

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



УТВЕРЖДАЮ
Директор
С.А. Махновский
«23» марта 2017 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ОП.05 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО

15.02.03 Техническая эксплуатация гидравлических машин, гидроприводов
и гидропневмоавтоматики

Магнитогорск, 2017

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
Механического и гидравлического
оборудования

Председатель: О.А. Тарасова
Протокол №7 от 14 марта 2017 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 23 марта 2017 г.

Разработчик

Т.А. Степанова,

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

Методические указания разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Материаловедение».

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2 Методические указания	6
Лабораторная работа №1	7
Лабораторная работа №2	8
Лабораторная работа №3	9
Лабораторная работа №4	17
Лабораторная работа №5	18
Лабораторная работа №6	20
Лабораторная работа №7	22
Лабораторная работа №8	24
Практическое занятие №1	36
Практическое занятие №2	42
Практическое занятие №3	43
Практическое занятие №4	48
Практическое занятие №5	48
Практическое занятие №6	63
Практическое занятие №7	64
Практическое занятие №8	67
Практическое занятие №9	67
Лабораторная работа №9	70
Практическое занятие №10	79
Практическое занятие №11	81
Практическое занятие №12	87
Практическое занятие №13	88
Лабораторная работа №10	89
Практическое занятие №14	98
Практическое занятие №15	102
Практическое занятие №16	104
Практическое занятие №17	109
Практическое занятие №18	115
Практическое занятие №19	116
Практическое занятие №20	128
Практическое занятие №21	133
Практическое занятие №22	134

ВВЕДЕНИЕ

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

Состав и содержание практических и лабораторных работ направлены на реализацию действующего федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений (умений выполнять определенные действия, необходимые в последующем в профессиональной деятельности)

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

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

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

- распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- определять виды конструкционных материалов;
- выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации;
- проводить исследования и испытания материалов;
- рассчитывать и назначать оптимальные режимы резания.

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку студентов к освоению профессионального модуля ППСЗ 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 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

Выполнение студентами 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;

Продолжительность выполнения практической работы составляет не менее двух академических часов и проводится после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1. Общая характеристика и строение металлов

Лабораторная работа № 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	Символ	Удельный вес г/см ³	Температура плавления С ⁰	Коэффициент линейного расширения
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
10	Свинец	Pb	11,3	327	0,000029
11	Сурьма	Sb	6,7	630	0,000010
12	Цинк	Zn	7,1	419	0,000032
13	Хром	Cr	6,9	1700	0,000008

Форма представления результата:

Таблица 2

Вид металла (сплава)	Эскиз	Цвет (оттенки)	Объем, см ³	Вес P1, кг	Погрешность определения удельного веса металлов P ₁ -P ₂

Тема 1.1. Общая характеристика и строение металлов

Лабораторная работа №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.

Лабораторная работа №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.

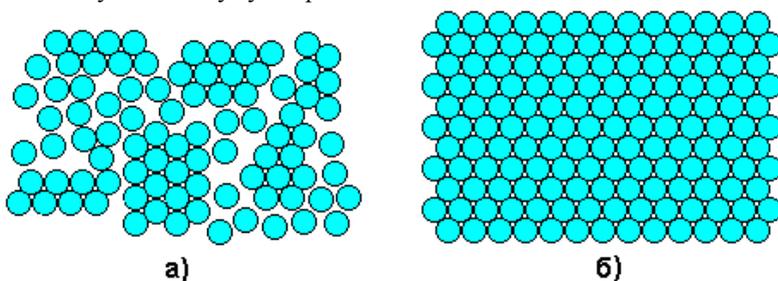


Рис. 1. Расположение атомов в жидком (а) и твердом (б) металле

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.

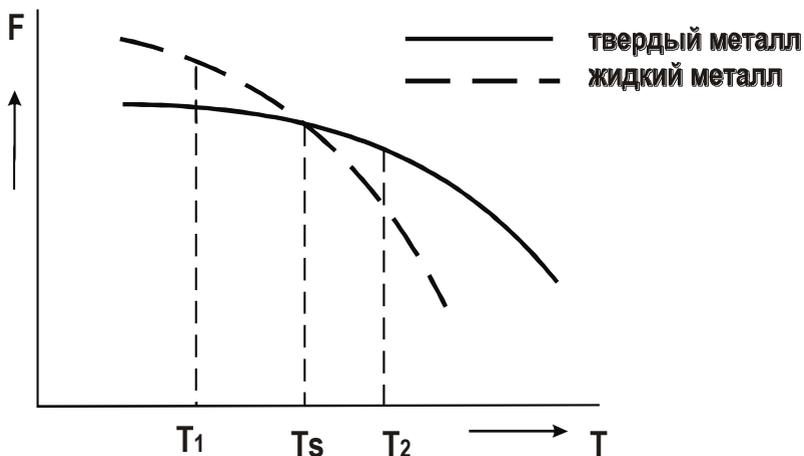


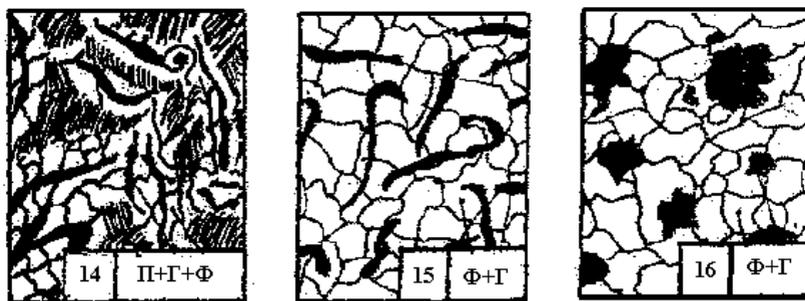
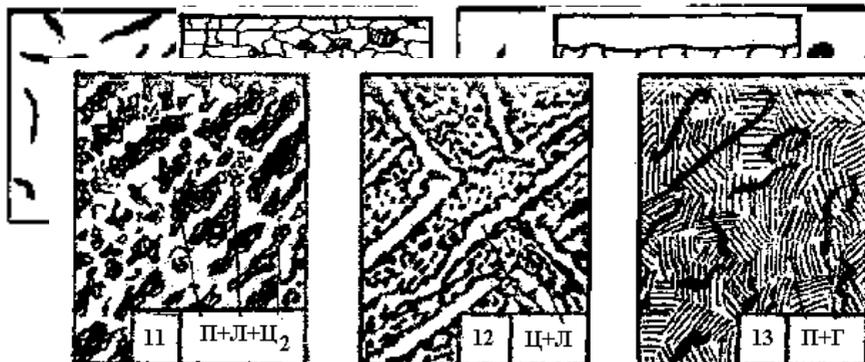
Рис. 2. Зависимости свободной энергии металла от температуры

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.

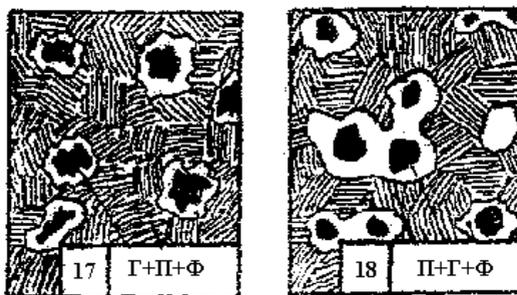
Чтобы кристаллизация осуществилась, необходимо некоторое переохлаждение относительно теоретической температуры кристаллизации. В таком случае образование кристаллов дает выигрыш в свободной энергии, что и является стимулом процесса. Поэтому на самом деле кристаллизация всегда происходит при температуре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

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

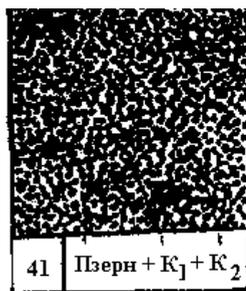
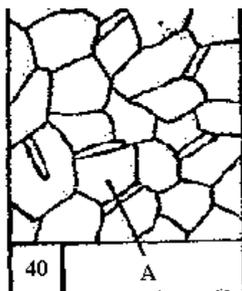
Измеряя температуру металла в процессе кристаллизации, можно



по
ох.
от.
оч.
дв.
ме
пе
заг



крист
проис
(лева)



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.з.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.

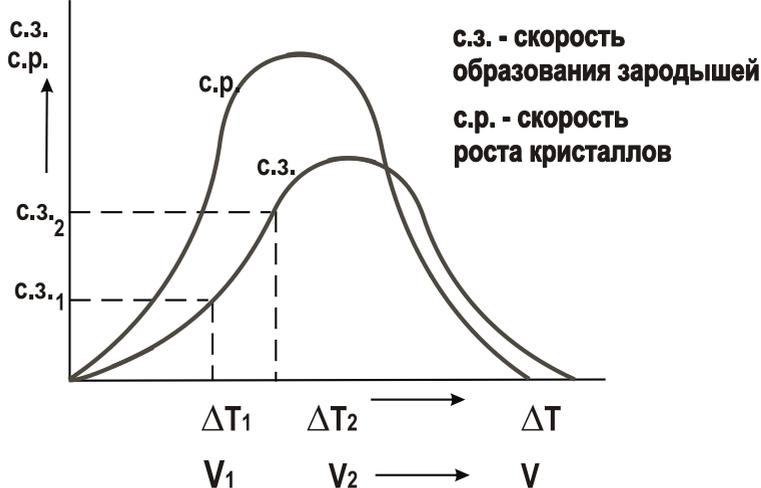


Рис. 4. Зависимость скорости процесса кристаллизации от степени переохлаждения

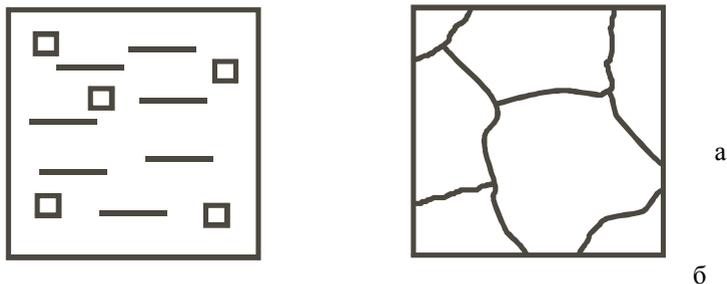


Рис. 5. Кристаллизация при медленном охлаждении:
а – начало процесса; б – окончание процесса

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).

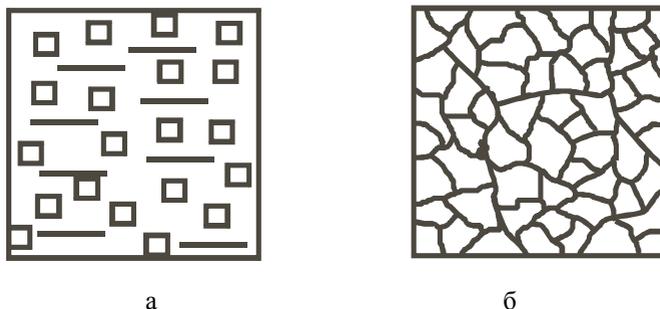


Рис. 6. Кристаллизация при быстром охлаждении:
 а – начало процесса; б – окончание процесса

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 заправки 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.

