектоидной. В точке S при содержании 0,8% С и при температуре 723°C весь аустенит распадается и

одновременно кристаллизуется тонкая механическая смесь феррита и цементита - перлит.

Эта точка соответствует сталям, и в соответствии с точкой S стали делятся на 3 вида:

- 1) доэвтектоидная (углерода менее 0,8%);
- 2) эвтектоидная (углерода 0,8%);
- 3) заэвтектоидная (углерода более 0,8%).

Линия PSK при 727 °C соответствует окончательному распаду аустенита и образованию перлита. В области ниже линии PSK никаких изменений структуры не происходит.



Порядок выполнения работы:

1. Зарисовать диаграмму.
2. Законспектировать теоретические основы.
3. Ответить на вопросы, характеризующие основные области диаграммы.

Ход работы:

1. К занятию самостоятельно определить отличие терминов эвтектическое превращение и эвтектоидное превращение.
2. На занятии необходимо законспектировать и проанализировать теоретические основы, зарисовать и изучить диаграмму.
3. Охарактеризовать следующее:
 - необходимость использования диаграммы железо-углерод;
 - фазы в системе железо-углерод;
 - структурные составляющие системы железо-углерод;
 - основные линии, изображенные на диаграмме;
 - основные точки (С и S), обозначенные на диаграмме.
4. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует альфа-железо.
5. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует гамма-железо
6. Проведите анализ сплава с содержанием углерода:
 - А) от 0,02% до 0,8%;
 - Б) от 0,8% до 2,14%;
 - В) от 2,14% до 4,3%;по диаграмме «железо-цементит с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении.
7. Результаты исследований занесите в тетрадь

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическое занятие №2

Построение диаграмм состояния сплавов

Цель работы: формирование умений анализировать сплавы определённой концентрации углерода по диаграмме «железо-цементит» с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.
- анализировать сплавы определённой концентрации углерода по диаграмме «железо-цементит»

Материальное обеспечение: диаграмма состояния сплава

Задание:

1. По диаграмме «Fe-C» провести анализ сплава с содержанием углерода.

Порядок выполнения работы

1. Ответьте на вопросы
2. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует альфа-железо.
3. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует гамма-железо
4. Проведите анализ сплава с содержанием углерода
5. Результаты исследований занесите в тетрадь

Ход работы:

1. Ответьте на вопросы:

а) В каком случае сплав железа с углеродом называется сталью?

б) В каком случае сплав железа с углеродом называется чугуном?

2. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует альфа-железо.

3. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует гамма-железо

4. Проведите анализ сплава с содержанием углерода:

А) от 0,02% до 0,8%;

Б) от 0,8% до 2,14%;

В) от 2,14% до 4,3%;

по диаграмме «железо-цементит с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении.

Форма представления результата:

Отчёт выполненных заданий оформите в тетради

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно

менее 70	2	неудовлетворительно
----------	---	---------------------

Практическое занятие № 3

Решение задач по диаграммам состояния двухкомпонентных систем.

Цели работы: ознакомление с основными видами диаграмм состояния двухкомпонентных сплавов;

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- расшифровать диаграммы состояний (определение фаз и структурных составляющих в любых областях двойных диаграмм);

- пользоваться правилом фаз и правилом отрезков при построении кривых охлаждения и определении количественного соотношения фаз для любых сплавов;

- определять процессы, происходящие на линиях диаграммы (ликвидус, солидус, эвтектическая линия, линия предельной растворимости и пр.), при охлаждении и нагревании сплава;

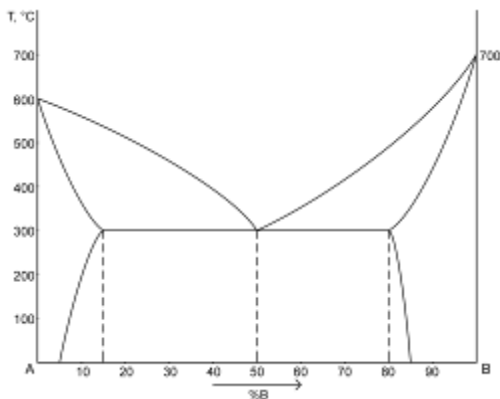
Задание

1. Ознакомиться с основными типами диаграмм состояния двойных сплавов и принципами их анализа.

2. Получить у преподавателя задание (тип диаграммы состояния с указанием сплава, % В).

3. Пользуясь методическими указаниями и примерами решения задач, ответить на вопросы контрольной работы № 1.

Задание 1



Порядок выполнения работы:

1. Описать все превращения по диаграмме (название диаграммы, описание всех точек, линий, фаз и структур).

2. Определить с помощью правила отрезков:

а. структуру сплава с 20%B при $T = 400^{\circ}\text{C}$

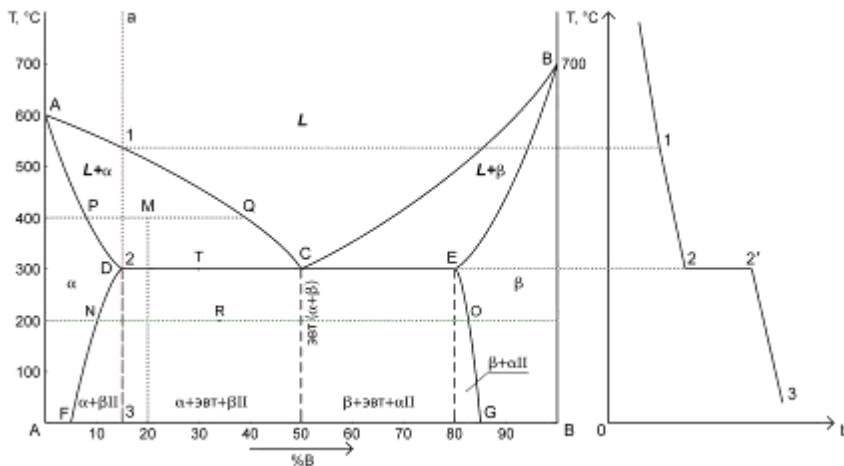
б. химический состав сплава по структуре $Q_{\beta} = 33\%$, $Q_{\alpha} = 67\%$ при $T = 200^{\circ}\text{C}$

Определить химический состав найденных (задание а) и заданных (задание б) фаз.

3. Начертить кривую охлаждения для сплава содержащего 15%B.

4. Определить число степеней свободы для сплава с 30%B при $T = 300^{\circ}\text{C}$

Решение



1. Диаграмма состояния сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии.

2 компонента:

1. A – температура плавления компонента A
2. B – температура плавления компонента B

3 фазы:

1. L – жидкость
2. α – кристаллы твердого раствора A
3. β – кристаллы твердого раствора B

ACB – ликвидус

ADCEB – солидус

DF – линия предельной растворимости компонента B в A

EG – линия предельной растворимости компонента A в B

2. а) Структура сплава 20%B при $T = 400^{\circ}\text{C}$ – точка М.

РМ – твердый раствор α : 7% В $\Rightarrow$ 93% А. $C_{\alpha} = 7\% \text{ В} + 93\% \text{ А}$

МQ – жидкость: 40% В $\Rightarrow$ 60% А. $C_{\text{ж}} = 40\% \text{ В} + 60\% \text{ А}$

$$Q_{\alpha} = (MQ/PQ) \cdot 100\% = (40-20)/(40-7) \cdot 100\% = 60,6\%$$

$$Q_{\text{ж}} = 100\% - 60,6\% = 39,4\% \text{ (Или: } (PM/PQ) \cdot 100\% = (20-7)/(40-7) \cdot 100\% = 39,4\%)$$

б) химический состав сплава по структуре $Q_{\beta} = 33\%$, $Q_{\alpha} = 67\%$ при $T = 200^{\circ}\text{C}$ – точка R.

$$\begin{array}{rclcl} Q_{\beta}/Q_{\text{общ}} = & RN/NO & = & & 33\%/100\% \\ RN/(83-10) & & = & & 33/100 \\ RN \approx 24 & & & & \end{array}$$

$$\text{В} = 10 + 24 = 34\% \Rightarrow \text{А} = 66\%$$

$$C_{\text{сплава}} = 34\% \text{ В} + 66\% \text{ А}$$

$$C_{\alpha} = 10\% \text{ В} + 90\% \text{ А}$$

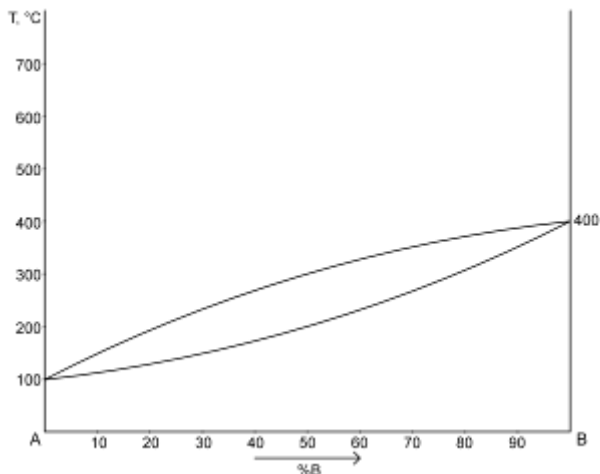
$$C_{\beta} = 83\% \text{ В} + 17\% \text{ А}$$

3. Кривая охлаждения для сплава 15%B – а

4. Число степеней свободы для сплава с 30%B при $T = 300^{\circ}\text{C}$ – точка Т.

$$C = 2 - 3 + 1 = 0 \text{ (компоненты (А, В) – фазы } (\alpha, \beta, \text{ эвтектика) + 1)}$$

Задание 2



1. Описать все превращения по диаграмме (название диаграммы, описание всех точек, линий, фаз и структур).

2. Определить с помощью правила отрезков:

а. структуру сплава с 30%B при $T = 200^{\circ}\text{C}$

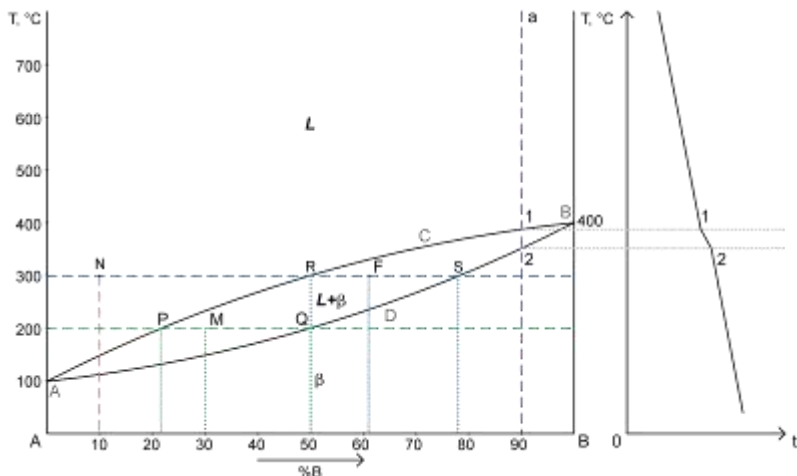
б. химический состав сплава по структуре $Q_{\beta} = 40\%$, $Q_{\alpha} = 60\%$ при $T = 300^{\circ}\text{C}$

Определить химический состав найденных (задание а) и заданных (задание б) фаз.

3. Начертить кривую охлаждения для сплава содержащего 90%B.

4. Определить число степеней свободы для сплава с 10%B при $T = 300^{\circ}\text{C}$

Решение



1. Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью в твердом состоянии.

2 компонента:

1. A – температура плавления компонента A
2. B – температура плавления компонента B

2 фазы:

1. L – жидкость
2. β – кристаллы твердого раствора

ACB – ликвидус

ADB – солидус

2. а) Структура сплава 30%B при $T = 200^\circ\text{C}$ – точка M.

PM – жидкость: 21% B $\Rightarrow$ 79% A. $C_{\text{ж}} = 21\% \text{ B} + 79\% \text{ A}$

MQ – кристаллы твердого раствора: 50% В => 50% А.
 $C_{ТВ} = 50\% В + 50\% А$

$$Q_{ж} = (MQ/PQ) \cdot 100\% = (50-30)/(50-21) \cdot 100\% = 69\%$$

$$Q_{ТВ} = 100\% - 69\% = 31\% \text{ (Или: } (PM/PQ) \cdot 100\% = (30-21)/(50-21) \cdot 100\% = 31\%)$$

b) химический состав сплава по структуре $Q_{\beta} = 40\%$, $Q_{ж} = 60\%$ при $T = 300^{\circ}\text{C}$ – точка F.

$$\frac{Q_{\beta}/Q_{\text{общ}}}{RF/(78-50)} = \frac{RF/RS}{= 40\%/100\%} = \frac{40/100}{40/100}$$
$$RF \approx 11$$

$$В = 50 + 11 = 61\% \Rightarrow А = 39\%$$

$$C_{\text{сплава}} = 61\%В + 39\%А$$

$$C_{\beta} = 78\%В + 22\%А$$

$$C_{ж} = 50\%В + 50\%А$$

3. Кривая охлаждения для сплава 90%В – а

4. Число степеней свободы для сплава с 10%В при $T = 300^{\circ}\text{C}$ – точка N.

$$C = 2 - 1 + 1 = 2 \text{ (компоненты (А, В) – фазы (жидкость) + 1)}$$

Форма предоставления результата: выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Тема 2.2 Чугуны. Тема 2.3 Стали

Практическое занятие №4,5

Анализ микроструктуры серых, высокопрочных, ковких чугунов. Изучение микроструктуры чугунов и сталей

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

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- анализировать микроструктуру чугунов и сталей;
- определять свойства и назначение сталей и чугунов по микроструктуре.

Материальное обеспечение: металлографические микроскопы и коллекции микрошлифов.