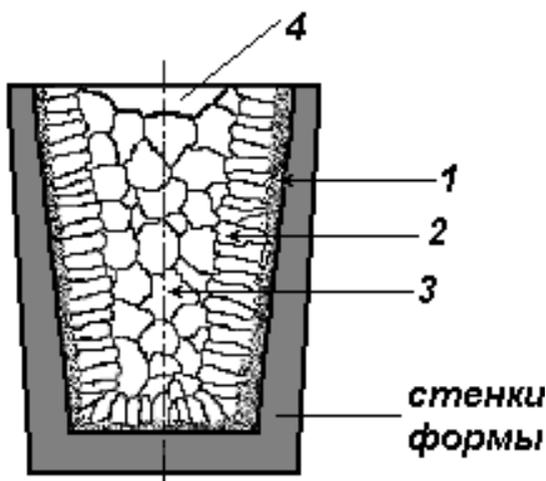


Рис. 7. Характерные зоны слитка:

- 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?

Тема 1.3 Методы исследований и испытаний материалов

Лабораторная работа №4 **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛА ПО МЕТОДУ 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 прилагаемых 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 (единиц)
	Толщина образца	Нагрузка	Диаметр шарика		

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Лабораторная работа №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 γ , г/см ³	Удельный вес $\gamma_{уд}$ 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.

Лабораторная работа № 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 температуру, С			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.

Лабораторная работа № 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 надпиллом 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: $A_n = A_p/F$ ($\text{Дж}/\text{м}^2$), где A_p – работа, затраченная маятником на разрушение образца (Дж); F – площадь поперечного сечения образца в месте надреза до испытания (см^2)

$A_p = A_p - A_o$ (Дж), где A_p – 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.

Лабораторная работа № 8
**ИЗУЧЕНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ, МАКРОДЕФЕКТОВ И
СТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ**

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

1. 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 окускование 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 окучкованных 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 перелый чугун (3,6...4,5 % С; 0,5...1,3 %), литейный чугун с повышенным до 0,8...3,6 % Si, ферромарганец (Fe-Mn) и ферросилиций (Fe-Si).

Перелый 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 разлива на установки непрерывной разлива 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 охлаждающимся 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 - «ручьи́стая» поверхность скола, подобная излому хрупких силикатных стекол при комнатной температуре (рис. 1).

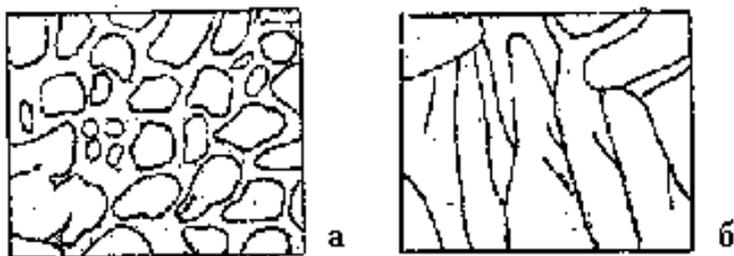


Рис. 1. Схемы строения поверхностей разрушения:
а- вязкого; б-хрупкого (×5000)

2. МАТЕРИАЛЬНО – ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

РАБОТЫ

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.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

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	<p>Две основные зоны из кристаллов дендритного строения: столбчатых кристаллов и равноосных кристаллов. В верхней части расположена усадочная раковина; центральная часть имеет темные мелкие усадочные поры.</p> <p>Слиток имеет большое количество газовых пузырей, которые сплющиваются и завариваются при последующей многократной горячей прокатке.</p> <p>Волокнистая макроструктура. Волокна расположены по конфигурации заготовки.</p>
2.	Макрошлиф поперечного разреза слитка «кипящей» стали	
5.	Макрошлиф образца, подвергнутого горячей обработке давлением	
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). Образец расслоился на две части.

9.	Образец стали с расслоением	Причиной является наличие шлаковых включений, газовых пузырей с загрязненной поверхностью, усадочной рыхлости. На поверхности проката мелкие «волосные» трещины, образовавшиеся из различных несплошностей литого металла.
10.	Образец стали с волосовинами	

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 вследствие различий в микроструктуре.
17.	Макрошлиф образца, подвергнутого химико-термической обработке (цементации)	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
1.	2.	3.
4.	Излом образца литого металла небольшого размера Продольный излом	Столбчатые кристаллы по всему сечению излома. На темно-серой поверхности разрушения видны небольшие

11.	прокатанной стали с флокенами	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 сильном перегреве стали (высокой температуре нагрева).
13.	Нафталиновый излом	Хрупкое разрушение по объему зерен перегретой быстрорежущей стали (Fe-C-W-Mo-Cr-V) Гладкая поверхность разрушения с характерным блеском плоскостей крупных зерен.
14.	Шиферный излом	Поверхность разрушения имеет слоистое строение вследствие наличия повышенного количества неметаллических включений при недостаточном раскислении стали (излом вдоль волокон деформированной стали).
15.	Усталостный излом вала	Две зоны поверхности разрушения: гладкая фарфоровидная поверхностная зона усталости и более крупнокристаллическая внутренняя зона «долома» хрупкого или вязкого разрушения.

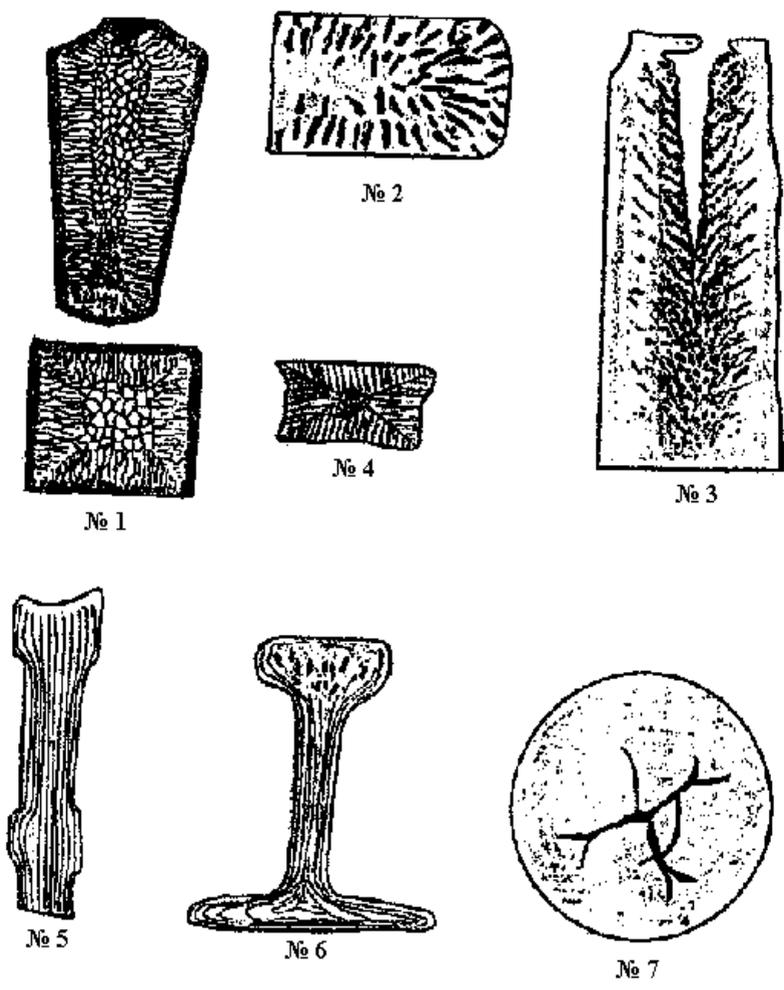


Рис. 2. Схемы макроструктур и поверхностей разрушения металлических материалов.



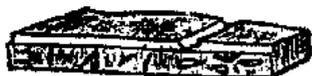
№ 8



№ 9



№ 10



№ 11



№ 14



№ 12



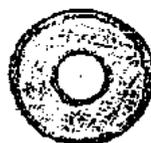
№ 13



№ 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.

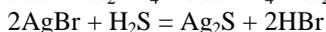
3. Снять фотобумагу через 3 ...5 минут с поверхности шлифа, промыть в проточной воде, поместить в 10 %-ный раствор гипосульфита для фиксации.

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 . Большому 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. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

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

1. Цель работы.
2. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.

3. Теоретические положения: понятие макроанализа и фрактографии, 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

1. Понятие макроанализа и фрактографии.
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 нафталенистого 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?

Тема 2.1 Основы теории сплавов

Практическая работа № 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 C сплав, содержащий 4,3% углерода, переходит в твердое кристаллическое состояние. Сплав такого состава называют эвтектическими. Точка C (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 C 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.

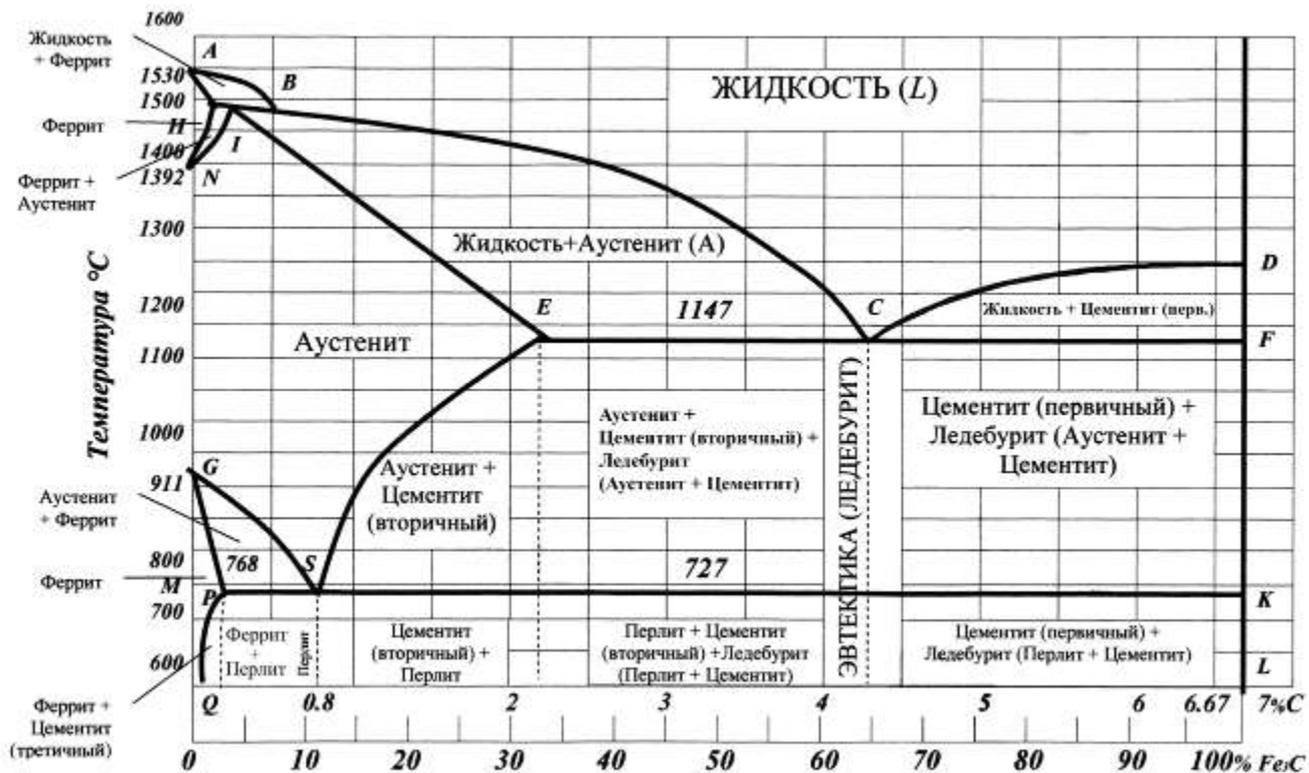
Линия SE показывает выделение вторичного цементита из аустенита.