Задание:

1. Изучить устройство и принцип работы микроскопа под руководством преподавателя.
2. Изучить микроструктуру шлифов типовых сплавов

Краткие теоретические сведения

В машиностроении используются детали из заготовок, полученных способами обработки давлением или литьем. Широкое применение имеют стали и чугуны. Стали являются деформируемым материалом, иногда применяется стальное литье. Чугуны представляют собой, как правило, литейные материалы. Например, легковой автомобиль среднего класса массой 1000...1100 кг имеет детали из разных сталей, составляющие 57...60 % его массы. 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.). 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.

Чугун — сплав Fe (основа) с C (обычно 2...4 %), содержащий постоянные примеси (Si, Mn, S, P), а иногда и легирующие элементы (Cr, Ni, V, Al и др.); как правило, хрупок.

Углерод в чугуне может находиться в виде цементита, графита или одновременно в виде цементита и графита. Механические свойства литейных чугунов зависят от свойств металлической основы и, главным образом, от количества, формы и размеров графитных включений. Перлитная основа обеспечивает наибольшие значения показателей прочности и износоустойчивости.

Чугуны с графитом в зависимости от формы последнего разделяют на серые, ковкие и высокопрочные. Серыми называют чугуны, в структуре которых графит имеет пластинчатую форму. В ковких чугунах графит имеет хлопьевидную форму, в высокопрочных чугунах - шаровидную.

Серые чугуны

Структура серого (литейного) чугуна состоит из металлической основы с графитом пластинчатой формы, вкрапленным в эту основу. Марки серых чугунов согласно ГОСТ 1412—85 состоят из букв «СЧ» и цифр, соответствующих минимальному пределу прочности при растяжении σ_B , МПа / 10. Чугун СЧ10 — ферритный; СЧ15, СЧ18, СЧ20 — ферритно-перлитные чугуны, начиная с СЧ25 — перлитные чугуны.

На долю серого чугуна с пластинчатым графитом приходится около 80 % общего про-изводства чугунных отливок. Серые чугуны обладают высокими литейными качествами (жидкотекучесть, малая усадка, незначительный пригар металла к форме и др.), хорошо об-рабатываются и сопротивляются износу, однако из-за низких прочности и пластических свойств в основном используются для неотчетственных деталей. В станкостроении серый чугун является основным конструкционным материалом (станины станков, столы и верхние салазки, колонки, каретки и др.); в автомобилестроении из ферритно-перлитных чугунов де-лают картеры, крышки, тормозные барабаны и др., а из перлитных чугунов — блоки цилин-дров, гильзы, маховики и др. В строительстве серый чугун применяют, главным образом, для изготовления деталей, работающих при сжатии (башмаков, колонн), а также санитарно-технических деталей (отопительных радиаторов, труб). Значительное количество чугуна рас-ходуется для изготовления тьюбингов, из которых сооружается туннель метрополитена. Из серого чугуна, содержащего фосфор (0,5 %), изготавливают архитектурно-художественные изделия.

Ковкие чугуны

Ковкие чугуны с хлопьевидной формой графита получают из белых доэвтектических чугунов, подвергая их специальному графитизирующему отжигу.

Ковкие чугуны с перлитной металлической основой обладают высокими твердостью (235...305 НВ) и прочностью ($\sigma_b = 650...800$ МПа) в сочетании с небольшой пластичностью ($\delta = 3,0...1,5$ %). Ковкий ферритный чугун характеризуется высокой пластичностью ($\delta = 10...12$ %) и относительно низкой прочностью ($\sigma_b = 370...300$ МПа).

Ковкие чугуны согласно ГОСТ 1215—79 маркируются двумя буквами (КЧ — ковкий чугун) и двумя группами цифр. Первые две цифры в обозначении марки соответствуют минимальному пределу прочности при растяжении (σ_b , МПа / 10, цифры после тире — относительному удлинению при растяжении, Чугуны марок КЧЗО—6, КЧЗЗ—8, КЧЗ5—10,

КЧ37—12, имеющие повышенное значение удлинения при растяжении, относятся к феррит-ным, а марок КЧ45—7, КЧ50—5, КЧ55—4, КЧ60—3, КЧ65—3, КЧ70—2, КЧ80—1.5 — к перлитным чугунам.

Ковкие чугуны, обладая высокими пластическими свойствами, находят применение при изготовлении разнообразных тонкостенных (до 50 мм) деталей, работающих при ударных и вибрационных нагрузках, — фланцы, муфты, картеры, ступицы и др. Масса этих деталей —от нескольких граммов до нескольких тонн.

Высокопрочные чугуны

Высокопрочный чугун (ЧШГ — чугун с шаровидным графитом) получают модифицированием жидкими присадками (магния церия, иттрия и некоторых других элементов). При этом перед вводом модификаторов необходимо снизить содержание серы до 0,02...0,03 %.

Рекомендуемый химический состав высокопрочного чугуна (2,7...3,7 % С; 0,5...3,8 % Si) выбирается в зависимости от толщины стенок отливки (чем тоньше стенка, тем больше углерода и кремния).

Структура высокопрочного чугуна состоит из металлической основы (феррит, перлит) и включений графита шаровидной формы. Шаровидный графит, имеющий минимальную по-верхность при данном объеме, значительно меньше ослабляет металлическую основу, чем пластинчатый графит, и не является активным концентратором напряжений. Ферритные чугуны имеют $\sigma_{\text{в}} = 220...310$ МПа, $\delta = 22...10$ %, 140...225 НВ, перлитные — $\sigma_{\text{в}} = 370...700$ МПа, $\delta = 7...2$ % и 153...360 НВ. Марки высокопрочных чугунов согласно ГОСТ 7293—85 состоят из букв «ВЧ» и цифр, соответствующих минимальному пределу прочности при растяжении $\sigma_{\text{в}}$, МПа / 10: ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45 — ферритные чугуны; ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ 100—перлитные чугуны.

Высокопрочные чугуны обладают хорошими литейными и потребительскими свойствами (обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации, высокая износостойкость и др.) свойствами. Они используются для массивных отливок взамен стальных литых и кованых деталей — цилиндры, шестерни, коленчатые и распределительные валы и др.

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 2). 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 ***неметаллические включения***. Это химические соединения металлов (железа, алюминия, и др.) с неметаллами (серой,

кислородом, азотом и др.). Основными видами неметаллических включений в стали по ГОСТ 1778-70 являются оксиды, сульфиды, силикаты, нитриды и карбонитриды (MnS , SiO_2 , TiN , $nFeO \cdot mMnO \cdot pSiO_2$ и др.). Оксиды и нитриды являются хрупкими и при прокатке стали располагаются в виде строчек или рассредоточенных точечных частиц. Пластичные сульфиды получают форму продолговатых линз. Силикаты имеют сложный химический состав и могут быть пластичными или хрупкими.

После травления шлифа химическим реактивом различные структурные составляющие материала растворяются в разной степени, т.е. возникает некоторый рельеф поверхности (наличие выступающих и углубленных участков). На отдельных участках этого рельефа световые лучи отражаются в разной степени и участки поверхности шлифа видны в окуляр как светлые и темные различных оттенков.



Рис. 2. Схема отражения световых лучей от поверхности полированного (а) и подвергнутого травлению (б) микрошлифа.

Структурный класс	Химический состав	Микро-структура	Типовое применение в
-------------------	-------------------	-----------------	----------------------

стали	Углерод С	Типичны е легирую щие элемент ы		машиностроен ии
Доэвтектоидные 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 легирован ный	Электротехниче ские стали. Кислотостойки е стали
-------------------------------	--	-------------------	----------------------------	---

Типичные структурные классы чугунов

Структурный класс чугуна	Микроструктура
Белые чугуны: - доэвтектические ($C_E < C < C_C$) - эвтектический ($C = C_C$) - заэвтектические ($C_C < C < C_F$)	Ледебурит, перлит и карбиды вторичные Ледебурит Ледебурит и карбиды первичные
Половинчатые чугуны	Ледебурит, перлит, вторичный цементит и графит
Чугуны с пластинчатым графитом ЧПГ	Перлит и графит; феррит, перлит и графит
Чугуны с шаровидным графитом ВЧШГ	Перлит и графит; перлит, феррит и графит; бейнит и графит
Чугуны с вермикулярным графитом ЧВГ	Перлит, феррит, графит вермикулярный, до 20...30 % графита шаровидного
Чугуны с хлопьевидным (компактным) графитом ЧХГ	Феррит и графит; перлит и графит

Сведения о характерных механических свойствах углеродистых сталей и конструкционных чугунов приведены в таблице

**Механические свойства сталей и чугунов
(без упрочняющей термической обработки)**

Наименование материала	Механические свойства	
	предел прочности при растяжении, МПа	относительное удлинение, %
Углеродистые конструкционные стали	321...676	2...15
Конструкционные чугуны:		
- с пластинчатым графитом ЧПГ		
- с вермикулярным графитом ЧВГ		
- с хлопьевидным графитом ЧХГ	100...440	0,2...1,1
- с шаровидным графитом ВЧШГ	300...450	2,0...6,0
	300...630	2,0...12,0
	350...1000	2,0...17,0

Порядок выполнения 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.

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.

1. Предварительно ознакомьтесь 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.
2. После включения источника света проводится наводка на фокус сначала с помощью макровинта, а затем более точно микровинтом.
3. Далее изучается микроструктура шлифов типовых сплавов, описание которых дано в таблице.
4. С помощью описания, схем микроструктур (рис. 4) и находящихся в лаборатории фотографий устанавливают, какие структурные составляющие имеет каждый образец, наименование, состав и структурный класс.

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

№№	Материал	Химический состав, %	Структурный класс	Описание микрострук
----	----------	----------------------	-------------------	---------------------

микрошл ифа		углер од С	другие компо ненты		туры
1	2	3	4	5	6
УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ					
1.	Углеродиста я качественная конструкцио нная сталь 20, ГОСТ 1050- 88	0,20	-	Дозвтектоид ная сталь	Светлые зерна феррита и темные участки перлита
3.	Инструмента льная нелегирован ная сталь У8, ГОСТ 1435- 90	0,80	-	Эвтектоид ная сталь	Перлит пластинча тый
4.	Инструмента льная нелегирован ная сталь У8, ГОСТ 1435- 90, после отжига	0,80	-	Эвтектоид ная 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

Продолжение табл. 8.

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	Дозвтектоидная 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

Продолжение табл. 8.

ЧУГУНЫ

12.	Белый заэвтектический чугун	5,1	данных нет	Чугун белый	Темно-белые участки ледебурита и светлые пластины первичного цементита
14.	Чугун ЧПГ марки СЧ15, ГОСТ 1412-85	3,4	2,2Si ; 0,7 Mn	Чугун с пластинчатым графитом	Темный перлит, светлый феррит и тонкие черные пластины графита
16.	Чугун ЧХГ марки КЧ30- 6,ГОСТ 1215-79	2,7	1,2Si ; 0,5 Mn	Чугун с хлопьевидным графитом	Светлые зерна феррита и темный хлопьевидный (компактный) графит
18.	Чугун ВЧШГ марки ВЧ 60, ГОСТ 7293-85	3,5	2,1Si ; 0,6 Mn	Чугун с шаровидным графитом	Темный перлит, светлый феррит и черный шаровидный графит

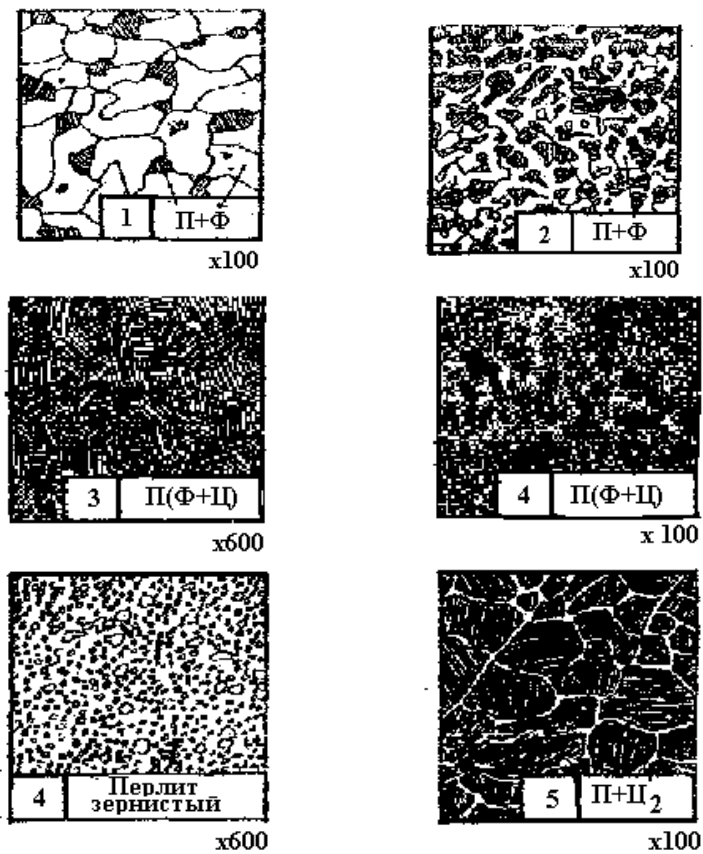


Рис. 4. Схемы микроструктур сталей и чугунов

Форма представления результата: Отчёт выполненных заданий оформите в тетради. Отчет должен содержать зарисовку схем микроструктур всех изученных сплавов, наименование и марка материала, составляющие структуры, химический состав.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическое занятие № 6

Определение вида, химического состава и назначения стали по маркировке

Цель работы: формирование умений маркировки металлов и сплавов

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;

- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.
- маркировать металлы и сплавы

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, образцы металлов и сплавов, таблицы с обозначениями металлов

Задание:

1. Определить виды металлов по заданной маркировке.

Порядок выполнения работы:

1. Определите виды металлов по заданной маркировке
2. Обозначьте заданные легирующие элементы
3. Запишите названия сталей по заданным маркировкам
4. Запишите марки сталей.