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

Практическая работа №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:

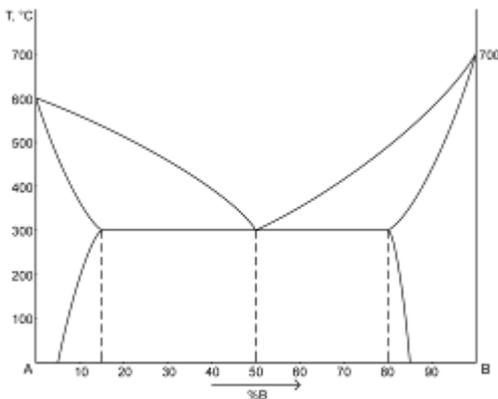
Отчёт выполненных заданий оформите в тетради

Практическая работа № 3 **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ДИАГРАММАМ СОСТОЯНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ**

Цели работы - ознакомление с основными видами диаграмм состояния двухкомпонентных сплавов; - умение расшифровать диаграммы состояний (определение фаз и структурных составляющих в любых областях двойных диаграмм); - умение пользоваться правилом фаз и правилом отрезков при построении кривых охлаждения и определении количественного соотношения фаз для любых сплавов; - умение определять процессы, происходящие на линиях диаграммы (ликвидус, солидус, эвтектическая линия, линия предельной растворимости и пр.), при охлаждении и нагревании сплава; - подготовка к выполнению контрольной работы № 1 (контрольные вопросы приведены в Приложении).

Порядок выполнения работы 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



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

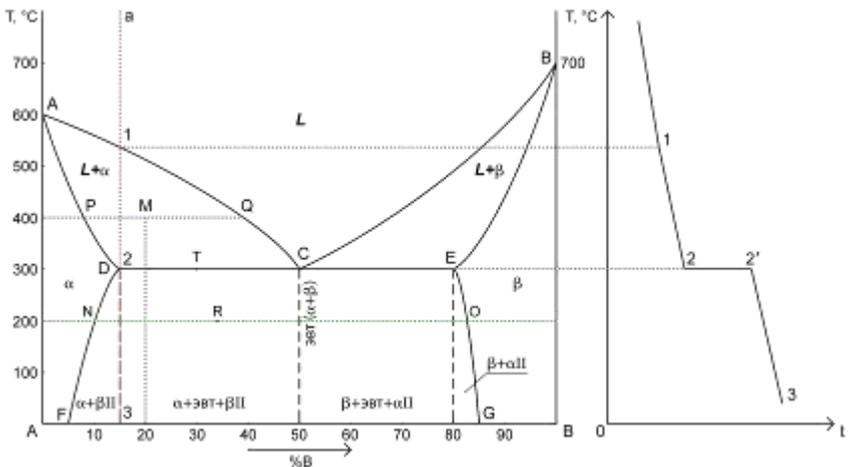
2. Определить с помощью правила отрезков:
 а. структуру сплава с 20%B при $T = 400^\circ\text{C}$
 б. химический состав сплава по структуре $Q_\beta = 33\%$, $Q_\alpha = 67\%$ при $T = 200^\circ\text{C}$

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 А

3. β – кристаллы твердого раствора В

АСВ – ликвидус

ADCEB – солидус

DF – линия предельной растворимости компонента В в А

EG – линия предельной растворимости компонента А в В

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

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

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

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

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

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

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

$$B = 10 + 24 = 34\% \Rightarrow A = 66\%$$

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

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

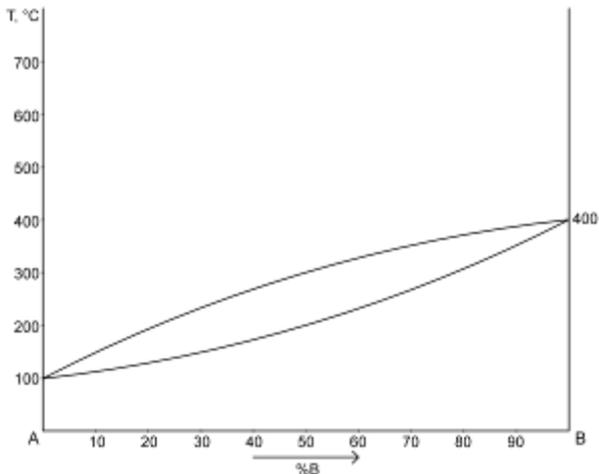
$$C_\beta = 83\% \text{ В} + 17\% \text{ А}$$

3. Кривая охлаждения для сплава 15%В – а

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

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

Задание 2



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

2. Определить с помощью правила отрезков:

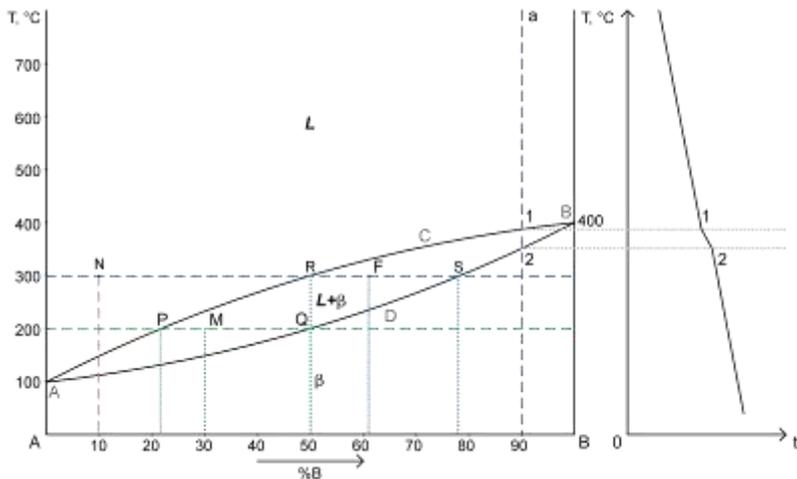
- структуру сплава с 30%B при $T = 200^\circ\text{C}$
- химический состав сплава по структуре $Q_\beta = 40\%$, $Q_\alpha = 60\%$ при $T = 300^\circ\text{C}$

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% B \Rightarrow 50% A. $C_{\text{ТВ}} = 50\% \text{ B} + 50\% \text{ A}$

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

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

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

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

$$B = 50 + 11 = 61\% \Rightarrow A = 39\%$$

$$C_{\text{сплава}} = 61\%B + 39\%A$$

$$C_{\beta} = 78\%B + 22\%A$$

$$C_{\text{ж}} = 50\%B + 50\%A$$

3. Кривая охлаждения для сплава $90\%B - a$

- 4.** Число степеней свободы для сплава с $10\%B$ при $T = 300^{\circ}\text{C}$ – точка N.
 $C = 2 - 1 + 1 = 2$ (компоненты (A, B) – фазы (жидкость) + 1)

Требования к отчету. Отчет должен содержать название лабораторной работы; - цель работы; - основные виды диаграмм состояния.;

Тема 2.2 Чугуны

Тема 2.3 Стали

Практическая работа №4

АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ СЕРЫХ, ВЫСОКОПРОЧНЫХ, КОВКИХ ЧУГУНОВ

Цель работы: изучить микроструктуры серых, высокопрочных, ковких чугунов и установить связь между составом, получением и структурой.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- различать микроструктуры серых, высокопрочных, ковких чугунов по форме графита;
- определять металлические основы чугунов.

Материальное обеспечение: микроскопы, коллекция микрошлифов серых чугунов, фотографии микроструктур серых чугунов,

Задание:

Изучить микроструктуры серых чугунов с разной формой графита и разными металлическими основами.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить форму включений графита серых, высокопрочных и ковких чугунов на фотографиях и нетравленных микрошлифах .
2. Изучить структуру металлической основы чугунов после травления и на фотографиях.
3. Зарисовать микроструктуры серых, высокопрочных, ковких чугунов с разными металлическими основами.

Форма представления результата: указать тему и цель работы, схемы микроструктур изученных сплавов.

Практическая работа № 5
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 С (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 износостойкости.

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 обрабатываются и сопротивляются износу, однако из-за низких прочности и пластических свойств в основном используются для неответственных 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 делают картеры, крышки, тормозные барабаны и др., а из перлитных чугунов — блоки цилиндров, 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 расходуется для изготовления тубингов, 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 ($\sigma_{\text{в}} = 650...800$ МПа) в сочетании с небольшой пластичностью ($\delta = 3,0...1,5$ %). Ковкий ферритный чугун характеризуется высокой пластичностью ($\delta = 10...12$ %) и относительно низкой прочностью ($\sigma_{\text{в}} = 370...300$ 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 ($\sigma_{\text{в}}$, МПа / 10, цифры после тире — относительному удлинению при растяжении, Чугуны марок КЧ30—6, КЧ33—8, КЧ35—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 $\sigma_B = 220...310$ МПа, $\delta = 22...10$ %, 140...225 НВ, перлитные — $\sigma_B = 370...700$ 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 рас-тяжении σ_B , МПа / 10: ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45 — ферритные чугуны; ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ 100—перлитные чугуны.

Высокопрочные чугуны обладают хорошими литейными и потребительскими свой-ствами (обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации, высокая износостойкость и др.) свойствами. Они используются для массивных отливок взамен стальных литых и кова-ных 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.

Формы включений графита показаны на рис. 3

Рис. 3. Характерные геометрические формы включений графита в конструкционных чугунах (без травления шлифов): а - пластинчатая, б - шаровидная, в – вермикулярная, г - хлопьевидная (компактная).

Структурные классы сталей в равновесном состоянии

Структурный класс стали	Химический состав		Микро-структура	Типовое применение в машиностроении
	Углерод С	Типичные легирующие элементы		
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 легированный	Электротехнические стали. Кислотостойкие 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	100...440	0,2...1,1
- с вермикулярным графитом ЧВГ	300...450	2,0...6,0
- с хлопьевидным графитом ЧХГ	300...630	2,0...12,0
- с шаровидным графитом ВЧШГ	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.

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

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

№№ микрошли фа	Материал	Химический состав, %		Структурный класс	Описание микрострукту ры
		углеро д С	другие компонен ты		
1	2	3	4	5	6
УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ					
1.	Углеродистая качественная конструкционн ая сталь 20, ГОСТ 1050-88	0,20	-	Доэвтектоид ная сталь	Светлые зерна феррита и темные участки перлита
3.	Инструменталь ная нелегированная сталь У8, ГОСТ 1435-90	0,80	-	Эвтектоидная сталь	Перлит пластинчат ый
4.	Инструменталь ная нелегированная сталь У8, ГОСТ 1435-90, после отжига	0,80	-	Эвтектоидная сталь	Перлит зернистый
5.	Инструменталь ная нелегированная сталь У10, ГОСТ 1435-90	1,00	-	Заэвтектоидн ая 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 40X, ГОСТ 4543-71	0,40	0,8...1,1 Cr	Доэвтектоидная сталь	Темные участки перлита и светлый феррит
38	Инструментальная легированная сталь X12, ГОСТ 5950-73	2,0	11,5...13, 0 Cr	Сталь карбидного класса	Перлит мелкозернистый , крупные белые первичные карбиды и более мелкие вторичные карбиды
39	Коррозионностойкая сталь 12X17, ГОСТ 5632-72	менее 0,12	16...18 Cr	Сталь ферритного класса	Светлые зерна легированного феррита
40	Коррозионностойкая сталь 12X18Н10Т, 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 ледобурита 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 ВЧПГ 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

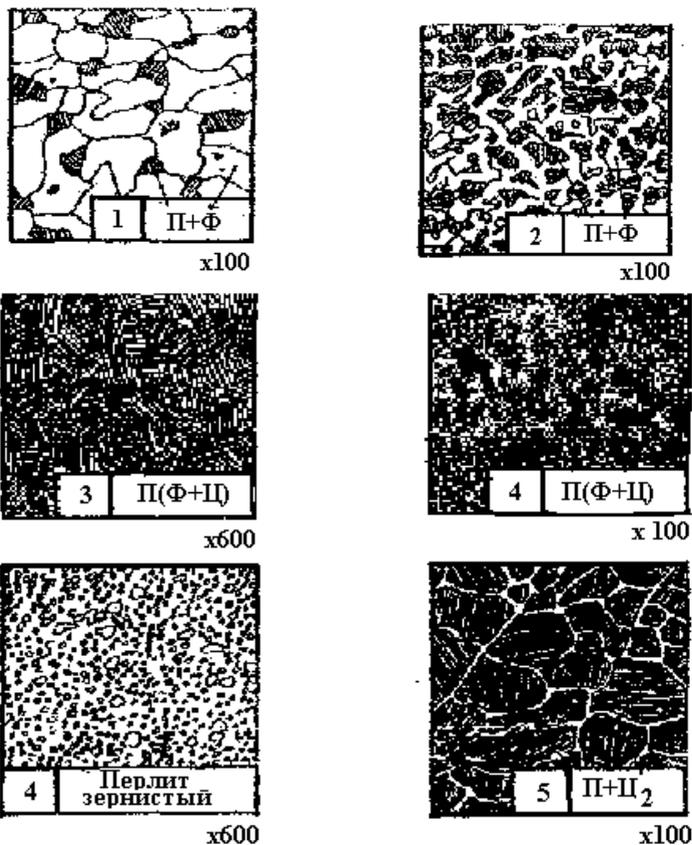


Рис. 4. Схемы микроструктур сталей и чугунов

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.

**Практическая работа № 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:

Практическая работа № 7

ВЫБОР МАРКИ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Цели работы

Научиться определять химический состав, свойства и применение углеродистых сталей по их маркам.

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. Исключение 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 воль-фрама 6%, молибдена 5%, 4% кобальта.

Задание на практическую работу

Задание 1. Расшифровать марки легированных сталей

№ варианта	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	Р10К5Ф5
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	34ХНЗМ	8Х3	Р18К5Ф2
13	15ХА	60С2	36Г2С	9ХС	Р10К5Ф5
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	Р18К5Ф2
20	40Х	50ХФА	20ХГ2Ц	9Х1	Р10К5Ф5
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	Р18К5Ф2
27	30ХМ	40Х9С2	36НХТЮ	6ХВ2С	Р10К5Ф5
28	55С2	09Г2	20ХГР	Х12	Р9
29	50ХФА	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			

Содержание отчета

1. Название практической работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Расшифровка марок.
5. Таблица.

Контрольные вопросы

1. Что такое сталь?
2. Какие стали называются легированными?
3. Какие элементы являются легирующими?
4. Для чего легируют стали?
5. Каковы правила обозначения легированных сталей?

Практическая работа № 8
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ»

Цель работы: практическое применение полученных знаний по теме в решении практических задач.

Рекомендации для студентов: для решения задач Вам потребуются лекции по данной теме и выполненные предыдущие практические работы.

Ход работы: Запишите название работы, ее цель. Решите задачи по заданию преподавателя.

Задачи:

1. Как повлияет на значение твердости, определенной шариком по Бринеллю повторное измерение твердости в участке на котором его производили ранее (в той же лунке или в непосредственной близости от нее)? Ответ обоснуйте.

2. Два материала имеют равную прочность, но различную пластичность. Какому из них следует отдать предпочтение с точки зрения надёжности при работе в условиях растяжения? Обоснуйте свою точку зрения.

3. Какие примеси в сталях являются вредными? В чем заключается их вредное влияние?

Какие элементы, содержащиеся в сталях, являются основными для обеспечения у стали: прочности? коррозионной стойкости? хорошей обрабатываемости резанием?

5. Расшифруйте марку стали и укажите примерную область ее применения: Ст 3; У8; 40; 40Х; ШХ15; Р18; 40Х13; 12Х18Н10Т; 50ХФА; 20Л.

6. Какие основные классы чугунов используются в качестве конструкционного материала? В чем их общность и различие: по составу? По структуре?

ТЕМА 2.4. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Практическая работа № 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. Латуни обозначаются 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, БрОЦ4-4-4, БрО10, БрОЦНЗ-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

№ варианта	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.

Лабораторная работа №9 **ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ**

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

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

К цветным относится обширная группа металлов следующих классов:

- *легкие* металлы являются основой сплавов для машиностроения, судостроения, самолетостроения. Это преимущественно алюминий и титан, реже магний;

- *легкоплавкие* металлы преимущественно используются для изготовления антифрикционных сплавов: это свинец, олово, цинк. Такие сплавы часто в виде тонкого слоя наносятся на рабочую поверхность стальной основы подшипников скольжения машин и механизмов;

- *редкоземельные* металлы применяются в качестве добавок к различным сплавам (сталям и др.) с целью улучшения их свойств;

- *благородные* металлы (золото, серебро, платина и др.) используются в электротехнике, электронике, радиотехнике;

- *урановые* металлы получили применение в атомной энергетике;

- *тугоплавкие* металлы (ниобий, тантал, молибден, вольфрам) применяются для изготовления изделий, работающих при особо высоких температурах до 1500...2000 °С.

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

Алюминиевые сплавы остаются одним из основных конструкционных материалов в производстве летательных аппаратов. Из них изготавливают элементы конструкций самолетов, воспринимающие действие механических сил: шпангоуты, лонжероны, нервюры и др. Сплавы в виде листов применяют для обшивки корпусов ракет и самолетов, изготовления топливных и масляных баков (сплав алюминий-магний, дуралюмин, алюминий - 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 государственными 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. М
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 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

№ шлифа	Наименование	Марка	ГОСТ	Химический состав, %	Обработка сплава	Структурные составляющие
42	Дуралюмин	1160	4784-74	Al-основа; 3,8...4,8Cu; 1,2...1,8Mg; 0,3...0,9Mn.	Отжиг	α -раствор и частицы интерметаллидов
43	Медно-цинковый сплав (латунь)	Л68	15527-70	Cu – основа 30-33 Zn	Холодная деформация и отжиг	Зерна α -раствора с двойниковыми кристаллами (светлые и темные)
44	Титановый сплав	BT3-1	19807-91	Ti-основа; 5,5...7Al; 2...3Mo;1; 2...5Cr; 0,15...0,4 Si; 0,2...0,7 Fe.	Отжиг	α -раствор (светлый) и β -раствор (темный)
45	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литье без модифицирования	Эвтектика (α +Si) и крупные кристаллы Si.
46	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литье с модифицированием	Дисперсная эвтектика (α +Si) и α -раствора (светлый)

47	Магниевый сплав	МЛ5	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	БрО10Ф1	-	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

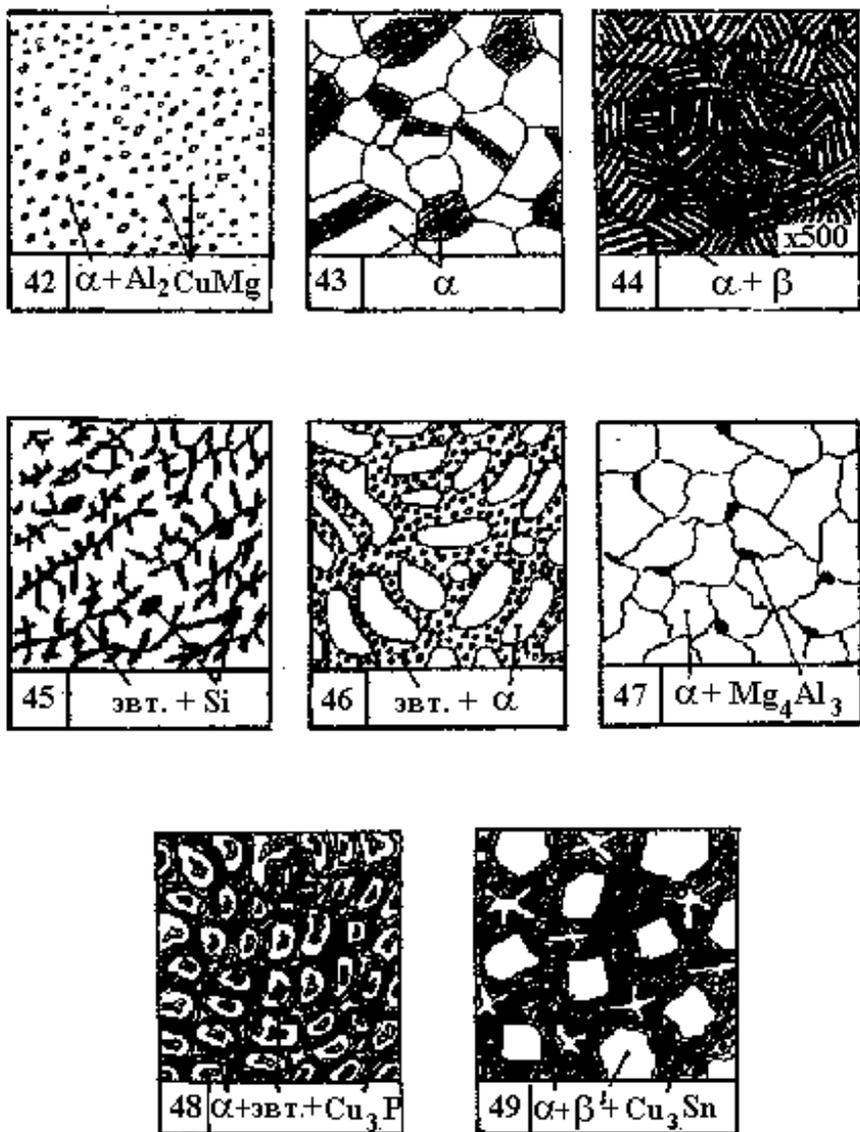


Рис. 14. Схемы микроструктур цветных сплавов

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 надрезов (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 твердого 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 $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, 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.

2. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

В работе используются металлографические микроскопы и коллекции микрошлифов. Описание микроскопов дано в лабораторной работе № 2.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

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

При изучении микроструктуры с помощью описания в табл. 17 и схем микроструктур (рис. 14) устанавливают, какие структурные составляющие имеет каждый образец, наименование и марку сплава, химический состав и обработку.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

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

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

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

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К РАБОТЕ И САМОПРОВЕРКИ

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

8. Что представляет собой твердый раствор α в дуралюминах?

Практическая работа №10
Выбор марки сплавов цветных металлов для
конкретных деталей

Цели работы

Научиться выбирать марки сплавов для деталей машин, обосновывая выбор условиями работы при их эксплуатации и технологией изготовления.

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

Марка материала	Термообработка	Предел прочности, МПа	Твердость	Другие свойства
-----------------	----------------	-----------------------	-----------	-----------------

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.

Задание на практическую работу

1. Поршневой палец из цементуемой легированной стали
2. Ответственный коленчатый вал из легированной стали
3. Корпус карбюратора
4. Поршневой палец автомобиля, подвергаемый закалке ТВЧ
5. Стальная заклепка для клепания рамы автомобиля
6. Блок цилиндров из недефицитного литейного сплава
7. Плоская пружина
8. Стальное ребро тормозной колодки, изготовленное холодной штамповкой
9. Бензокраник, изготовленный методом литья под давлением
10. Выхлопной клапан автомобиля
11. Шатун, изготовленный методом горячей штамповки
12. Крыло грузового автомобиля, изготовленное холодной штамповкой
13. Неразъемный вкладыш подшипника скольжения
14. Корпус редуктора
15. Приводная звездочка цепной передачи
16. Картер мотора из алюминиевого сплава.