Ход работы:

1. Определите виды металлов по заданной маркировке

Ст0 –

Ст2 -

Ст4 -

БСт4 -

0,8КП -

25 -

А30 –

У12 -

У13А -

2. Обозначьте заданные легирующие элементы

1. хром -

5. Фосфор -

2. вольфрам -

6. Кремний -

3. марганец -

7. Алюминий -

4. медь -

8. Ванадий -

3. Запишите названия сталей по заданным маркировкам

18Х2Н4ВА - ;

40ХНМА - ;

9Х - ;

Г13 -

14ХГСН -

РК10 -

ЕХ2 -

Х12ЮС -

4. Запишите примеры следующих марок сталей

1. Инструментальная –

2. Автоматная –

3. Высококачественная –

4. Строительная –

5. Мартеновская, содержащая 0,74% углерода –

6. Жесть разного назначения, кроме тары для пищевых продуктов электротехнического лужения –

Форма представления результата:

Отчёт о выполнении заданий оформите в тетради

Вывод:

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой: +

Процент	Качественная оценка индивидуальных
---------	------------------------------------

результативности (правильных ответов)	образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическое занятие № 7

Выбор марки легированных сталей для деталей в зависимости от условий эксплуатации

Цель работы: приобрести навык в работе со справочной литературой по выбору сплава цветных металлов в зависимости от условий их работы.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- пользоваться справочной литературой;
- самостоятельно разбираться в большом числе сплавов и подборе их для изготовления деталей.

Материальное обеспечение: учебники по материаловедению, карточки с индивидуальными заданиями по выбору сплавов.

Задание:

1. Изучить условия работы заданной детали.
2. Выбрать цветной сплав с требуемыми свойствами.

Порядок выполнения работы:

1. Записать условие задачи, заданной преподавателем.
2. Изучить условия работы заданной детали и требования, предъявляемые к ней.

3. По учебнику выбрать сплав цветных металлов для изготовления заданной детали, расшифровать её и выписать механические свойства.

4. Дать обоснование выбора материала для заданной детали.

5. Используя данную методику, решить самостоятельно задачу из карточки.

Краткие теоретические сведения

Сочетания букв и цифр дают характеристику **легированной стали**. Если впереди марки стоят две цифры, они указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Одна цифра впереди марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если впереди марки нет цифры, это значит, что углерода в ней либо 1%, либо выше 1%. Цифры, стоящие за буквами, указывают среднее содержание данного элемента в процентах, если за буквой отсутствует цифра – значит содержание данного элемента около 1% (не более 1,5%). Буква А в конце марки обозначает высококачественную сталь, т.е. сталь, содержащую меньше серы и фосфора. Указанная система маркировки охватывает большинство существующих легированных сталей. Исключения составляют отдельные группы сталей, которые дополнительно обозначаются определенной буквой: Р – быстрорежущие, Е – магнитные, Ш – шарикоподшипниковые, Э – электротехнические.

Пример расшифровки марки стали

40ХНЗМФА – конструкционная легированная высококачественная сталь со средним содержанием углерода 0,4%, ~1% хрома, ~3% никеля, ~1% молибдена, ~1% ванадия.

18ХГТ – конструкционная легированная качественная сталь с содержанием углерода 0,18% и по 1% (приблизительно) хрома, марганца и титана.

ХВГ – инструментальная легированная сталь, углерода более 1%, приблизительно около 1% хрома, вольфрама, марганца.

7ХГ2 - инструментальная легированная сталь, углерода 0,7%, приблизительно около 1% хрома, марганца 2%.

Р18 – инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь, 18% вольфрама

Р6М5К4 – инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь, содержание вольфрама 6%, молибдена 5%, 4% кобальта.

Задание на практическую работу

Задание 1. Расшифровать марки легированных сталей

№ вариан та	Сплав 1	Сплав 2	Сплав 3	Сплав 4	Сплав 5
1	09Г2	38ХА	65С2ВА	8Х3	Р6К10
2	55С2	50ХФА	14ХГС	Х12	Р12Ф3
3	20Х	12ГС	60С2ХФА	В2Ф	Р6М5Ф3
4	30Х	09Г2С	20ХГР	5ХГМ	Р6М5К5
5	10Г2	38ХМА	14Х2ГМР	9Х2	Р18
6	40Х	50ХФА	20ХГ2Ц	ХГС	Р10К5Ф 5
7	50Г2	70С3А	20ХНР	Х12	Р9М4К8
8	17ГС	15Х25Т	75ХСМФ	В2Ф	Р6К10
9	45Г2	60С2А	20ХГСФ	7Х3	Р12Ф3
10	38ХА	35ГС	10Г2БД	Х12М	Р6М5Ф3
11	45Х	18ХГТ	15Г2СФД	ХГС	Р6М5К5
12	38ХЮ	40ХФА	34ХН3М	8Х3	Р18К5Ф 2
13	15ХА	60С2	36Г2С	9ХС	Р10К5Ф 5
14	30ХМ	40Х9С2	15Х11МФ	4ХС	Р9

15	09Г2	20ХГРА	55С2	6ХВГ	Р6К10
16	55С2	38ХА	20Х3МВФ	4ХС	Р12Ф3
17	12ГС	20Х	38Х2МЮА	6ХВГ	Р6М5Ф3
18	09Г2С	30Х	20ХГНР	9ХС	Р6М5К5
19	10Г2	38ХМА	14Х2ГМР	7Х3	Р18К5Ф 2
20	40Х	50ХФА	20ХГ2Ц	9Х1	Р10К5Ф 5
21	50Г2	70С3А	20ХНР	8Х3	Р9М4К8
22	17ГС	20ХГСА	75ХСМФ	9Х1	Р6К10
23	38ХА	35ГС	10Г2БД	8Х3	Р12
24	45Х	25ХГСА	15Г2СФД	9ХВГ	Р6М5Ф3
25	38ХЮ	18ХГТ	40ХФА	Х12М	Р6М5К5
26	60С2	15ХА	13Х2НА	9ХВГ	Р18К5Ф 2
27	30ХМ	40Х9С2	36НХТЮ	6ХВ2С	Р10К5Ф 5
28	55С2	09Г2	20ХГР	Х12	Р9
29	50ХФ А	14ХГС	55С2	5ХНМ	Р6К10
30	45Г2	60С2А	20ХГ2Ц	6ХВГ	Р12Ф3

Задание 2. Для каждой марки выписать свойства и применение. Результат оформить в виде таблицы

Вариант №__

№ сплава	Марка	Свойства	Применение
1			
2			
3			

4			
5			

Форма представления результата: в работе указываются тема и цель практического занятия и даются решения разобранной и самостоятельно выполненных задач.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическое занятие № 8

Решение задач по теме «Железоуглеродистые сплавы»

Цель работы:

- изучить правило отрезка и применять его при решении задач по диаграммам состояния двухкомпонентных систем.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- определять количество фаз и структур;

- определять химический состав сплава в равновесном состоянии.

Карточки с изображением двойной диаграммы состояния без указания структур, линейки, карандаши, учебники.

Задание:

1. По учебнику повторить правило отрезка.
2. Решить задачу под руководством преподавателя.
3. Решить самостоятельно задачи.

Порядок выполнения работы:

1. Начертить заданную диаграмму состояния в масштабе.
2. Указать в каждой области структуры, образующиеся в состоянии равновесия.
3. Указать на диаграмме состояния вертикальной линией заданный в задаче сплав.
4. На линии сплава обозначить точкой заданную температуру.
5. Используя правило фаз, определить количество структур и их химический состав.
6. Самостоятельно решить задачи, выданные преподавателем.

Форма представления результата: в работе указываются тема и цель практического занятия и даются решения разобранных и самостоятельно выполненных задач.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

ТЕМА 2.4. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Практическое занятие № 9

Определение вида, химического состава и назначения сплавов цветных металлов по маркировке

Цель работы: развитие умений определять вид и назначение сплавов цветных металлов по маркировке.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- классифицировать, расшифровывать и характеризовать область применения сплавов цветных металлов

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, образцы металлов и сплавов, справочные таблицы

Краткие теоретические сведения

Классифицировать сплав — значит отнести его к соответствующему классу материалов по признакам:

- химическому составу,
- структуре,
- применению.

Расшифровывая марку сплава, необходимо дать его полное название и раскрыть содержание всех букв и цифр марки. Следует иметь в виду, что в ряде сплавов содержание компонентов прямо не указано в марке, но следует из принципов маркировки данного материала и должно быть отражено при расшифровке. Характеризуя область применения сплава, можно сослаться на круг наиболее распространенных изделий из данного сплава.

Сплавы на основе меди. Медные сплавы обладают высокими механическими свойствами, хорошо сопротивляются износу и коррозии. По составу легирования различают латуни, бронзы и медно-никелевые сплавы.

Традиционная маркировка имеет следующий вид. Латунь обозначается буквой *Л*, бронзы — *Бр*. У латуни после буквы *Л* указываются буквенные обозначения легирующих компонентов, далее проставляется массовое процентное содержание меди, затем подряд — массовое процентное содержание легирующих компонентов, содержание цинка — остальное. Обычно в простых по составу латунях указывают только содержание в сплаве меди: Л96 — латунь, содержащая 96% Cu и ~4% Zn (томпак); Л63 — латунь, содержащая 63% Cu и 37% Zn. Основными легирующими элементами в многокомпонентных латунях являются: алюминий (А), железо (Ж), марганец (Мц), мышьяк (Мш), олово (О), свинец

(С), кремний (К), никель (Н), фосфор (Ф), цинк (Ц) (в скобках указаны условные обозначения элементов в марке). Например: ЛМцЖ55-3-1 – латунь, медь- 55 %, марганец – 3 %, железо – 1 %, цинк – остальное. У *бронзы* после букв *Бр* указываются буквенные обозначения легирующих компонентов, далее подряд – массовое процентное содержание легирующих компонентов, содержание меди – остальное. Например: БрОЦС4-4-2,5 – бронза, олово – 4%, кремний – 2,5 %, остальное – медь. Оловянные бронзы по структуре бывают однофазными и двухфазными. При содержании олова менее 6% они имеют однофазную структуру, при содержании олова от 6 до 10% - двухфазную. Двухфазные бронзы плохо обрабатываются давлением и их применяют только в литом виде.

Сплавы на основе титана. Титановые сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью и прочностью при малой плотности. Наибольшее распространение получили сплавы, легированные алюминием, оловом, марганцем, хромом и ванадием. Сплавы широко используются в машиностроении, особенно в авиа- и судостроении.

Сплавы на основе алюминия. Для алюминиевых сплавов характерна относительно большая удельная прочность. *Литейные сплавы* имеют хорошие литейные свойства, хорошо обрабатываются резанием. Маркируют буквами *АЛ*, затем цифрами, указывающими порядковый номер сплава. *Деформируемые сплавы* обладают удовлетворительной пластичностью, высокой коррозионной стойкостью, в основном применяются для сварных и клепаных соединений элементов конструкций, испытывающих небольшие нагрузки, но требующих высокого сопротивления коррозии. Марки

дюралюминиевых сплавов начинаются с буквы *Д*, за которой стоит цифра, обозначающая условный порядковый номер сплава. Сплавы алюминия с кремнием называются силуминами. Например, силумины АЛ2, АЛ4, АЛ9 отличаются хорошими литейными свойствами, свариваемостью, коррозионной стойкостью. Их применяют для изготовления мелких и крупных литых деталей.

Антифрикционные сплавы. Такие сплавы применяют для заливки подшипников скольжения. Применяются сплавы на основе олова или свинца (баббиты), меди, алюминия, цинка. Баббиты обозначаются буквой *Б*, далее ставится цифра, показывающая процентное содержание олова, или буква, характеризующая специальный элемент, входящий в сплав. Например: Б88 – сплав содержит 88 % олова, БТ – сплав содержит теллур, БК2 – основа свинец.

Порядок работы

Задание 1. А) Из перечисленных ниже марок оловянных бронз укажите сначала литейные, а затем деформируемые бронзы: БрОЦ4-3, БрОЦС4-4-4, БрО10, БрОЦСН3-7-5-1, БрОФ10-1, БрОФ4-0,25, БрОЦС5-5-5, БрОФ6,5-0,4. Для ответа необходимо руководствоваться данными табл. 6 и 7. Б) Укажите их химический состав. В) К какой группе относятся данные бронзы указанных марок (оловянные, безоловянные). Г) Можно ли использовать для изготовления литого зубчатого колеса бронзу марки БРО10Ф1? Обоснуйте ответ.

Задание 2. Какой химический состав имеют следующие материалы: БрАЖ9-4, БрКМц3-1, БрБ2, БрМц5, БрС30, Л96, ЛС80-3, ЛЖМц59-1-1, ЛА77-2.

Задание 3. Из перечисленных марок металлических материалов выберите марки антифрикционных сплавов: БрС30, АК4, ШХ6, У7, Б83, БН, БСт5, БрОЦС5-5-5, АСЧ- 1, Б16, ШХ15, БК, БСт6, БТ, Т15К6, ВТ14.

Задание 4. Какие из указанных марок литейных алюминиевых сплавов наиболее пригодны для производства отливок и почему: АЛ7, АЛ2, АЛ4, АЛ8, АЛ23, АЛ9, АЛ19?

Задание 5. Определите химический состав и назначение следующих марок латуней, заполнив таблицу 6.

Таблица 6

№	Марка латуни	Назначение	Химический состав
I	Л68		
	ЛС59-1Л		
	ЛАЖ60-1-1		
II	Л96		
	ЛКС80-3-3		
	ЛЦ16К4		

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторное занятие №10

Изучение микроструктуры цветных сплавов

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

Выполнив работу, Вы будете уметь: проводить микроанализ цветных сплавов и по виду структуры определять структурные составляющие.

Материальное обеспечение: микроскопы, коллекция микрошлифов цветных сплавов, фотографии микроструктур, диаграммы состояния рассматриваемых сплавов.

Задание: Изучить микроструктуры цветных сплавов.

Краткие теоретические сведения:

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 - литиевые 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. 16.