Содержание отчета

1. Название практической работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Анализ условий работы детали.
5. Название классов конструкционных материалов.
6. Таблица.
7. Вывод о выборе материала

8. Расшифровка марки выбранного материала

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?

ТЕМА 3.1 ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Практическая работа №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

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



Доводочные операции обработки (при необходимости)



Сборка машины



Машина (изделие)

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.

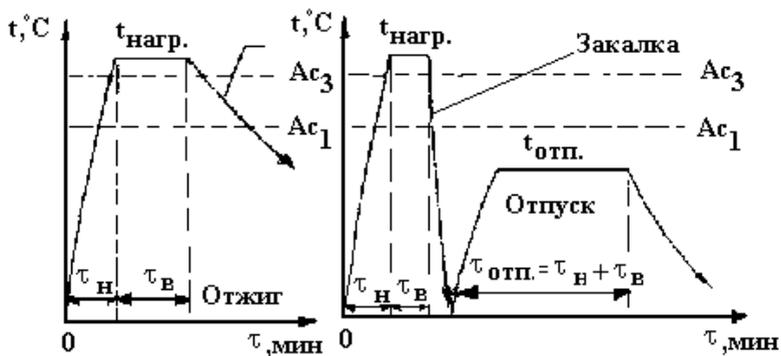


Рис.

Схемы термической обработки конструкционных сталей

Порядок выполнения работы

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-M1^X) 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 полу и в своде печи. Для предохранения спиралей от повреждений и расположения нагреваемых образцов имеется на полу печи плоская керамическая плитка. 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.

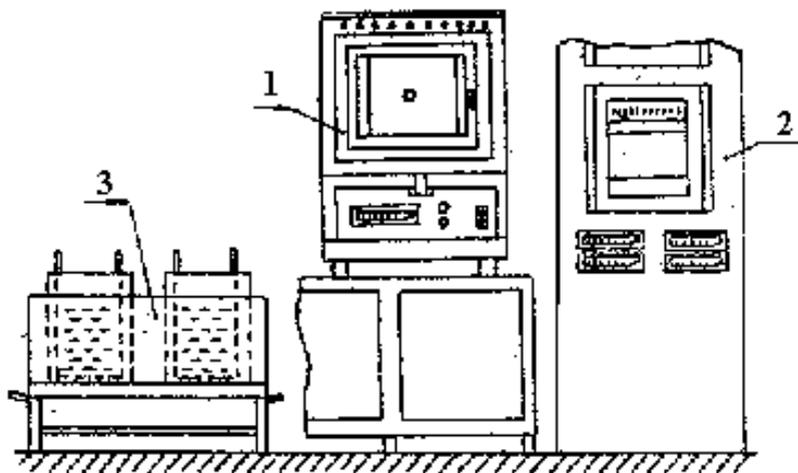


Рис. 4. Схема установки для проведения термической обработки: 1 – печь; 2 – шкаф с потенциометрами; 3 – бачки с охлаждающими жидкостями.

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

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

Марка стали	30	35	40	45	50	40Х	45Г2	35ХГСА	60С2
A_{c1} , $^{\circ}\text{C}$	735	730	727	725	750	743	711	750	750
A_{c3} , $^{\circ}\text{C}$	812	802	788	770	760	762	765	830	820
Марка стали	У7	У8	У10		У12	ШХ15	9ХС	ХВГ	Х12М

Ac ₁ , °C	730	730	730	730	750	770	750	810
Ac _m , °C	-	-	800	820	900	870	940	-

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.

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.

Практическая работа № 12

АНАЛИЗ СПЛАВОВ ОПРЕДЕЛЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕРОДА ПО ДИАГРАММЕ «ЖЕЛЕЗО-ЦЕМЕНТИТ» С ОПИСАНИЕМ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ ПРИ МЕДЛЕННОМ ОХЛАЖДЕНИИ

Цель работы: Ознакомление с диаграммой «железо-цементит» и получения фундаментальных знаний по основным закономерностям образования равновесных структур при охлаждении или нагреве сплавов этой системы.

Время: 2 часа

Содержание работы.

1. Зарисовать часть диаграммы состояния «железо-цементит», которая относится к области сталей и охарактеризовать структурные составляющие стали данного состава.
2. Определить в соответствии с содержанием углерода марку стали и механические свойства.
3. Построить кривую охлаждения стали с содержанием углерода 0,7%.
Рассказать процесс охлаждения.

Пособия:

1. Методическая разработка.
2. Диаграмма состояния «железо-цементит».

Методические указания.

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.

Практическая работа №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.

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.

Лабораторная работа №10 **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА СТАЛИ**

Цель работы: Изучить влияние температурно-временных условий нагрева и режимов охлаждения при термической обработке на свойства стали.

2.КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

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).

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

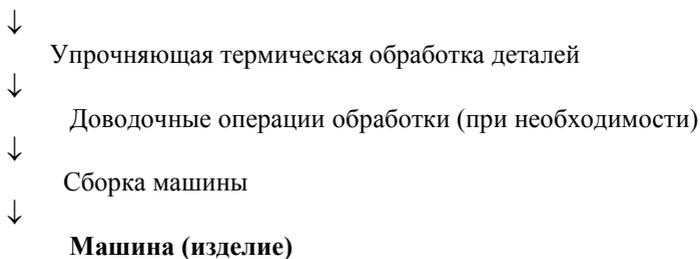


Рис. 8. Типовая укрупненная схема обработки и изготовления объемных деталей машин на машиностроительном заводе

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 закалки и высокого отпуска приведены в табл. 9.

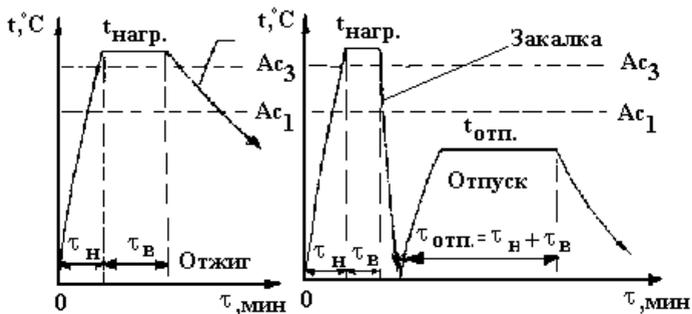


Рис. 9.

Схемы термической обработки конструкционных сталей

Таблица 9. Механические свойства некоторых типовых конструкционных среднеуглеродистых сталей после закалки 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
40XH2MA	2,1	100	75...100	950	1050
38XH3M ФА	2,6	100	100...200	1070	1150

Примечания:

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

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

xxx) 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.

3. МАТЕРИАЛЬНО – ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

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.

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-M1^X) 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. С целью измерения температуры в рабочую зону печи вставляется термопара. Рабочая камера печи спереди закрывается крышкой. Максимальная температура в рабочей зоне составляет 1100°С. 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.

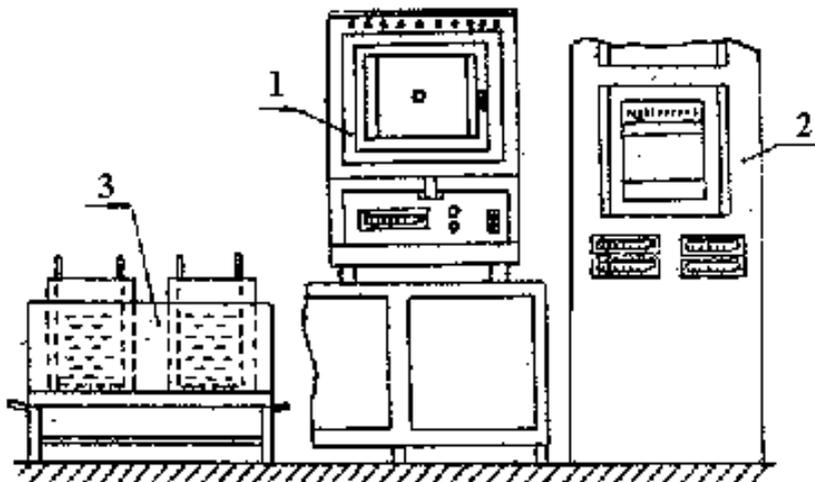


Рис. 10. Схема установки для проведения термической обработки:
1 – печь; 2 – шкаф с потенциометрами; 3 – бачки с охлаждающими жидкостями.

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.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ.

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 отпускком.

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 ($A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$): $t_{\min} = 730 + 70 = 800^{\circ}\text{C}$;
 $t_{\max} = 730 + 100 = 830^{\circ}\text{C}$.

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

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

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

Марка стали	30	35	40	45	50	40X	45Г2	35ХГСА	60С2
$A_{c1}, ^{\circ}\text{C}$	735	730	727	725	750	743	711	750	750
$A_{c3}, ^{\circ}\text{C}$	812	802	788	770	760	762	765	830	820

Марка стали	У7	У8	У10	У12	ШХ15	9ХС	ХВГ	Х12 М
Ac ₁ , °С	730	730	730	730	750	770	750	810
Ac _m , °С	-	-	800	820	900	870	940	-

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 НRV. Полученное число твердости переводится по таблице в шкалу НВ. 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 HRV. Полученные числа твердости переводятся по таблице в шкалу НВ. 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 термообработки (т.о.)	Режим термообработки			Твердость стали					
	t, °С	τ, мин	Среда охлаждения	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.

ЗАДАНИЕ 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.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

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

1. Цель работы.
2. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
3. Теоретические положения: понятие термической обработки, типовые виды предварительной и окончательной термической обработки конструкционных сталей, графики термической обработки.
4. Методика проведения работы и полученные результаты. Задание по термической обработке, марка стали, вид термической обработки, выбор режима термической обработки, таблица результатов по всему заданию. Три графика зависимости твердости от изучаемых факторов по всем заданиям.

5. Выводы по работе.

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

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К РАБОТЕ И САМОПРОВЕРКИ

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?

ТЕМА 3.4 СВАРКА, РЕЗКА И ПАЙКА МЕТАЛЛОВ

Практическая работа № 14

ВЫБОР МАРКИ ПРИПОЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО НАЗНАЧЕНИЯ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Цель работы: получить практические навыки по выбору, определению назначения и химического состава припоя.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять химический состав припоя по его марке;
- выбирать марку припоя в зависимости от требований к пайке деталей.

Материальное обеспечение: справочные таблицы.

Задание:

1. Определите химический состав и назначение припоя по его марке.
2. Выберите марку припоя, необходимого для пайки деталей.

Краткие теоретические сведения:

Пайка является одним из важных технологических процессов в практике выполнения электромонтажных и радиомонтажных работ, при ремонте электрооборудования и эксплуатации электроустановок для соединения между собой деталей из однородных и разнородных металлов.

Качество монтажа во многом определяется правильным выбором необходимых припоев и флюсов, применяемых при пайке проводов, радиодеталей и т. д.

Припой - это сплав металлов, предназначенный для соединения деталей и узлов методом пайки. Припой должен обладать хорошей текучестью в расплавленном состоянии, хорошо смачивать поверхности соединяемых материалов и иметь требуемые характеристики в твердом состоянии (механическая прочность, стойкость к воздействию внешней среды, усадочные напряжения, коэффициент теплового расширения и т.п.).