**Таблица 16. 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
1583-89E	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
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. 17, а схемы микроструктур приведены на рис. 14. 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 17. Перечень лабораторной коллекции
микрошлифов цветных сплавов**

№ шли фа	Наименова ние	Марка	ГОСТ	Химически й состав, %	Обра ботка сплав а	Структурн ые составляю щие
42	Дуралюми н	1160	4784-74	Al-основа; 3,8...4,8Cu; 1,2...1,8Mg ; 0,3...0,9Mn .	Отжи г	α-раствор и частицы интермета ллидов
43	Медно- цинковый сплав (латунь)	Л68	15527- 70	Cu – основа 30- 33 Zn	Холо дная дефор мация и отжиг	Зерна α- раствора с двойнико- выми кристалла ми (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.	Отжи г	α -раствор (светлый) и β -раствор (темный)
45	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё без модифицирования	Эвтектика (α +Si) и крупные кристаллы Si.
46	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё с модифицированием	Дисперсная эвтектика (α +Si) и α -раствора (светлый)
47	Магниевый сплав	МЛ15	2856-79	Mg – основа 7,5...9 Al; 0,2...0,8 Zn; 0,15...0,5 Mn.	Литьё и закалка	Перенасыщенный α -раствор и Mg_4Al_3
48	Бронза оловянная	БрО10 Ф1	-	Cu – основа 9...11 Sn; 0,8...1,2 P	Литьё	Дендриты α -раствора (темные), эвтектоид (светлый)

						и Cu_3P
49	Баббит	Б83	1320-74	Sn – основа; 10...12 Sb; 5,5...6,5 Cu	Литьё	α-раствор, светлые крупные кристаллы β и мелкие Cu_3Sn

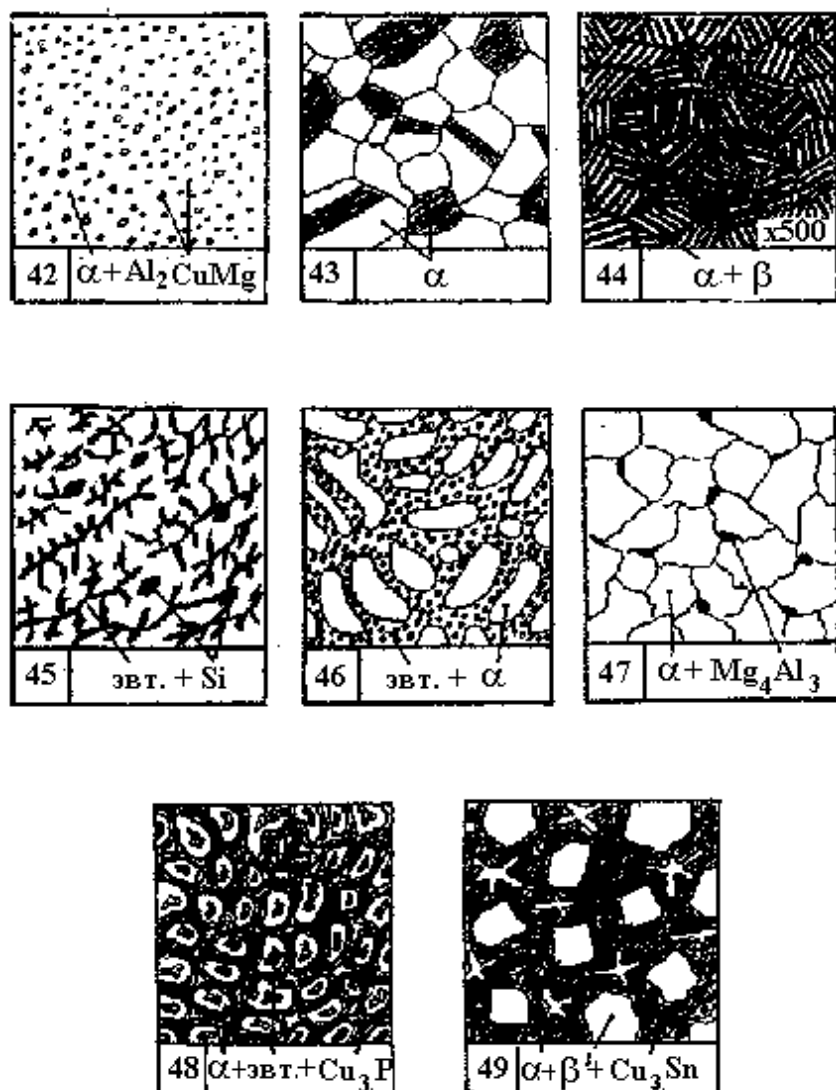


Рис. 14. Схемы микроструктур цветных сплавов

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 α - твердого раствора меди в алюминии и вторичных дисперсных включений интерметаллических соединений CuAl_2 , Al_2CuMg (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 α -твердого раствора цинка в меди (латунь Л68). Микроструктура образца, подвергнутого холодной деформации и рекристаллизационному отжигу, состоит из равновесных зерен твердого раствора α , 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 α - твердого раствора и фазы β' (упорядоченный твердый раствор на основе соединения 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 α - раствора или $\alpha+\beta$ - растворов на основе титана. Твердый раствор α на основе $\text{Ti}\alpha$ имеет гексагональную кристаллическую решетку, β - 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 α - твердого раствора кремния в алюминии и грубых игольчатых кристаллов кремния, играющих роль внутренних надразов (концентраторов напряжения). При модифицировании жидкого силумина натрием в количестве 0,05...0,08 % эвтектика измельчается и состоит из α раствора и мелких зерен кремния. Микроструктура модифицированного доэвтектического силумина имеет первичные светлые дендриты твёрдого раствора α 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 α - твердого раствора олова в меди с развитой дендритной ликвацией. Микроструктура литой бронзы, содержащей более 6 % олова, состоит из дендритов твердого раствора α и извилистых светлых включений хрупкого эвтектоида (дисперсной смеси двух фаз: α - раствора и $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ (δ -фазы)).

Оловянная бронза, раскисленная фосфором, дополнительно имеет в микроструктуре небольшие включения химического соединения Cu_3P светло-голубого цвета, например, бронза марки БрО10Ф1. Оловянные бронзы

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

Из *магневых* литейных сплавов наиболее широко используются сплавы магний – алюминий – цинк, например, марки МЛ5. В литом состоянии микроструктура сплава МЛ5 состоит из α -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 α -раствор с частицами Mg_4Al_3 (закалка). Магневые сплавы характеризуются небольшой плотностью (1,7 г/см³).

Для заливки вкладышей подшипников скольжения широкое применение получили сплавы олово – сурьма – медь, например, *оловянный баббит* Б83. Микроструктура баббита состоит из мягкого α -твердого раствора сурьмы в олове и крупных светлых кристаллов упорядоченной β' -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 β' - фазы.

Наличие в микроструктуре баббита мягкой, пластичной основы из раствора α 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.

Порядок выполнения работы:

1. Используя диаграммы состояния латуней и бронз, определить микроструктуры заданных марок медных сплавов.
2. Описать превращения, происходящие при охлаждении сплавов.
3. Дать определения структурных составляющих исследуемых сплавов.
4. Рассмотреть микроструктуры сплавов на фотографиях и под микроскопом.
5. Зарисовать схемы микроструктур изученных сплавов.
6. Также исследовать алюминиевые сплавы и антифрикционные сплавы.

Форма представления результата: указать тему и цель работы, схемы микроструктур изученных сплавов с указанием марки сплава, структурных составляющих.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическое занятие №10

Выбор марки сплавов цветных металлов для конкретных деталей

Цель работы: приобрести навык в работе со справочной литературой по выбору сплава цветных металлов в зависимости от условий их работы.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- пользоваться справочной литературой;
- самостоятельно разбираться в большом числе сплавов и подборе их для изготовления деталей.

Материальное обеспечение: учебники по материаловедению, карточки с индивидуальными заданиями по выбору сплавов.

Задание:

1. Изучить условия работы заданной детали.
2. Выбрать цветной сплав с требуемыми свойствами.
3. Ответить на контрольные вопросы

Краткие теоретические сведения

При выборе материала для деталей машин конструктор пользуется справочниками, где наряду с данными о механических свойствах, полученных при испытании стандартных образцов, учитывается также название типичных деталей, для которых данный материал используют. Однако трудность при выборе материала по справочнику заключается в том, что для изготовления детали одного и того же наименования справочник рекомендует различные марки материала. Поэтому при выборе материалов по справочнику в первую очередь

следует исходить из условий работы детали и требуемых от нее свойств.

Рассмотрим, из решения каких задач складывается работа по выбору материала:

1. Материал должен обеспечить прочность, надежность и долговечность работы детали. Для выполнения этих требований необходимо учитывать жесткость нагружения в процессе работы и условия, в каких работает конструкция. В случае работы в агрессивных средах необходим учет влияния среды.

2. Выбранный материал должен быть технологичным, т.е. необходимо учитывать технологические свойства, оборудование и способы изготовления из него детали.

3. Выбранный материал должен быть как можно более дешевым и недефицитным.

Порядок выполнения работы

1. Точно переписать задание.

2. Провести анализ условий работы детали и определить требования к материалу детали.

3. Из изученных основных классов конструкционных материалов выбрать те, которые, вероятно, могут обеспечить выполнение требований, предъявляемых к детали.

4. По справочнику определить марки материалов и упрочняющую обработку, которые обеспечивают у детали получение заданных свойств. Поскольку требуемые свойства могут обеспечить разные материалы, то данные о них из справочника следует представить в виде таблицы, что сделает

Марка матери а-ла	Термообраб отка	Предел прочно- сти, МПа	Твердо сть	Другие свойств а
-------------------------	--------------------	----------------------------	---------------	------------------------

последующий выбор материала более наглядным. Следует выбрать 2 – 3 материала.

5. На основе сравнения всех данных следует сделать заключение о том, какой материал следует считать оптимальным и по каким причинам.

6. Для выбранного материала дать расшифровку марки.

Контрольные вопросы

1. Какими механическими и технологическими свойствами обладают стали, чугуны, латуни, бронзы, алюминиевые сплавы?

2. Как влияют на сплавы легирующие элементы?

3. Что необходимо учитывать при выборе конструкционного материала?

Форма представления результата: в работе указываются тема и цель практического занятия и даются решения разобранной и самостоятельно выполненных задач.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

ТЕМА 3.1 ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Практическое занятие №11

Проведение закалки и отпуска углеродистой стали

Цель работы: формирование умений проводить термическую обработку стали

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- проводить термическую обработку стали

Материальное обеспечение:

Лабораторные электрические печи, автоматические потенциометры для регулирования температуры нагрева в печи, бачки с водой и маслом для охлаждения, заточный станок (точило) для зачистки образцов от заусенцев и окалины, твердомеры, щипцы для загрузки образцов в печь и выгрузки, образцы сталей разных марок, линейка для измерения размеров образцов или штангенциркуль.

Задание: провести закалку и отпуск углеродистой стали

Краткие теоретические сведения:

Металлопродукция с металлургических предприятий поступает на машиностроительные заводы обычно в виде различного проката, поковок, в литом состоянии. Из них изготавливают заготовки деталей машин, которые подвергают предварительной термической обработке. Последующей механической обработкой резанием. получают детали заданной геометрической формы и размеров. Эти детали далее проходят упрочняющую термическую обработку и, в случае сложных

машин, направляются на сборку отдельных частей машины, а из сборочных единиц собирается сама машина. Схема обработки и изготовления на машиностроительных заводах объемных деталей машин (рычаги, коленчатые валы и шатуны двигателей внутреннего сгорания, зубчатые колеса и др.) из деформируемых металлических материалов представлена на рис. 8. Как видно, в процессе изготовления деталей машин два раза проводится термическая обработка.

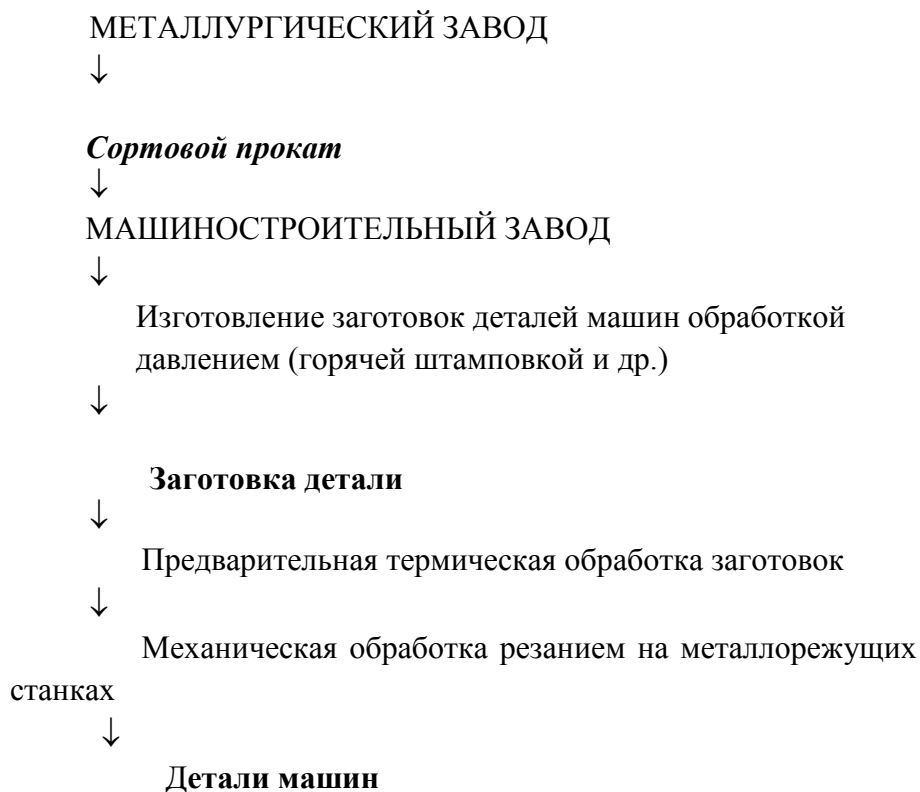
Термическая обработка - процесс обработки изделий из технических материалов путем теплового воздействия (нагрева и охлаждения) с целью изменения их структуры и свойств в заданном направлении.

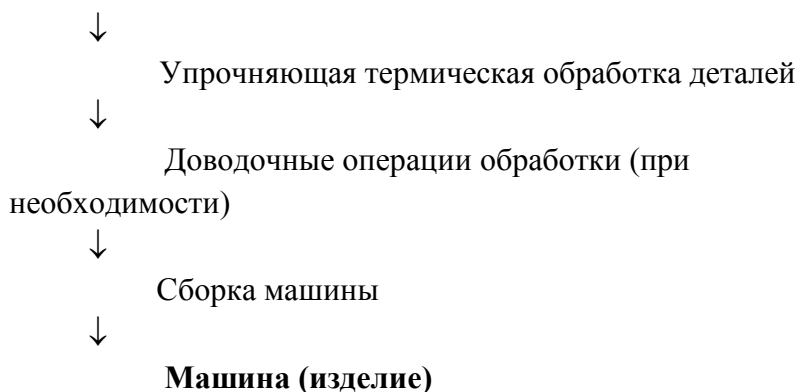
Термическую обработку применяют как окончательную для получения заданных механических, физических, эксплуатационных свойств деталей машин, а также промежуточную (предварительную) с целью улучшения технологических свойств (обрабатываемости режущими инструментами, обрабатываемости давлением и др.).

Основными видами предварительной термической обработки заготовок из конструкционных сталей в машиностроении являются нормализационный или полный отжиг. Для их проведения заготовки нагревают в случае использования конструкционных доэвтектоидных сталей выше температуры фазового превращения t_{AC3} на 30...50°C и получают структуру аустенита. После некоторой выдержки при температуре нагрева проводят охлаждение на воздухе (нормализационный отжиг) или вместе с печью (полный отжиг), получая структуру из феррита и перлита.

Предварительная термическая обработка снижает твердость стали и улучшает обрабатываемость резанием. За показатель обрабатываемости при резании принимается обычно численное значение скорости резанием при точении резцами из быстрорежущей стали на токарном станке, которой соответствует стойкость резцов 60 минут (время между двумя переточками режущей кромки инструмента).

Типовая укрупненная схема обработки и изготовления объемных деталей машин на машиностроительном заводе





При содержании углерода в конструкционных углеродистых и низколегированных сталях менее 0,5 % проводят обычно для заготовок нормализационный отжиг, а для сталей, имеющих более 0,5 % углерода – полный отжиг.

Типовая окончательная термическая обработка деталей машин и инструментов состоит из двух операций: 1 - закалки с получением на этапе охлаждения с большой скоростью (для углеродистых сталей в воде и других средах) из аустенита структуры мартенсита ($A \rightarrow M$); 2 - отпуска закаленной стали с нагревом до температуры не выше температуры фазового превращения A_{c1} . Применение термической обработки значительно изменяет механические свойства стали. Схемы основных видов термической обработки для конструкционных доэвтектоидных сталей представлены на рис. .

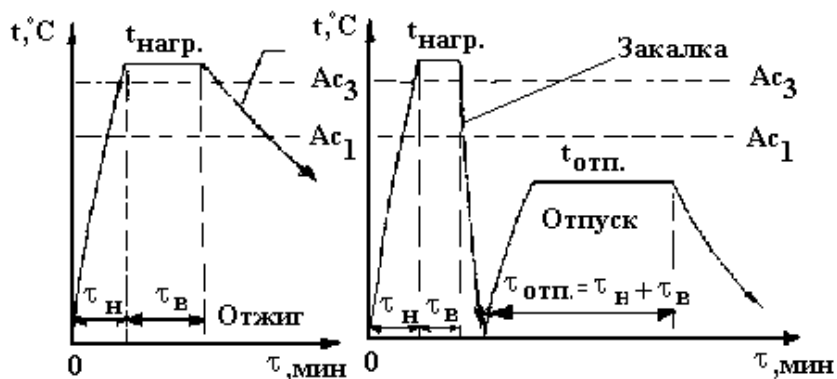


Рис. Схемы термической обработки конструкционных сталей

Порядок выполнения работы

1. Работа выполняется в лаборатории термической обработки. 2
2. Для нагрева образцов применяются электрические лабораторные камерные или муфельные печи. Примером камерной печи является печь СНОЛ-1.6.2. 5. I/II-M1^{X)} мощностью 3 кВт. Рабочая камера, в которой проводится нагрев, выполнена из жаростойкой керамики.
3. Нагревательные элементы в виде спиралей расположены в углублениях по боковым стенкам, на поду и в своде печи. Для предохранения спиралей от повреждений и расположения нагреваемых образцов имеется на поду печи плоская керамическая плитка.
4. С целью измерения температуры в рабочую зону печи вставляется термопара. Рабочая камера печи спереди закрывается крышкой. Максимальная температура в рабочей зоне составляет 1100°C. Печь снабжена милливольтметром типа МП-64-02.

Для точного измерения и автоматического поддержания заданной температуры применен особый прибор - автоматический электромеханический **потенциометр** типа КСП4, к которому с помощью электрических проводов присоединена термопара. Прибор может автоматически записывать данные о температуре в печи на ленточную бумажную диаграмму в прямоугольных координатах.

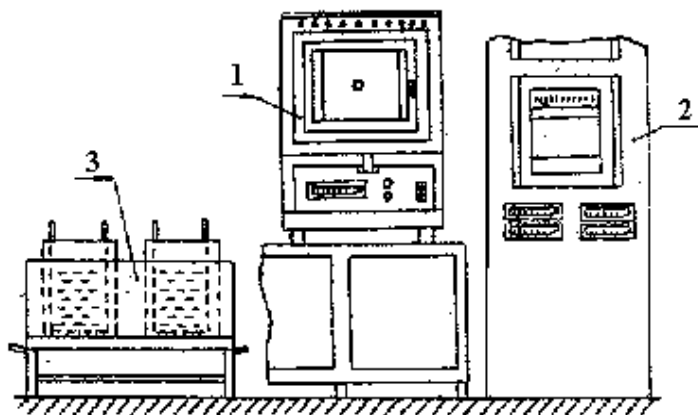


Рис. 4. Схема установки для проведения термической обработки: 1 – печь; 2 – шкаф с потенциометрами; 3 – бачки с охлаждающими жидкостями.

Рядом с печами располагаются на подставке бачки с водой и минеральным маслом. Бачки имеют "корзинки" с отверстиями, посредством которых образцы после завершения охлаждения вынимаются из охлаждающей среды. Схема установки для термической обработки показана на рис. 4.

Оценка механических свойств образцов проводится в данной работе по численному значению твердости. Твердость -

свойство материала оказывать сопротивление пластической деформации при вдавливании под постоянной нагрузкой в плоскую поверхность материала шарика из закаленной твердой стали, алмазного конуса или пирамиды. Имеются различные методы измерения твердости: метод Бриннеля, Роквелла, Виккерса и др.

Практическая часть работы выполняется в следующем порядке:

1. Определите номер выполняемого задания. Текст задания записывается в отчет.

2. В соответствии с заданием преподаватель назначает марку стали, определяется ее структурный класс.

3. Определите по заданию вид термической обработки: закалка, отжиг, закалка с отпуском.

4. Далее нужно определить режимы термической обработки: температуры нагрева, времени нагрева и выдержки, охлаждающей среды. Некоторые показатели режима в зависимости от конкретного задания указываются преподавателем.

Температура нагрева подсчитывается по формулам, приведенным в табл. 10. Численные значения температур фазовых превращений A_{c1} и A_{c3} принимаются по данным табл. 11. При этом вычисляют два численных значения температуры: минимальное $t_{\min}$ и максимальное $t_{\max}$. Эти значения температуры характеризуют оптимальный интервал температуры нагрева. Фактическая величина температуры в печи должна находиться в этом интервале (не ниже $t_{\min}$).

Пример. Закалка стали У12 ($A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$): $t_{\min} = 730 + 70 = 800^{\circ}\text{C}$;

$t_{\max} = 730 + 100 = 830^{\circ}\text{C}$.

Таблица 10. Температуры нагрева и охлаждающие среды при термической обработке стали

Вид термической обработки стали	Температура нагрева, $^{\circ}\text{C}$		Типовая охлаждающая среда
	Стали доэвтектоидные (менее 0,8 %C)	Стали эвтектоидные и заэвтектоидные (от 0,7...0,8 до 2,14%)	
Отжиг	$t_{\text{отж}} = t_{A_{c3}} + (30 \dots 50^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{отж}} = t_{A_{c1}} + (30 \dots 70^{\circ}\text{C})$	С печью
Нормализационный отжиг	$t_{\text{н.о.}} = t_{A_{c3}} + (50 \dots 80^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{н.о.}} = t_{A_{cm}} + (30 \dots 50^{\circ}\text{C})$	На спокойном воздухе
Закалка	$t_{\text{зак}} = t_{A_{c3}} + (30 \dots 50^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{зак}} = t_{A_{c1}} + (70 \dots 100^{\circ}\text{C})$	Углеродистые стали – в воде, легированные – в масле
Отпуск закаленной стали	Ниже A_{c1} (в зависимости от заданных свойств при $160 \dots 650^{\circ}\text{C}$)		Для большинства сталей – на воздухе

Таблица 11. Температуры критических точек A_{c1} , A_{c3} , A_{cm} некоторых сталей

Марк а стали	30	35	40	45	50	40X	45Г 2	35ХГС А	60С2
A_{c1} , °С	73	73	72	72	750	743	711	750	750
A_{c3} , °С	5	0	7	5	760	762	765	830	820
A_{cm} , °С	81	80	78	77					
	2	2	8	0					
Марк а стали	У7	У8	У10		У1 2	ШХ1 5	9ХС	ХВГ	Х12 М
A_{c1} , °С	73	73	730		730	750	770	750	810
A_{cm} , °С	0	0	800		820	900	870	940	-
A_{cm} , °С	-	-							

Время нагрева образцов до заданной температуры вычисляют по следующей эмпирической зависимости: $\tau_n = 1,5 D$, мин,

где D - диаметр или толщина образца мм.

Время выдержки при заданной температуре $\tau_b = 0,2 \tau_n$, мин. Общее время от загрузки образцов в рабочую камеру печи до их выгрузки из печи составляет сумму времени нагрева и выдержки:

$$\tau = \tau_n + \tau_b$$

Пример. Диаметр образца равен 12 мм:

$\tau_n = 1,5 \cdot 12 = 18$ мин; $\tau_b = 0,2 \cdot 18 = 3,6$ мин; $\tau = 18,0 + 3,6 = 21,6$ мин.

Охлаждающая среда при термической обработке стали назначается по табл.10.

Образцы стали заданной марки зачищают от заусенцев на заточном станке (точиле). Далее измеряется твердость образцов до термообработки методом Роквелла по шкале HRB. Полученное число твердости переводится по таблице в шкалу HB. Величину твердости записывают в таблицу.

После этого образцы с помощью щипцов загружаются в печь. Предварительно печь отключается от электрической сети. После загрузки образцов в печь дверца закрывается, и печь включается в электрическую сеть. По истечении времени нагрева и выдержки печь отключается от электрической сети, образцы с помощью щипцов быстро выгружаются из печи и помещаются в заданную охлаждающую среду.

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично

80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическое занятие № 12

Анализ сплавов определенной концентрации углерода по диаграмме «Железо-цементит» с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении

Цель работы: изучить микроструктуры углеродистых сталей с разным содержанием углерода и установить связь между структурами и диаграммой состояния «Железо-цементит».

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- пользоваться диаграммой состояния «Железо-цементит» для определения структуры сталей с разным содержанием углерода;
- различать микроструктуры различных сталей.

Материальное обеспечение: микроскопы, коллекция микрошлифов углеродистых сталей, фотографии микроструктур углеродистых сталей, диаграмма состояния «Железо-цементит».

Задание:

Изучить микроструктуры сталей с разным содержанием углерода.

Краткие теоретические сведения:

Необходимо ознакомиться со строением и свойствами феррита и перлита, какова структура цементита. Важно знать, какие стали называются эвтектоидными и заэвтектоидными,

какова структура этих сталей. Какова цель построения диаграмм состояния «железо-цементит» и какие изменения происходят в процессе подогрева и охлаждения сплавов. Необходимо уяснить, что механические свойства стали с увеличением содержания углерода изменяются в сторону повышения прочности и снижения эластичности.

Порядок выполнения работы:

1. Начертить часть диаграммы состояния «Железо-цементит», которая относится к области сталей и охарактеризовать структурные составляющие стали данного состава.

1. Описать превращения, происходящие при охлаждении сплавов.
2. Дать определения структурных составляющих исследуемых сплавов.
3. Рассмотреть микроструктуры сплавов на фотографиях и под микроскопом.
4. Зарисовать схемы микроструктур изученных сплавов.

Форма представления результата:

указать тему и цель работы, приложить нижнюю левую часть диаграммы состояния «Железо-углерод», указав местоположение исследуемых сплавов соответствующими линиями и схемы микроструктур изученных сплавов.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическое занятие №13

Выбор вида термообработки стали для конкретных деталей в зависимости от условий эксплуатации

Цель работы: изучить методику выбора режимов термической обработки углеродистой стали в зависимости от условий эксплуатации.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- назначать режимы термической обработки сталей, используя справочный материал.

Материальное обеспечение: справочники, карточки с задачами.