Выбор припоя зависит от соединяемых металлов или сплавов, от способа пайки, температурных ограничений, размеров деталей, требуемой механической прочности, коррозионной стойкости и др.

Легкоплавкие (мягкие) припои.

Наиболее широко применяются легкоплавкие припои. К этой категории относятся припои с температурой плавления до 400°C, имеющие сравнительно невысокую механическую прочность (сопротивление разрыву до 7 кг/мм²).

В состав их входят олово и свинец в различных пропорциях.

Буквы ПОС в марке припоя означают припой оловянно-свинцовый, цифры - содержание олова в процентах (ПОС 61, ПОС 40)

При выборе типа припоя необходимо учитывать его особенности и применять в зависимости от назначения спаиваемых деталей. При пайке деталей, не допускающих перегрева, используются припои, имеющие низкую температуру плавления (таблица 15).

Легкоплавкие припои

Таблица 15

Марка припоя	Температура	Область применения
ПОС 90	222 °С	Пайка деталей и узлов, подвергающихся в дальнейшем гальванической обработке (серебрение, золочение)
ПОС 61	190 °С	Лужение и пайка тонких спиральных пружин в измерительных приборах и других ответственных деталей из стали, меди, латуни, бронзы, когда не допустим или нежелателен высокий нагрев в зоне пайки. Пайка тонких (диаметром 0,05 - 0,08 мм) обмоточных проводов, в том числе высоко - частотных (лицендрата), выводов обмоток, радиоэлементов и микросхем, монтажных проводов в полихлорвиниловой изоляции, а также пайка в тех случаях, когда требуется повышенная механическая прочность и электропроводность.
ПОС 50	222 °С	То же, но когда допускается более высокий нагрев, чем при ПОС 61
ПОС 40	235 °С	Лужение и пайка токопроводящих деталей неответственного назначения, наконечников, соединение проводов с лепестками, когда допускается более высокий нагрев, чем при ПОС 50 или ПОС 61.
ПОС 30	256 °С	Лужение и пайка механических деталей неответственного назначения из меди и её сплавов, стали и железа.
ПОС 18	277 °С	Лужение и пайка при пониженных требованиях к прочности шва, деталей неответственного назначения из меди и её сплавов, оцинкованного железа.
ПОССу 4 - 6	265 °С	Лужение и пайка деталей из меди и железа погружением в ванну с расплавленным припоем.
ПОСК 50	145 °С	Пайка деталей из меди и её сплавов, не допускающих местного перегрева. Пайка полупроводниковых приборов.
ПОСВ 33	130 °С	Пайка плавких предохранителей.
ПОСК 47 - 17	180 °С	Пайка проводов и выводов элементов к слою серебра, нанесённого на керамику методом вжигания.
П 200	200 °С	Пайка тонкостенных деталей из алюминия и его сплавов.
П 250	280 °С	
Сплав Вуда	70	Пайка, когда требуется особо низкая температура плавления припоя. В качестве добавки для понижения температуры плавления любого припоя при отпайке

		микросхем и т.п.
--	--	------------------

Для припоев, богатых висмутом (например, сплав Вуда), характерно увеличение объема при переходе из жидкого состояния в твердое, а также при охлаждении после затвердевания. Это обеспечивает отсутствие течей, поэтому данные припой используют при изготовлении емкостей для жидкостей. Припой с висмутом плохо смачивают стали, их используют для пайки меди.

Твердые припои

Твердые припои создают высокую прочность шва. В электро- и радиомонтажных работах они используются значительно реже, чем мягкие припои. В таблице 16 приведены составы некоторых медно-цинковых припоев.

Медно-цинковые припои

Таблица 16

Марка	Содержание меди, %	Содержание цинка, %
ПМЦ -42	40-45	остальное
ГПМЦ-47	45-49	
ПМЦ-53	49-53	

Эти припои применяются для пайки бронзы, латуни, стали и других металлов, имеющих высокую температуру плавления. Припой ПМЦ-42 применяется при пайке латуни с содержанием 60—68% меди. Припой ПМЦ-52 применяется при пайке меди и бронзы. Температура плавления припоя должна быть меньше температуры плавления припайваемого металла. Кроме указанных медно-цинковых припоев, находят применение и серебряные припои. Составы последних приведены в следующей таблице 17.

Серебряные припои

Таблица 17

Марка	Содержание серебра, %	Содержание меди, %	Содержание цинка, %
ПСР-10	9,7—10,3	52-54	остальное
ПСР-12	11,7-12,3	35-37	
ПСР-25	24,7-25,3	39-41	
ПСР-45	44,5-45,5	20,5—30,5	
ПСР-65	64,5-65,5	19,5—20,5	
ПСР-70	69,5-70,5	25,5—26,5	

Серебряные припои обладают большой прочностью, спаянные ими швы хорошо изгибаются и легко обрабатываются. Припои ПСР-10 и ПСР-12 применяются для пайки латуни, содержащей не менее 58% меди, припои ПСР-25 и ПСР-45 — для пайки меди, бронзы и латуни, припой ПСР-70 с наиболее высоким содержанием серебра — для пайки волноводов, объемных контуров и т. п.

Порядок выполнения работы:

1. Используя краткие теоретические сведения, определите вид (легкоплавкий или твердый), химический состав и назначение припоев:
 - a) ПСР-25;
 - b) ПМЦ-42;
 - c) П-250;
 - d) ПОС-40
 - e) ПОСВ-33.

2. Укажите вид и марку припоя, необходимого для:
 - 1) пайки меди и бронзы;
 - 2) пайки деталей, при которой требуется большая прочность, гибкость и легкая обрабатываемость шва; температура плавления припаиваемого металла 740°C;
 - 3) пайки деталей, при которой требуется высокая прочность шва; температура плавления припаиваемого металла 870°C;
 - 4) пайка микросхем, когда требуется особо низкая температура плавления припоя.
3. Какие припои нельзя использовать при контакте их с пищей, человеком? Обоснуйте ответ.
4. Перечислите требования к припою.

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Тема 3.5 Обработка металлов резанием

Практическая работа № 15 ***МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ. ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ***

Цель работы:

1. Изучить основные узлы (и их назначение) токарного, фрезерного и сверлильного станков.
2. Изучить классификацию и маркировку металлорежущих станков.
3. Изучить основные типы передач в кинематических цепях металлорежущих станков. Уметь определять передаточное отношение и частоту вращения на выходе кинематической цепи.

Краткие теоретические сведения

Заготовки деталей машин, полученные ковкой, литьем, прокаткой в подавляющем большинстве не имеют точности размеров и качества поверхности, необходимых при установке их в различные механизмы.

Завершающей операцией в превращении заготовки в деталь машины является обработка металлов резанием.

Обработка металлов резанием - технологический процесс производства деталей машин, который заключается в срезании режущим инструментом с поверхности заготовки слоя материала в виде стружки для получения заданной геометрической формы, точности и шероховатости поверхности детали. В качестве заготовок будущих деталей машин используют прокат различного профиля, литье, поковки и сварные конструкции.

Классификация. Серийно выпускаемые станки разделены на 10 групп (табл. 25), каждая из которых разделена на 10 типов. Каждому станку присвоен цифровой индекс модели. Первая цифра модели указывает на его принадлежность к группе, вторая – тип станка. Следующие цифры определяют одну из основных технических характеристик станка (высоту центров для токарно-винто-резных станков; наибольший диаметр отверстия для сверлильных станков и т.д. В моделях станка между цифрами или в конце их ставят буквы (А, К, М, Н и др.). Буквы после первой цифры указывают на то, что станок является модернизированным, а буквы в конце – видоизменение модели (модификацию). Так модель станка 1К62 означает, что этот станок относится к токарной группе (1), винторезный (6) с высотой центров 200 мм (2), модернизированный (К).

Порядок выполнения работы

1. Расшифровать марку металлорежущего станка (таблица).
2. Изобразить схему кинематической цепи, предложенной преподавателем, рассчитать передаточное отношение и частоту вращения выходного вала.

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ (МАРКИРОВКА)

Вариант	Модель станка	Вариант	Модель станка
1	16К20	9	6Т12
2	1А616	К)	675 П
3	1К62	11	6П1Щ
4	16Б16		
5	16К40	12	2М55
6	6Р83Г	13	2Н125
7	6Р13Б	14	2Ш55
8	6Т82	15	2Н135

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

- 1 По какому принципу классифицируются и маркируются металлорежущие станки?
- 2 Что называется передачей, передаточным отношением?
- 3 Чему равно передаточное отношение кинематической цепи?
- 4 Основные типы передач и их обозначение на кинематических схемах.

Практическая работа № 16 ***ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ***

Цель работы: Изучить части, элементы, углы резца и классификацию резцов по назначению.

Точение осуществляется на металлорежущих станках токарной группы. Схемы точения показана на рис. 1.

Здесь главным движением (v) является вращение заготовки, а движением подачи (u) - перемещение инструмента. Угол ϕ - главный угол в плане резца: это угол между горизонтальной проекцией главного режущего лезвия резца и направлением подачи (u).

Основные виды работ, выполняемые на станках токарной группы показаны на рис. 2, а основные узлы (и их назначение) наиболее распространенного токарно-винторезного станка 1К62 — на рис. 3.

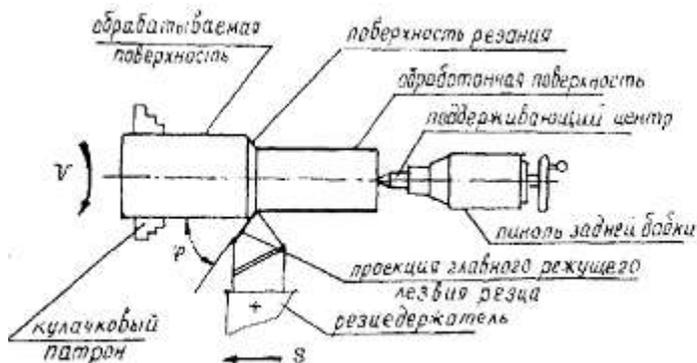


Рис. 1 Схема обработки точением

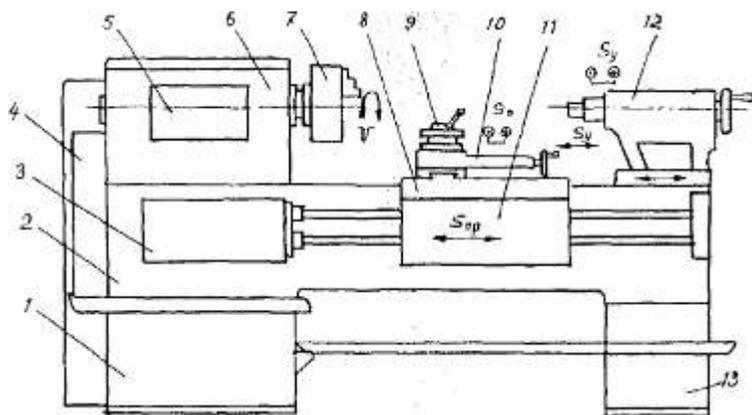


Рис. 3 Общий вид токарно-винторезного станка:

1 - передняя тумба (с электродвигателем главного привода станка); 2 - станина; 3 - коробка подач; 4 - коробка сменных зубчатых колес (для наладки станка на нарезание резьбы); 5 -

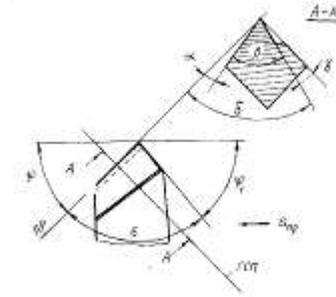


Рис. 5 Углы реза:

ϕ – главный угол в плане; $\phi 1$ – вспомогательный угол в плане; ϵ – угол при вершине; γ – передний угол; α – главный задний угол;
 β – угол заострения; δ – угол резания

При обработке нежесткой детали

На рис. 5 показаны углы реза в плане и в главной секущей плоскости.