Задание: назначить режим термообработки конкретных деталей

Краткие теоретические сведения

Химико-термической обработкой (ХТО) называют технологические процессы, приводящие к диффузионному насыщению поверхностного слоя деталей различными элементами. ХТО применяют для повышения твердости,

износостойкости, сопротивления усталости и контактной выносливости, а также для защиты от электрохимической и газовой коррозии. При ХТО деталь помещают в среду, богатую насыщающим элементом. При ХТО происходят три элементарных процесса: диссоциация, абсорбция и диффузия. Диссоциация протекает в газовой среде и состоит в распаде молекул и образовании активных атомов диффундирующего элемента. Степень распада молекул газа называется степенью диссоциации. Абсорбция происходит на границе «газ-металл» и заключается в поглощении поверхностью металла насыщающего элемента. Под диффузией понимают проникновение элемента вглубь насыщаемого металла. В результате ХТО образуется диффузионный слой. Наибольшая концентрация насыщаемого элемента наблюдается на поверхности изделия, по мере удаления от поверхности она снижается. Фазовые и структурные изменения, происходящие при ХТО в диффузионном слое, и его строение определяются изотермическим разрезом диаграммы состояния «обрабатываемый металл – насыщающий элемент» при температуре диффузионного насыщения. Предположим, что системе «обрабатываемый металл А – насыщающий элемент В» соответствует диаграмма состояния, представленная на рисунке 15.1, а насыщение происходит при температуре t_1 . Если процессы диссоциации, абсорбции и диффузии протекают активно и времени насыщения достаточно, то на поверхности образуется слой твердого раствора А и В переменной концентрации. Под ним будет находиться слой твердого раствора А и В в химическом соединении $AnBm$ переменной концентрации и далее твердый раствор В и А, убывающий от

предела насыщения до нуля. На границах раздела слоев концентрация изменяется скачкообразно в соответствии с диаграммой состояния системы.

Порядок выполнения работы:

1. Под руководством преподавателя решить задачу: назначить термообработку резца из стали У10.

- изучить условия работы заданной детали и требования к ней.

- изучить химический состав и механические свойства заданной марки стали.

- разработать в зависимости от условий работы детали, вид и режим термообработки, используя справочник.

2. Решить самостоятельно задачи из карточки.

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо

70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторное занятие №11

Влияние условий термической обработки на свойства стали

Цель работы:

- изучить влияние температурно-временных условий нагрева и режимов охлаждения при термической обработке на свойства стали.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- различать условия нагрева и режимы охлаждения при термической обработке, и их влияние на свойства стали.

Краткие теоретические сведения:

Металлопродукция с металлургических предприятий поступает на машиностроительные заводы обычно в виде различного проката, поковок, в литом состоянии. Из них изготавливают заготовки деталей машин, которые подвергают предварительной термической обработке. Последующей механической обработкой резанием. получают детали заданной геометрической формы и размеров. Эти детали далее проходят упрочняющую термическую обработку и, в случае сложных машин, направляются на сборку отдельных частей машины, а из сборочных единиц собирается сама машина. Схема обработки и изготовления на машиностроительных заводах объемных деталей машин (рычаги, коленчатые валы и шатуны двигателей

внутреннего сгорания, зубчатые колеса и др.) из деформируемых металлических материалов представлена на рис. 8. Как видно, в процессе изготовления деталей машин два раза проводится термическая обработка.

Термическая обработка - процесс обработки изделий из технических материалов путем теплового воздействия (нагрева и охлаждения) с целью изменения их структуры и свойств в заданном направлении.

Термическую обработку применяют как окончательную для получения заданных механических, физических, эксплуатационных свойств деталей машин, а также промежуточную (предварительную) с целью улучшения технологических свойств (обрабатываемости режущими инструментами, обрабатываемости давлением и др.).

Основными видами предварительной термической обработки заготовок из конструкционных сталей в машиностроении являются нормализационный или полный отжиг. Для их проведения заготовки нагревают в случае использования конструкционных доэвтектоидных сталей выше температуры фазового превращения t_{AC3} на $30...50^{\circ}\text{C}$ и получают структуру аустенита. После некоторой выдержки при температуре нагрева проводят охлаждение на воздухе (нормализационный отжиг) или вместе с печью (полный отжиг), получая структуру из феррита и перлита.

Предварительная термическая обработка снижает твердость стали и улучшает обрабатываемость резанием. За показатель обрабатываемости при резании принимается

обычно численное значение скорости резанием при точении резцами из быстрорежущей стали на токарном станке, которой соответствует стойкость резцов 60 минут (время между двумя переточками режущей кромки инструмента).

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД



Сортовой прокат



МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД



Изготовление заготовок деталей машин обработкой давлением (горячей штамповкой и др.)



Заготовка детали



Предварительная термическая обработка заготовок



Механическая обработка резанием на металлорежущих станках



Детали машин



Упрочняющая термическая обработка деталей

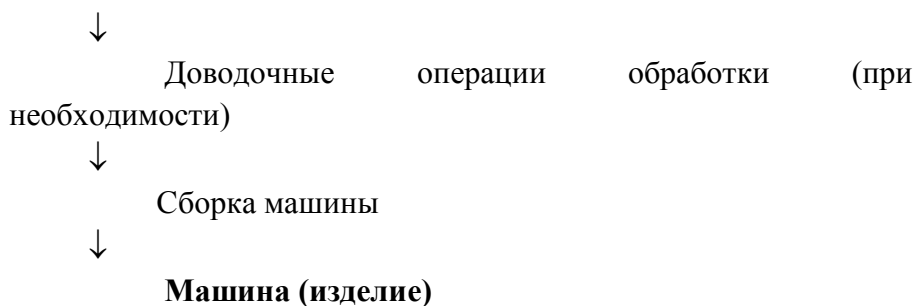


Рис. 8. Типовая укрупненная схема обработки и изготовления объемных деталей машин на машиностроительном заводе

При содержании углерода в конструкционных углеродистых и низколегированных сталях менее 0,5 % проводят обычно для заготовок нормализационный отжиг, а для сталей, имеющих более 0,5 % углерода – полный отжиг.

Типовая окончательная термическая обработка деталей машин и инструментов состоит из двух операций: 1 - закалки с получением на этапе охлаждения с большой скоростью (для углеродистых сталей в воде и других средах) из аустенита структуры мартенсита ($A \rightarrow M$); 2 - отпуска закаленной стали с нагревом до температуры не выше температуры фазового превращения A_{c1} . Применение термической обработки значительно изменяет механические свойства стали. Схемы основных видов термической обработки для конструкционных доэвтектоидных сталей представлены на рис. 9.

Данные о механических свойствах конструкционных среднеуглеродистых (улучшаемых) сталей различного химического состава после заковки и высокого отпуска приведены в табл. 9.

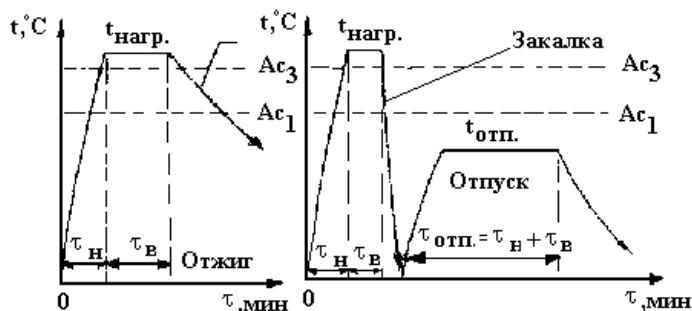


Рис. 9. Схемы термической обработки конструкционных сталей

Таблица 9. Механические свойства некоторых типовых конструкционных среднеуглеродистых сталей после заковки и высокого отпуска

Марка стали	Оптовая цена ^{х)}	Критический диаметр, мм ^{xx)}	Для деталей с поперечным размером, мм ^{xxx)}	Механические свойства	
				$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа
45	1,0	12	15...20	490	730
40X	1,2	15	25...35	800	900
40XH	1,6	25	50...75	800	1000

40ХН2	2,1	100	75...100	950	1050
38ХН3	2,6	100	100...200	1070	1150

Примечания:

х) Относительные единицы: за 1.0 принята оптовая цена углеродистой качественной стали.

хх) Диаметр образца, закаливающегося насквозь с получением в центре микроструктуры из 95 % мартенсита и 5 % троостита.

ххх) Стали могут быть использованы для изготовления деталей с еще большим поперечным размером. Следует иметь в виду, что в этом случае изделия получают пониженные по сравнению с табличными значениями механических свойств в связи с недостаточной прокаливаемостью по сечению деталей большого поперечного диаметра.

Материальное обеспечение:

1. В работе используются лабораторные электрические печи, автоматические потенциометры для регулирования температуры нагрева в печи, бачки с водой и маслом для охлаждения, заточный станок (точило) для зачистки образцов от заусенцев и окалины, твердомеры, щипцы для загрузки образцов в печь и выгрузки, образцы сталей разных марок, линейка для измерения размеров образцов или штангенциркуль.
2. Работа выполняется в лаборатории термической обработки. Для нагрева образцов применяются электрические лабораторные камерные или муфельные печи. Примером камерной печи является печь СНОЛ-1.6.2. 5. I/II-М1^х) мощностью 3 кВт. Рабочая камера, в которой проводится нагрев, выполнена из жаростойкой керамики. Нагревательные элементы в виде спиралей

расположены в углублениях по боковым стенкам, на поду и в своде печи. Для предохранения спиралей от повреждений и расположения нагреваемых образцов имеется на поду печи плоская керамическая плитка

3. С целью измерения температуры в рабочую зону печи вставляется термопара. Рабочая камера печи спереди закрывается крышкой. Максимальная температура в рабочей зоне составляет 1100°C . Печь снабжена милливольтметром типа МП-64-02.

4. Для точного измерения и автоматического поддержания заданной температуры применен особый прибор - автоматический электромеханический ***потенциометр*** типа КСП4, к которому с помощью электрических проводов присоединена термопара. Прибор может автоматически записывать данные о температуре в печи на ленточную бумажную диаграмму в прямоугольных координатах.

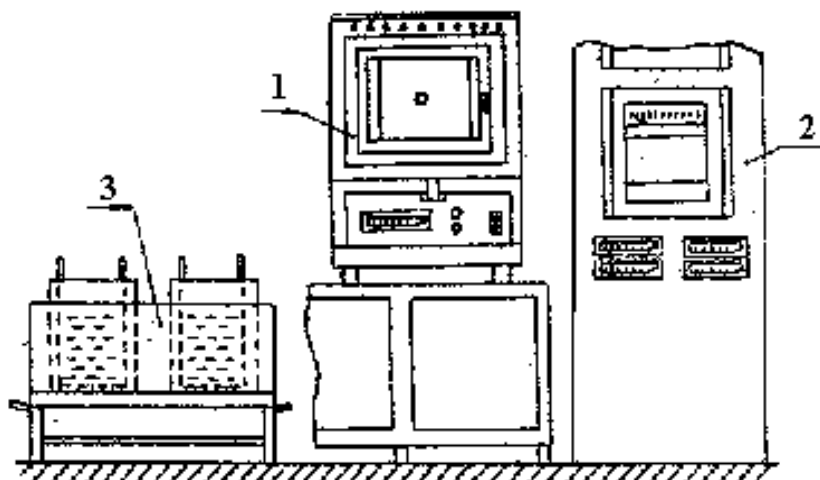


Рис. 10. Схема установки для проведения термической обработки:

1 — печь; 2 — шкаф с потенциометрами; 3 — бачки с охлаждающими жидкостями.

Рядом с печами располагаются на подставке бачки с водой и минеральным маслом. Бачки имеют "корзинки" с отверстиями, посредством которых образцы после завершения охлаждения вынимаются из охлаждающей среды. Схема установки для термической обработки показана на рис. 10.

Оценка механических свойств образцов проводится в данной работе по численному значению твердости. **Твердость** - свойство материала оказывать сопротивление пластической деформации при вдавливании под постоянной нагрузкой в плоскую поверхность материала шарика из закаленной твердой стали, алмазного конуса или пирамиды. Имеются различные

методы измерения твердости: метод Бриннеля, Роквелла, Виккерса и др.

Порядок выполнения работы:

Практическая часть работы выполняется в следующем порядке:

1. Группе студентов до 3-4 человек преподаватель указывает номер выполняемого задания. Текст задания каждый студент записывает себе в отчет.

2. В соответствии с заданием преподаватель назначает марку стали, определяется ее структурный класс.

3. Определяется по заданию вид термической обработки: закалка, отжиг, закалка с отпуском.

4. Далее переходят к назначению режимов термической обработки:

температуры нагрева, времени нагрева и выдержки, охлаждающей среды. Некоторые показатели режима в зависимости от конкретного задания указываются преподавателем.

Температура нагрева подсчитывается по формулам, приведенным в табл. 10. Численные значения температур фазовых превращений A_{c1} и A_{c3} принимаются по данным табл. 11. При этом вычисляют два численных значения температуры: минимальное $t_{\min}$ и максимальное $t_{\max}$. Эти значения температуры характеризуют оптимальный интервал температуры нагрева. Фактическая величина температуры в печи должна находиться в этом интервале (не ниже $t_{\min}$).

Пример. Закалка стали У12 ($A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$): $t_{\min} = 730 + 70 = 800^{\circ}\text{C}$;

$$t_{\max} = 730 + 100 =$$

830°C.

Таблица 10. Температуры нагрева и охлаждающие среды при термической обработке стали

Вид термической обработки стали	Температура нагрева, °C		Тип охлаждающая среда
	Стали доэвтектоидные (менее 0,8 %C)	Стали эвтектоидные и заэвтектоидные (от 0,7...0,8 до 2,14%)	
Отжиг	$t_{\text{отж}} = t_{\text{Ac3}} + (30...50 \text{ }^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{отж}} = t_{\text{Ac1}} + (30...70 \text{ }^{\circ}\text{C})$	С печью
Нормализационный отжиг	$t_{\text{н.о.}} = t_{\text{Ac3}} + (50...80 \text{ }^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{н.о.}} = t_{\text{Acм}} + (30...50 \text{ }^{\circ}\text{C})$	На спокойном воздухе
Закалка	$t_{\text{зак}} = t_{\text{Ac3}} + (30...50 \text{ }^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{зак}} = t_{\text{Ac1}} + (70...100 \text{ }^{\circ}\text{C})$	Углеродистые стали – в воде, легированные – в масле
Отпуск закаленной стали	Ниже A_{c1} (в зависимости от заданных свойств при 160...650 °C)		Для большинства сталей – на воздухе

**Таблица 11. Температуры критических точек Ac_1 , Ac_3 ,
 A_{cm} некоторых сталей**

Марка стали	30	35	40	45	50	40 X	45Г2	35ХГС А	60С2
Ac_1 , °C	735	730	727	725	750	743	711	750	750
Ac_3 , °C	812	802	788	770	760	762	765	830	820
Марка стали	У7	У8	У10		У12	ШХ1 5	9Х С	ХВГ	Х1 2М
Ac_1 , °C	730	73	730		730	750	770	750	81
Ac_{cm} , °C	-	0	800		820	900	870	940	0
Ac_{cm} , °C		-							-

Время нагрева образцов до заданной температуры вычисляют по следующей эмпирической зависимости: $\tau_n = 1,5 D$, мин,

где D - диаметр или толщина образца мм.