Вспомогательный угол в плане ($\phi 1$) – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки и направлением подачи. Угол $\phi 1 = 10 \dots 30^\circ$. При меньших значениях $\phi 1$, вспомогательная режущая кромка будет врезаться в обработанную поверхность и портить ее. Сумма углов $\phi + \phi 1 + \epsilon = 180^\circ$, где ϵ – угол при вершине.

Главный задний угол (α) – угол между главной задней поверхностью и плоскостью резания: $\alpha = 6 \dots 12^\circ$. При

малом α возможно трение поверхности резания о заднюю поверхность.

Передний угол (γ) – угол между передней поверхностью и плоскостью, перпендикулярной плоскости резания.

Угол резания (δ) – угол между передней поверхностью и плоскостью резания.

Угол заострения (β) – угол между передней и задней поверхностями, измеренный в главной секущей плоскости.

При малых значениях γ стружка круто загибается вверх, что увеличивает сопротивление резанию. При

больших значениях облегчается сход стружки, но ослабляется режущая кромка, поэтому такие величины γ

допускаются только при обработке мягких материалов. Передний угол выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала.

Угол наклона режущей кромки λ определяет величину подъема вершины по отношению к главной режущей

кромке. От знака угла ("+" или "-") зависит направление схода стружки. Углы реза измеряются различными приборами. Наиболее распространенным является прибор ВНИИ для контроля геометрии резцов (

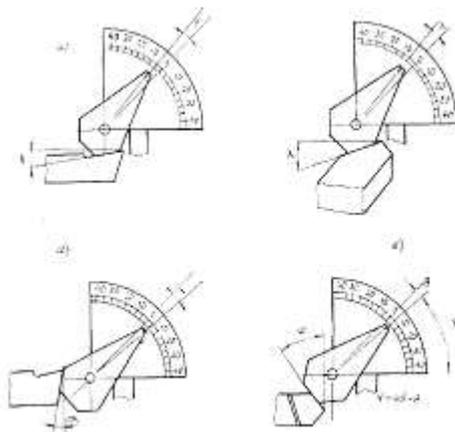


Рис. Измерение углов реза прибором ВНИИ:
a – переднего угла (γ); *б* – заднего угла (α); *в* – наклона режущей кромки (λ); *г* – главного угла в плане (ϕ)

Порядок выполнения работы

1 Изобразить эскиз резца, выданного преподавателем, указать его части и элементы.

2 С помощью прибора ВНИИ измерить углы реза. Результаты измерений занести в таблицу.

Углы реза

Наименование угла	Значения углов, °
Главный угол в плане, ϕ	
Вспомогательный угол в плане, $\phi 1$	
Передний угол, γ	
Главный задний угол, α	
Вспомогательный задний угол, $\alpha 1$	
Угол заострения, β	
Угол резания, δ	

Контрольные вопросы

1. Какие поверхности различают на обрабатываемой заготовке?

2. Назовите проектирующие плоскости при измерении углов резца.
3. Назовите основные части, элементы, углы резца и их роль при точении.
4. Какие типы резцов применяют при токарной обработке? Перечислите виды работ, выполняемые ими.

Практическая работа № 17
РАСЧЕТ И НАЗНАЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

Цель работы

Научиться назначать режимы резания для токарной обработки при помощи справочной литературы.

Краткие теоретические сведения

Назначать основные элементы режимов резания – это значит определить глубину резания, подачу и скорость; при этом оптимальными из них будут те, которые обеспечивают на данном станке наименьшую себестоимость процесса обработки детали. Такой порядок назначения элементов режима резания, когда для заданного инструмента сначала выбирается максимально возможная глубина резания t , затем максимально возможная подача s , а потом уже подсчитывается (с учетом оптимальной стойкости и других конкретных условий обработки) скорость резания V , объясняется тем, что для обычных резцов на температуру резания, а следовательно на износ и стойкость резца наименьшее влияние оказывает глубина резания, большее – подача и еще большее – скорость резания.

К элементам режима резания относятся

- глубина резания t , мм, равна припуску на обработку;
- подача S , мм/об, зависит от глубины резания и от характера обработки (черновая или чистовая);
- скорость резания v , м/мин, зависит от материалов заготовки и инструмента, от стойкости инструмента (времени работы инструмента между переточками), от состояния поверхности, от главного угла в плане.
- частота вращения n , об/мин.

Порядок назначения режимов резания при точении

Выбор резца.

Вид (название) резца зависит от вида выполняемой работы: для обтачивания наружной цилиндрической поверхности «на проход» - резец проходной прямой или проходной отогнутой, для обтачивания цилиндрической поверхности, находящейся под прямым углом к уступу – проходной упорный, для нарезания резьбы – резьбовой и т.д.

В качестве инструментального материала в настоящее время для режущей части резцов чаще всего используется твердый сплав. Марку твердого сплава можно выбрать исходя из следующих рекомендаций:

Материал заготовки	Характер обработки		
	черновая	получистовая	чистовая
Сталь	T5K10	T15K6	T30K4
Чугун	BK8	BK6, BK4	BK3, BK2

Выбор режимов резания

К основным элементам режимов резания относят: скорость резания – v , м/мин; подачу – s , мм/об; глубину резания t , мм.

Скорость резания – путь в единицу времени точки режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении главного движения. Экономическую скорость резания вычисляют по экспериментальной формуле

(1) или исходя из накопленного производственного опыта выбирают из справочных таблиц (табл. 1, 2, 3, 4)

$$v = \frac{C_v}{T^m l^x s^y} k_{\text{общ}} s$$

где C_v – коэффициент, зависящий от вида обработки, обрабатываемого материала и угла в плане ϕ ; m – показатель относительной стойкости инструмента; x и y – дробные показатели, $k_{\text{общ}}$ – общий поправочный коэффициент (выбираются из справочных таблиц); t – глубина резания, мм; s – величина подачи, мм/об.

Методика назначения элементов режима резания при точении:

1. Глубина резания определяется в основном величиной припуска на

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

обработку:

где D - диаметр заготовки в мм

где d - диаметр обработанной поверхности в мм

Глубина резания оказывает большое влияние на силы резания, увеличение которых может привести к снижению точности обработки. Поэтому, когда к обработанной поверхности предъявляются повышенные требования, глубину резания назначают меньшей. Так, при получистовой обработке глубина резания назначается в пределах 0,5-2 мм, а при чистовой - в пределах 0,1-0,4 мм.

2. Подача. Для уменьшения машинного времени, т. е. повышения производительности труда, целесообразно работать с максимально возможной подачей с учетом факторов, влияющих на ее величину. Подача обычно назначается из таблиц справочников по режимам резания, составленных на основе специально проведенных исследований и опыта работы машиностроительных заводов. После выбора величины подачи из справочников ее корректируют по кинематическим данным станка, на котором будет вестись обработка (берется ближайшая меньшая).

3. Скорость резания также назначается из таблиц справочников по режимам резания, с учетом предварительно назначенной величины оптимальной стойкости.

4. Частота вращения шпинделя станка (заготовки) подсчитывается по найденной скорости резания:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

и корректируется по станку (берется ближайшее меньшее или большее, если оно не превышает 5%), т. е. находится паспортное значение n_n , с которой будет вестись обработка.

5. Действительная скорость резания подсчитывается с учетом паспортного значения частоты вращения шпинделя:

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{1000}$$

6. Проверка выбранных элементов режима резания. При черновой обработке назначенная подача обязательно проверяется по прочности деталей механизма подачи станка, а в отдельных случаях (при нежестких и тяжелых условиях резания) — по прочности и жесткости инструмента, жесткости заготовки и

прочности деталей механизма главного движения станка. Проверяем расчетный режим по мощности. Резание возможно, если

$$N_{рез} \leq N_{инн},$$

где $N_{рез}$ - мощность потребная на резание, кВт

$N_{инн}$ - фактически развиваемая мощность на шпинделе станка, кВт

Мощность, затрачиваемая на резание:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт}$$

где P_z – тангенциальная сила резания, Н

Если окажется, что мощности электродвигателя данного станка, на котором должна происходить обработка, не хватает, т.е. $N_{рез} > N_{двиг}$, то необходимо уменьшить скорость резания.

7. Основное время на обработку подсчитывается с учетом паспортных значений частоты вращения шпинделя и подачи.

$$T_o = \frac{L}{S_n \cdot n_n}$$

где L - длина рабочего хода инструмента в мм

Порядок выполнения работы

Определить режимы резания при продольном точении заготовки диаметром D для заданных условий обработки в диаметр d на длину l. Инструмент - резец токарный проходной, оснащенный пластиной из твердого сплава. Станок – токарно-револьверный с горизонтальной осью вращения револьверной головки мод. 1Г340.

Пример решения:

Дано: Заготовка — прокат горячекатаный из стали 45 с $\sigma_b = 610$ МПа. Резец токарный проходной, оснащенный пластиной из твердого сплава Т5К10. Геометрические элементы резца: $\varphi = 60^\circ$; $\gamma = 12^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; r = 1 мм. Форма передней поверхности — радиусная с отрицательной фаской. D = 47,8 мм; d = 45 мм; l = 25 мм

1. Определяем глубину резания:

$$t = \frac{47,8 - 45}{2} = 1,4 \text{ мм}$$

2. Определяем подачу:

$$S_m = 0,51 \text{ мм/об [4, стр.36, карта1]}$$

Поправочный коэффициент: $K_s = 1,0$

$$S_p = 0,51 \cdot 1,0 = 0,51 \text{ мм/об}$$

Принимаем по паспорту станка: $S = 0,5$ мм/об

3. Определяем допускаемую скорость резания:

$$V_p = V_{табл} \cdot K_U \quad [4, \text{стр.44, карта 6}]$$

$$V_{табл} = 150 \text{ м/мин}$$

$$K_U = 0,9$$

$$V_p = 150 \cdot 0,9 = 135 \text{ м/мин}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_p} = \frac{1000 \cdot 135}{3,14 \cdot 47,8} = 899 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем по паспорту станка $n = 800 \text{ мин}^{-1}$

5. Действительная скорость резания при точении:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 800}{1000} = 87,92 \text{ м/мин}$$

6. Проверяем расчетный режим по мощности.

Мощность, затрачиваемая на резание:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт} \quad [3, \text{с.271}]$$

где P_z – тангенциальная сила резания, Н

Сила резания:

, H [3, с.271]

Из таблицы 22 [с.273]: [3, с.264, табл.9] [3, с.275, табл.23] кВт

Для станка мод. 1Г340 по паспорту станка: кВт; η

Проверяем достаточность мощности привода станка:

кВт

$$N_{рез} \cdot N_{инт} \quad (1,19)$$

7. Основное время:

$$T_o = \frac{L}{S_n \cdot n_n}$$

Длина рабочего хода: мм

- величины врезания и перебега инструмента, мм/мин

Варианты к заданию:

№	Материал заготовки	Заготовка	Dмм	d мм	l мм	Марка твердого сплава	Геометрические элементы реза				
							Форма передней поверхности	φ	α	γ	r мм
1	Сталь жаропрочная 12X18H9T 141 HB	Поковка	82	78,4	50	ВК8	Радиусная с фаской	45	8	10	2
2	Серый чугун HB 160	Отливка	48,5	46	120	ВК8	Плоская	60	8	5	1
3	Сталь 20 $\sigma_b=500\text{МПа}$	Прокат	52	50,2	35	T15K6	Радиусная с фаской	90	12	10	1,5
4	Серый чугун HB 180	Отливка	44	42	40	ВК6	Плоская	45	10	5	1
5	Сталь 38X $\sigma_b=680\text{МПа}$	Прокат	38	34,5	64	T5K10	Плоская	60	8	10	1
6	Сталь 40X $\sigma_b=700\text{МПа}$	Поковка	96,4	95	80	T15K6	Радиусная с фаской	90	8	5	1
7	Серый чугун HB 200	Отливка	56,2	52	32	ВК8	Плоская	60	12	10	1
8	Сталь 45XH $\sigma_b=750\text{МПа}$	Поковка	28	26	125	T30K4	Радиусная с фаской	45	10	5	2
9	Сталь Ст5 $\sigma_b=600\text{МПа}$	Прокат	40	38,4	78	T15K6	Плоская	45	8	10	1
10	Серый чугун HB 180	Отливка	75	70	18	ВК3	Плоская	60	8	5	2

Контрольные вопросы

1. Что значит назначить основные элементы режимов резания?
2. Порядок их определения.
3. Какие элементы режимов резания находятся по таблицам справочной литературы?
4. Какие из элементов режимов резания корректируются по паспортным данным станка?
5. При какой обработке делаем проверочный расчет по мощности станка?

Практическая работа № 18

РАСЧЕТ И НАЗНАЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Фрезерование – процесс обработки поверхностей многолезвийным инструментом – фрезой на фрезерных станках. Главное движение (v) при этом виде обработки резанием производится вращением фрезы, а движение подачи (s) осуществляется поступательным перемещением заготовки (рис. 12). На горизонтально-фрезерных станках ось вращения фрезы расположена горизонтально, а на вертикально-фрезерных – вертикально, но может поворачиваться на угол $\pm 45^\circ$ в вертикальной плоскости.

В зависимости от направления движения стола фрезерного станка могут быть реализованы разные подачи:

продольная, поперечная и вертикальная.

Основные виды работ, выполняемых на станках фрезерной группы и применяемый инструмент показаны на

рис. 13 и 14, а главные узлы и их назначение – на рис. 15 и 16.

На обрабатываемой заготовке при фрезеровании различают обрабатываемую поверхность, обработанную поверхность и поверхность резания (рис. 12).

Типы фрез и их геометрические параметры

В зависимости от назначения и вида обрабатываемой поверхности различают следующие типы фрез (рис. 13,

14): цилиндрические, торцевые, дисковые, концевые, угловые, шпоночные, фасонные. Режущие лезвия могут быть прямыми и винтовыми.

Фрезы могут иметь остроконечную и затылованную формы зуба. У остроконечного зуба передняя и задняя

поверхности плоские; у затылованного зуба передняя поверхность плоская, а задняя выполнена по спирали

Архимеда. При переточке затылованного зуба по передней поверхности сохраняется профиль зуба (это важно для фасонных и зуборезных фрез), рис. 21.

Кроме того фрезы могут быть цельные и сборные, с напайными и вставными ножами.

ТЕМА 3.6 ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ

Практическая работа № 19 ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С КОРРОЗИЕЙ

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 заключаются 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, подводимыми 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.

Таблица 7 – Варианты индивидуальных заданий

№ вариант а	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
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 сталь	медь
6	чугун	медь	алюминий	чугун	хромистая сталь	низколегированная сталь	медь
7	низколегированная сталь	алюминий	медь	чугун	низколегированная сталь	низколегированная сталь	алюминий

№ вариант а	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
	анная сталь				ованная сталь	ованная сталь	
8	цинк	медь	алюминий	латунь	латунь	хромистая сталь	медь
9	чугун	алюминий	медь	чугун	хромистая сталь	низколегированная сталь	медь
10	низколегированная сталь	медь	алюминий	чугун	медь	низколегированная сталь	алюминий
11	цинк	алюминий	медь	хромистая сталь	низколегированная сталь	хромистая сталь	медь
12	чугун	медь	алюминий	хромистая сталь	латунь	низколегированная сталь	медь
13	низколегированная сталь	медь	алюминий	хромистая сталь	низколегированная сталь	хромистая сталь	медь
14	цинк	алюминий	медь	чугун	медь	низколегир	алюминий

№ вариант а	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
						ованная сталь	
15	цинк	алюминий	медь	хромистая сталь	низколегированная сталь	хромистая сталь	медь
16	чугун	алюминий	медь	хромистая сталь	латунь	низколегированная сталь	медь
17	низколегированная сталь	медь	алюминий	чугун	низколегированная сталь	низколегированная сталь	алюминий
18	цинк	алюминий	медь	латунь	латунь	хромистая сталь	медь
19	чугун	медь	алюминий	чугун	хромистая сталь	низколегированная сталь	медь
20	низколегированная сталь	алюминий	медь	чугун	медь	низколегированная сталь	алюминий
21	цинк	медь	алюминий	хромистая	низколегир	хромистая	медь

№ вариант а	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	ованная сталь	сталь	
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 сталь	медь
25	низколегированная сталь	алюминий	медь	чугун	медь	низколегированная сталь	алюминий
26	цинк	алюминий	медь	чугун	медь	низколегированная сталь	алюминий
27	цинк	алюминий	медь	хромистая сталь	низколегированная сталь	хромистая сталь	медь
28	чугун	алюминий	медь	хромистая	латунь	низколегир	медь

№ вариант а	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		ованная сталь	
29	низколегированная сталь	медь	алюминий	чугун	низколегированная сталь	низколегированная сталь	алюминий

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

Группы металлов	Металлы		Контактируемые металлы										
			Алюминий, алюминиевые 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							
III	Алюминий, алюминиевые сплавы, не содержащие	неанодированные	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	0
		анодированные	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	0

Группы металлов	Металлы		Контактируемые металлы										
			Алюминий, алюминиевые 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						
	е медь												
IV	Цинк, цинковые сплавы, цинковые покрытия	без дополнительной обработки	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
		хромированные	+	+	+	-	-	+	+	-	0	-	-
		фосфатированные	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
VI	Чугун Сталь низколегированная, углеродистая	без покрытий	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
		азотированная	-	0	-	+	+	-	-	-	-	-	0
		оксидированная	-	0	-	+	+	-	-	-	-	-	0

Группы металлов	Металлы	Контактируемые металлы										
		Алюминий, алюминиевые 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							
я	фосфатированная	0	0	-	+	+	-	-	-	-	-	0
VII	Олово, оловянные и оловянно-свинцовые покрытия	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	0
VIII	Свинец	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
IX	Медь, медные сплавы	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Латунь	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Бронза	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
XI	Хром, хромовые покрытия	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Хромистые стали	0	0	-	-	-	+	+	+	+	+	+
XII	Хромоникелевые стали	0	0	-	-	-	+	+	+	+	+	+

ТЕМА 4.1. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Практическая работа № 20

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. Большое время истечения жидкости свидетельствует о большей вязкости. Вязкость масла, заливаемого в трансформатор, должна быть как можно меньшей, чтобы масло лучше отводило тепло 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 ($^{\circ}\text{Э}$), представляет собой отношение времени истечения 200 мл электроизоляционной жидкости при заданной температуре ко времени истечения 200 мл дистиллированной воды при 20 $^{\circ}\text{C}$. Время истечения 200 мл воды при 20 $^{\circ}\text{C}$ 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 $^{\circ}\text{C}$ 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.

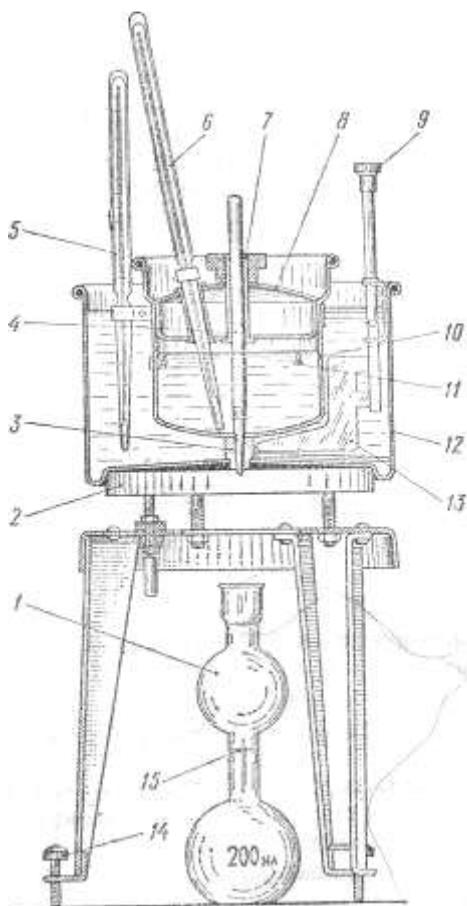


Рис. 5 Универсальный вискозиметр ВУ

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.

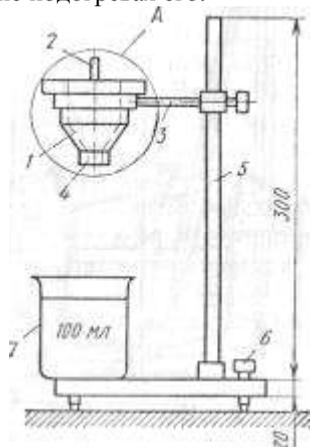


Рис. 2 Вискозиметр ВЗ-4

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

- Отверстие 3 в сосуде 10 (см. рис. 1) предварительно закрыть стержнем 4 и надеть крышку.
- В чистый сосуд 10 вискозиметра ВУ залить испытываемую жидкость до касания с тремя острями указателей
- В баню залить необходимое количество водопроводной воды и установить термометр.
- Медленно подогреть 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.
- 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.
- 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.
- Результаты измерения и вычислений записать в табл.13

Результаты измерений

Таблица 13

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

Контрольные вопросы:

- 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.

ТЕМА 4.3. ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Практическая работа № 21

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:
 - a) какими механическими свойствами должны обладать проводниковые изделия?
 - b) для каких целей применяются кабели?
 - c) почему монтажные провода выпускают с лужеными медными жилами?
 - d) 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			

Практическая работа № 22
ВИДЫ РАБОТ ПРИ ШЛИФОВАНИИ, ВЫБОР
ОБОРУДОВАНИЯ И ПРИМЕНЯЕМОГО ИНСТРУМЕНТА

Цель работы:

- 1 Изучить основные виды шлифования, элементы режимов резания, узлы наиболее распространенных шлифовальных станков и их назначение.
- 2 Изучить абразивные материалы, применяемые для изготовления шлифовального инструмента, их характеристики и маркировку инструмента.

Порядок выполнения работы

- 1 Охарактеризовать предложенный преподавателем шлифовальный инструмент:

- наименование и назначение;
- расшифровать маркировку инструмента.

2 Выбрать способ шлифования поверхности детали, предложенной преподавателем (варианты таблиц 7, 9, 14), изобразить схему шлифования с указанием типа шлифовального станка и ориентировочных режимов резания.

Контрольные вопросы

- 1 Абразивные материалы и характеристика их свойств.
- 2 Типы и маркировка абразивного инструмента.
- 3 Виды шлифования.
- 4 Режимы резания при шлифовании.