Время выдержки при заданной температуре $\tau_b = 0,2 \tau_n$, мин. Общее время от загрузки образцов в рабочую камеру печи до их выгрузки из печи составляет сумму времени нагрева и выдержки:

$$\tau = \tau_n + \tau_b$$

Пример. Диаметр образца равен 12 мм:

$$\tau_n = 1,5 \cdot 12 = 18 \text{ мин}; \quad \tau_b = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ мин}; \quad \tau = 18,0 + 3,6 = 21,6 \text{ мин.}$$

Охлаждающая среда при термической обработке стали назначается по табл.10.

Студенты получают у лаборанта образцы стали заданной марки и зачищают их от заусенцев на заточном станке (точиле). Далее лаборант измеряет твердость образцов до термообработки методом Роквелла по шкале HRB. Полученное число твердости переводится по таблице в шкалу HB. Величину твердости записывают в таблицу.

После этого образцы с помощью щипцов загружаются в печь под руководством лаборанта. Предварительно печь отключается от электрической сети. После загрузки образцов в печь дверца закрывается, и печь включается в электрическую сеть. По истечении времени нагрева и выдержки печь отключается от электрической сети, образцы с помощью щипцов быстро выгружаются из печи и помещаются в заданную охлаждающую среду.

После завершения охлаждения образцы зачищаются на заточном станке (точиле) и лаборант измеряет твердость в зависимости от вида термической обработки по шкале HRC или HRB. Полученные числа твердости переводятся по таблице в шкалу HB. Величины твердости записывают в таблицу. Форма таблицы для записи результатов термической обработки по всему заданию дана ниже:

Влияние термической обработки на твердость стали

Марка стали. Вид термообработк и (т.о.)	Режим термообработки			Твердость стали				
	t, °C	τ, мин	Сред а охлаж дения	до т.о.		после т.о.		
				RB	B	RB	RC	B

В работе несколько человек студентов выполняют одно из практических заданий по термической обработке сталей с заданным содержанием углерода. На небольших образцах сталей в лабораторных условиях имитируется реальная термическая обработка заготовок, деталей машин и инструментов. Практические задания даны ниже.

Задани 1. Изучение влияния охлаждающей среды (скорости охлаждения) на твердость стали.

Четыре образца углеродистой стали заданной марки нагреть, выдержать и охладить: первый образец в воде (полная закалка), второй - в минеральном масле (частичная закалка), третий - на воздухе (нормализационный отжиг), четвертый - в печи (полный отжиг). Измерить твердость образцов до и после термической обработки.

Таблица 12. Скорость охлаждения в различных средах

Охлаждающая среда	вода	масло	воздух	с печью
Примерная скорость охлаждения, градусов /с	600	100	1	0,05

По полученным данным строится график зависимости твердости стали от скорости охлаждения. Сделать выводы: после каких видов термической обработки достигается максимальная и минимальная твердость стали; - о влиянии скорости охлаждения на твердость стали.

Задание 2. Изучение влияния закалки на твердость стали с различным содержанием углерода.

Для нескольких образцов углеродистых сталей разных марок проводится закалка. Измеряется твердость образцов до и после закалки.

По полученным данным строятся два графика зависимости твердости от содержания углерода (до закалки для сталей марок У7, У8, У10 и после закалки для всех изученных сталей). Сделать выводы: -о влиянии закалки одной марки стали на твердость и о влиянии содержания углерода на твердость закаленной стали.

Задание 3. Изучение влияния температуры отпуска на твердость закаленной стали .

Три образца стали одной марки подвергнуть закалке. Измерить твердость каждого образца до и после закалки.

Провести отпуск закаленных образцов при температуре: первого—200°С, второго - 400°С, третьего - 600°С. Время нагрева и выдержки 30 мин. Измерить твердость после отпуска.

По полученным данным построить график зависимости твердости от температуры отпуска. Сделать выводы: -о влиянии температуры отпуска закаленной стали на твердость; -после отпуска при какой температуре достигается наиболее высокая и наименьшая твердость исследуемой стали.

По полученным данным на доске проводят построение графиков зависимостей твердости НВ от изменяемых факторов: содержания углерода в стали; скорости охлаждения при термической обработке; температуры отпуска закаленных образцов. Для этого каждый студент отмечает в соответствующих координатах экспериментальные точки.

Далее студенты по заданиям формулируют выводы, которые записываются в отчет. Выводы в отчете каждого студента приводятся по всем трем заданиям.

Вопросы для подготовки к работе и самопроверке.

1. Понятие термической обработки.
2. Какие основные виды термической обработки применяются в машиностроении?
3. Какое влияние оказывают полный отжиг и полная закалка с отпуском на механические свойства конструкционной стали?
4. Какие печи применяются для термической обработки в лаборатории материаловедения?
5. Для каких целей применяются потенциометры?
6. Понятие твердости материалов.
7. Как определяется температура нагрева при закалке и отжиге?
- 8.Какая охлаждающая среда применяется в случае нормализационного отжига?

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

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог

90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

ТЕМА 3.2 ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ

Практическое занятие № 14

Защита металлов от коррозии

Цель работы:

- 1) изучение допустимости контактов материалов, используемых в устройствах, технических конструкциях;
- 2) изучение методов борьбы с коррозией.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в производстве.

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему

Задание:

1. Изучить методы борьбы с коррозией.
2. Определить допустимость контактов материалов, согласно полученному заданию, и, в случае необходимости, предложить меры, предупреждающие развитие коррозионных процессов.
3. Сделать вывод.

Краткие теоретические сведения:

Все используемые в практике меры борьбы с коррозией можно классифицировать по характеру воздействия на три

основные группы, определяющие протекание коррозионных процессов:

- воздействие на окружающую среду,
- воздействие на металл,
- воздействие на конструкцию.

Защита металлоконструкций от коррозии с помощью воздействия на окружающую среду заключается в частичной или полной герметизации пространства вокруг металлоконструкций, удалении избыточной влаги из воздуха, очистке воздуха от вредных химических соединений, поддержании определенного уровня температуры. На практике эти методы сложно, а зачастую просто невозможно, реализовать в условиях жилого помещения или применительно к коммуникациям, находящимся на улице.

Воздействие на металл - более удобный и доступный способ борьбы с коррозией. Он включает такие меры, как: нанесение покрытий постоянного или консервационного действия, легирование металла и применение защитных покрытий, смазок. В большинстве случаев защита металлоконструкций от коррозии осуществляется с помощью покрытия поверхности специальными защитными лакокрасочными покрытиями, которые могут отличаться по своему составу, степени воздействия, внешнему виду и технологии применения.

Воздействие на конструкцию предусматривает возможность проветривания полостей, наличие дренажных отверстий. Большое значение имеет характер соединения элементов конструкции. В частности сварка болтовых соединений полностью исключает возможность появления различных зазоров, щелей и т.д. При необходимости возможно

применение изоляции при помощи прокладок, шайб и т.д. Кроме того, необходимо учитывать общую компоновку, расположение элементов, учет возможности нанесения и возобновления покрытий в процессе эксплуатации.

В зависимости от агрессивности среды и степени опасности возникновения контактной коррозии устанавливаются допустимые, ограниченно допустимые и недопустимые контакты металлов со следующими обозначениями:

допустимый..... +

ограниченно допустимый:

для атмосферных условий..... 0

для морской и пресной воды..... ×

недопустимый..... –

Допустимые контакты металлов могут применяться в изделиях, предназначенных для эксплуатации в атмосферных условиях, морской и пресной воде, без защиты от контактной коррозии.

Ограниченно допустимые контакты металлов в атмосферных условия могут применяться в изделиях, конструкционные особенности и эксплуатационные условия которых позволяют периодически возобновлять защиту контактных поверхностей нанесением рабочих или консервационных смазок, лакокрасочных покрытий и т.п.

Недопустимые контакты металлов могут применяться в изделиях только при условии их полной электрической изоляции или применения других средств и методов защиты от контактной коррозии.

Недопустимые контакты металлов без защиты от контактной коррозии допускается применять в следующих

технически обоснованных случаях:

если контактная коррозия не влияет на работоспособность и сохраняемость изделия (с учетом изменения декоративного вида изделия);

если в изделии специально предусматривается электрохимическая защита от коррозии одних деталей сборочных единиц за счет коррозии других;

при расположении контактов в герметизированных изделиях и в сборочных единицах, изолированных от климатических воздействий или работающих в атмосфере сухих инертных газов и сухого воздуха.

Порядок выполнения работы:

1 Изучите классификацию мер борьбы с коррозией, определяющих протекание коррозионного процесса.

2 Составьте перечень основных конструктивных элементов устройства с указанием используемых материалов и учетом того, что эксплуатация устройства ведется под навесом или в помещении, где имеется свободный доступ наружного воздуха.

3 Определите наличие контактов конструктивных элементов устройства и допустимость контактов материалов, в случае необходимости, предложите меры, предупреждающие развитие коррозионных процессов.

4 Сделать вывод.

Ход работы:

1 Законспектировать классификацию мер борьбы с коррозией, определяющих протекание коррозионного процесса.

2 Рассмотреть конструкцию предложенных устройств.



Шахтный светильник, состоящий из стеклянного плафона в металлической арматуре, внутри которого размещается лампа с патроном и контактами, подводящими проводами и резиновым уплотнителем. Подвод монтажных проводов патрону осуществляется через проходной изолятор (соединение герметичное и неразборное).



Запорная арматура, состоящая из металлического корпуса, уплотняющих деталей.



Рельсовый путь при электрической тяги, состоящий из рельс, соединенных на стыках проводами с помощью болтов, и бетонных шпал.

3 Составить перечень основных конструктивных элементов устройства (согласно варианту, указанному в таблице 8) с

указанием используемых материалов и учетом того, что эксплуатация устройства ведется под навесом или в помещении, где имеется свободный доступ наружного воздуха.

4 Определить наличие контактов конструктивных элементов устройства в табличном изображении (таблица 7). Определить по таблице 8 допустимость контактов материалов, внести запись в таблицу 7, и, в случае необходимости, предложить меры, предупреждающие развитие коррозионных процессов.

5 Выводом к работе является перечисление недопустимых контактов и описание мер, предупреждающих развитие коррозионных процессов.

Таблица 7

Наименование элемента и материала	Элемент 1	Элемент 2	Элемент 3
Элемент 1			
Элемент 2			
Элемент 3			

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Таблица 7 – Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
1	низколегированная сталь	алюминий	медь	чугун	медь	низколегированная сталь	алюминий
2	цинк	медь	алюминий	хромистая сталь	низколегированная сталь	хромистая сталь	медь

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
3	чугун	алюминий	медь	хромистая сталь	латунь	низколегированная сталь	медь
4	низколегированная сталь	медь	алюминий	чугун	низколегированная сталь	низколегированная сталь	алюминий
5	цинк	алюминий	медь	латунь	латунь	хромистая	медь

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
						я сталь	
6	чугун	медь	алюминий	чугун	хромистая сталь	низколегированная сталь	медь
7	низколегированная сталь	алюминий	медь	чугун	низколегированная сталь	низколегированная сталь	алюминий

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
8	цинк	медь	алюминий	латунь	латунь	хромистая сталь	медь
9	чугун	алюминий	медь	чугун	хромистая сталь	низколегированная сталь	медь
10	низколегированная	медь	алюминий	чугун	медь	низколегированная	алюминий

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
	сталь					сталь	
11	цинк	алюминий	медь	хромистая сталь	низколегированная сталь	хромистая сталь	медь
12	чугун	медь	алюмин	хромиста	латунь	низколегированная	медь

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
			й	я сталь		сталь	
13	низколегированная сталь	медь	алюминий	хромистая сталь	низколегированная сталь	хромистая сталь	медь
14	цинк	алюминий	медь	чугун	медь	низколегированная сталь	алюминий

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
15	цинк	алюминий	медь	хромистая сталь	низколегированная сталь	хромистая сталь	медь
16	чугун	алюминий	медь	хромистая сталь	латунь	низколегированная сталь	медь
17	низколегированная	медь	алюминий	чугун	низколегированная	низколегированная	алюминий

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
	сталь		й		сталь	сталь	й
18	цинк	алюминий	медь	латунь	латунь	хромистая сталь	медь
19	чугун	медь	алюминий	чугун	хромистая сталь	низколегированная сталь	медь

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
20	низколегированная сталь	алюминий	медь	чугун	медь	низколегированная сталь	алюминий
21	цинк	медь	алюминий	хромистая сталь	низколегированная сталь	хромистая сталь	медь

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
22	чугун	алюминий	медь	хромистая сталь	латунь	низколегированная сталь	медь
23	низколегированная сталь	медь	алюминий	чугун	низколегированная сталь	низколегированная сталь	алюминий
24	цинк	алюминий	медь	латунь	латунь	хромистая	медь

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
						я сталь	
25	низколегированная сталь	алюминий	медь	чугун	медь	низколегированная сталь	алюминий
26	цинк	алюминий	медь	чугун	медь	низколегированная сталь	алюминий

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
27	цинк	алюминий	медь	хромистая сталь	низколегированная сталь	хромистая сталь	медь
28	чугун	алюминий	медь	хромистая сталь	латунь	низколегированная сталь	медь
29	низколегированная	медь	алюминий	чугун	низколегированная	низколегированная	алюминий

№ варианта	Наименование материала металлической арматуры шахтного светильника	Наименование материала патрона и контактов шахтного светильника	Наименование материала проводов шахтного светильника	Наименование материала металлического корпуса запорной арматуры	Наименование материала уплотняющих деталей запорной арматуры	Наименование материала рельс рельсового пути	Наименование материала проводов и болтов рельсового пути
	сталь		й		сталь	сталь	й

Таблица 8 – Допустимость контактов металлов в изделиях, эксплуатируемых в средних атмосферных условиях

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы								
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь	Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза

			неанод и- рованн ые	анод и- рова н- ные	без дополни тельной обработ ки		без покры тий						
III	Алюмин ий, алюмини евые сплавы, не содержа щие медь	неанодирова нные	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	0
		анодирован ные	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	0
IV	Цинк, цинковы е сплавы,	без дополнитель ной	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-

Группы металлов	Металлы		Контактируемые металлы									
			Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь	Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
			неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий					
	цинковые	обработки			171							

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
	хромированные	+	+	172	-	-	+	+	-	0	-	-

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
	фосфатируемые	+	+	173	+	+	+	+	+	+	+	-

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
	Чугун	-	-	- 174	+	+	-	-	-	-	-	-

Группы металлов	Металлы		Контактируемые металлы										
			Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
			неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
VI	Сталь низколегированная	без покрытий	-	-	- 175	+	+	-	-	-	-	-	-

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
	азотированная	-	0	- 176	+	+	-	-	-	-	-	0

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
	оксидированная	-	0	- 177	+	+	-	-	-	-	-	0

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
	фосфатированная	0	0	- 178	+	+	-	-	-	-	-	0

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
VII	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	+	+	179	-	-	+	+	+	+	+	0

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
VIII	Свинец	+	+	180	-	-	+	+	+	+	+	+

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
IX	Медь, медные сплавы	-	-	- 181	-	-	+	+	+	+	+	+

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
	Латунь	-	-	- 182	-	-	+	+	+	+	+	+

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
	Бронза	-	-	- 183	-	-	+	+	+	+	+	+

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
XI	Хром, хромовые покрытия	+	+	- 184	-	-	+	+	+	+	+	+

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
	Хромистые стали	0	0	- 185	-	-	+	+	+	+	+	+

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминевые сплавы, не содержащие медь		Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	Чугун	Сталь низколегированная, углеродистая	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	Свинец	Медь, медные сплавы	Латунь	Бронза	Хромистые стали
		неанодированные	анодированные	без дополнительной обработки		без покрытий						
XII	Хромоникелевые стали	0	0	- 186	-	-	+	+	+	+	+	+

ТЕМА 4.1. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Практическое занятие № 15

Определение вязкости жидких диэлектриков

Цель работы: ознакомление с устройством приборов для определения вязкости и формирование умений определять вязкость жидких диэлектриков

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять вязкость жидких диэлектриков с помощью приборов.

Материальное обеспечение: установка для определения вязкости трансформаторного масла; трансформаторное масло.

Задание:

Определите вязкость трансформаторного масла с помощью прибора.

Общие сведения

Для жидких диэлектриков (электроизоляционных масел (трансформаторного, кабельного, конденсаторного), лаков, заливочных и пропиточных компаундов и подобных им материалов) одной из наиболее важных характеристик является вязкость. Вязкость — это свойство жидкостей и газов оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой. Вязкость характеризуется коэффициентом внутреннего трения. Если вязкость жидкости большая, то жидкость густая, ее частицы имеют малую подвижность; если вязкость малая, то частицы жидкости очень подвижны. Пропитывающая способность жидких диэлектриков определяется их вязкостью. Чем меньше вязкость жидкого диэлектрика, тем глубже проникают его частицы в пористые диэлектрики и между витками обмотки.

Вязкость измеряют специальным прибором — вискозиметром. Работа вискозиметра основана на измерении времени истечения определенного объема жидкости из сосуда через цилиндрические отверстия (сопла) в его дне. Большее время истечения жидкости свидетельствует о большей вязкости. Вязкость масла, заливаемого в трансформатор, должна быть как можно меньшей, чтобы масло лучше отводило теплоту от обмоток. В масляных выключателях масло малой вязкости оказывает меньшее сопротивление движению механизмов выключателя и способствует лучшему охлаждению дуги и ее гашению.

Одной из характеристик вязкости является условная вязкость. Условная вязкость, измеряемая в градусах Энглера (°Э), представляет собой отношение времени истечения 200 мл электроизоляционной жидкости при заданной температуре ко времени истечения 200 мл дистиллированной воды при 20 °С. Время истечения 200 мл воды при 20 °С называется постоянной прибора, она равна 50—52 с.

Применяется и другая характеристика вязкости — кинематическая вязкость, измеряемая стоксами (1 Ст = 10^{-4} м²/с). Одна сотая стокса — сантистокс (сСт). Кинематическая вязкость при 20 °С приблизительно равна 1 сСт.

Единица условной вязкости ВУ связана с единицей кинематической вязкости γ эмпирическим соотношением ВУ (град) = 1,135 γ (сСт).

Вязкость жидких диэлектриков, как и другие физические свойства, изменяется с изменением температуры внешней среды.

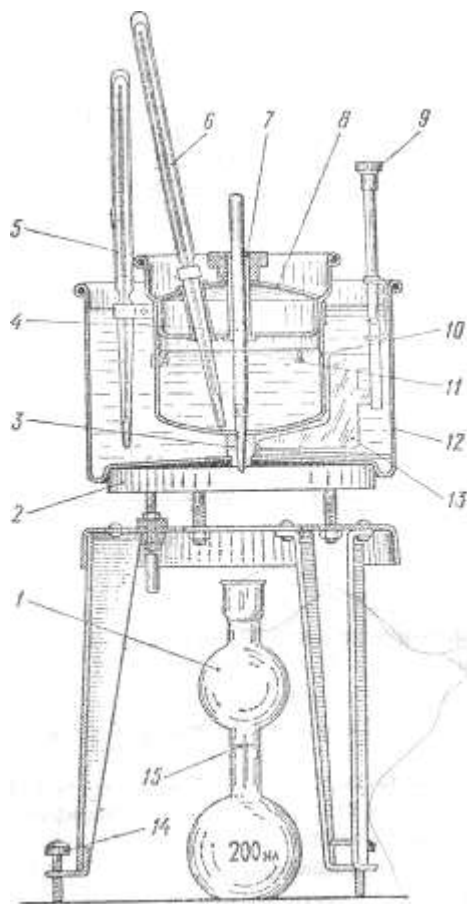


Рис. 5 Универсальный вискозиметр ВУ

1 — мерная колба, 2 — электронагревательный прибор, 3 — сточное отверстие, 4 — стержень, 5 — термометр для измерения температуры жидкости в бане, 6 — термометр для измерения температуры испытываемой жидкости, 7 — отверстие для стержня, 8 — крышка, 9 — рукоятка мешалки, 10 — латунный сосуд (резервуар для испытываемой жидкости), 11 — указатель (латунный штифт), 12 — баня, 13 — мешалка (лопатка), 14 — установочный винт, 15 — метка, соответствующая емкости 200 мл

Для определения условной вязкости жидких диэлектриков используют универсальный вискозиметр ВУ (рис. 5). Его главная часть — латунный сосуд 10, куда заливают испытываемую жидкость. Сосуд 10 помещен внутри латунного сосуда (бани) 12, заливаемого водой, маслом или другой жидкостью. В крышке 8 сосуда 10 имеются два отверстия: отверстие для термометра 6 и отверстие 7 для деревянного или фибрового стержня 4. Стержень 4 своим острием закрывает сточное отверстие 3 — цилиндрический канал, внутренний диаметр которого 2,8 мм и высота 20 мм.

Баня 12 подогревается нагревательным прибором 2. Мешалка 13 служит для перемешивания жидкости в бане. Температура бани измеряется термометром 5, укрепляемым в зажиме. Внутри сосуда 10 имеются острия указателей 11, верхние концы которых должны одновременно касаться уровня залитого в сосуд жидкого диэлектрика; это дает возможность проверить горизонтальность установки прибора. Горизонтальность установки регулируют винтами 14. Под прибор устанавливают мерную колбу 1.

Для определения вязкости можно использовать и более простой по конструкции вискозиметр ВЗ-4, позволяющий определить вязкость жидкого диэлектрика, не подогревая его.

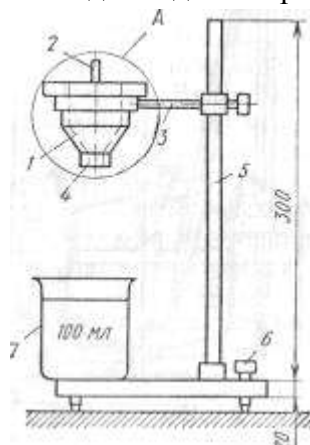


Рис. 2 Вискозиметр ВЗ-4

1 — сосуд, 2 — стержень, 3 — держатель, 4 — сточное отверстие, 5 — штатив, 6 — штифт для горизонтальной установки, 7 — сосуд для приема жидкости

Сосуд 1 вискозиметра ВЗ-4 (рис.2) изготовлен из металла или пластмассы. В конусообразном его дне имеется сточное отверстие $\varnothing 4$ мм, закрываемое стержнем 2. Сосуд укреплен на штативе 5 с помощью держателя 3. Вискозиметр вмещает 100 мл испытываемой жидкости, вязкость которой определяется временем истечения (в секундах) этого количества жидкости из сосуда 1.

Порядок выполнения работы

1. Отверстие 3 в сосуде 10 (см. рис. 1) предварительно закрыть стержнем 4 и надеть крышку.
2. В чистый сосуд 10 вискозиметра ВУ залить испытываемую жидкость до касания с тремя остриями указателей
3. В баню залить необходимое количество водопроводной воды и установить термометр.
4. Медленно подогревать баню электронагревательным прибором 2 до установления нужной температуры испытываемой жидкости (для трансформаторного масла 20 или 50 °С), причем температура жидкости в бане не должна превышать температуры испытываемой жидкости более чем на 0,2 °С.
5. После этого приступить к измерению условной вязкости. Для этого выдержать при достигнутой температуре жидкость в течение 5 мин. Затем вынуть стержень 4 и одновременно пустить в ход секундомер. Остановить секундомер в момент, когда уровень жидкости дойдет до отметки 200 мл (пену во внимание не принимать) в мерной колбе 1.
6. Определить условную вязкость испытываемой жидкости в градусах Энглера (постоянную прибора принять равной 50—52 с) при 20 и 50 °С.

При пользовании вискозиметром ВЗ-4 в него наливают 100мл испытываемой жидкости, которой дают отстояться в течение 5 мин, и по секундомеру отмечают время ее истечения в секундах, которое условно считают вязкостью данной жидкости.

8. Результаты измерения и вычислений записать в табл.13

Результаты измерений

Таблица 13

Номер п/п	Наименование диэлектрика	Постоянная прибора, с	Изменяются		Вычисляется
			температура диэлектрика, °С	время истечения диэлектрика, с	условная вязкость, °Э

Контрольные вопросы:

1. Перечислите виды жидких диэлектриков
2. Поясните устройство и порядок определения вязкости жидких диэлектриков с помощью приборов ВУ и ВЗ-4?
3. Каким образом вязкость трансформаторного масла влияет на работу трансформатора?
4. Какова зависимость степени вязкости жидкого диэлектрика и его способности пропитывать пористые диэлектрики?
5. Как определяется условная вязкость? В каких единицах измерения?

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

ТЕМА 4.2. ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Практическое занятие № 16

Изучение конструкции и маркировки проводов и кабелей

Цель работы: формирование умений определять конструкцию, назначение и маркировку проводниковых изделий (проводов и кабелей).

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять характеристику и область применения проводов и кабелей по их маркировке.

Материальное обеспечение: раздаточный материал; образцы кабелей и проводов

Задание:

Согласно номеру своего варианта расшифровать маркировку проводов и кабелей, указать область их применения и зарисовать конструкцию.

Порядок выполнения работы:

1. Определите номер своего варианта по таблице.
2. Изучите ход выполнения работы.
3. Выполните задания и оформите результаты в форме таблицы в тетради.

Ход работы:

1. Изучите образцы проводов и кабелей согласно номеру варианта.
2. Выполните эскиз образцов в таблице, форма которой приведена ниже.
3. Выпишите маркировки, соответствующие своему варианту.
4. Дайте характеристику проводниковых изделий, согласно их маркировке.
5. Расшифруйте маркировку.
8. Ответьте на контрольные вопросы:
 - а) какими механическими свойствами должны обладать проводниковые изделия?
 - б) для каких целей применяются кабели?
 - в) почему монтажные провода выпускают с лужеными медными жилами?
 - г) запишите марку алюминиевого провода с резиновой изоляцией.

Форма представления результата: отчет о выполненной работе в форме таблицы 14.

Таблица 14

Вариант №...			
№п/п	Эскиз образца провода (кабеля)	Марка	Область применения
1			
2			
3			

Критерии оценки:

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Основные электронные издания

1. Стуканов, В. А. Материаловедение : учебное пособие / В.А. Стуканов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2022. — 368 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-8199-0711-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1794455>. – Режим доступа: по подписке.

2. Материаловедение : учебник / О. А. Масанский, А. А. Ковалева, Т. Р. Гильманшина [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 300 с. - ISBN 978-5-7638-4347-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1819690> (дата обращения: 12.04.2024). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительные источники

1. Черепяхин, А. А. Материаловедение : учебник / А. А. Черепяхин. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2022. — 336 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-906923-18-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1865718> (дата обращения: 12.04.2024). – Режим доступа: по подписке.

2. Черепяхин, А. А. Материаловедение : учебник / А. А. Черепяхин. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2022. — 336 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-906923-18-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1865718> (дата обращения: 12.04.2024). – Режим доступа: по подписке.