

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова»

Многопрофильный колледж

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

ОП.05 Материаловедение

для обучающихся специальности

13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	3
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	4
Практическое занятие № 1	4
Практическое занятие № 2	10
Практическое занятие № 3	14
Практическое занятие № 4	18
Практическая работа №5	20
Практическое занятие № 6	23
Лабораторная работа № 1	26
Лабораторная работа № 2	28
Лабораторная работа № 3	30

1 ВВЕДЕНИЕ

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

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

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

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

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

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

- определять свойства конструкционных и сырьевых материалов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их;
- определять твердость материалов;
- подбирать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации;
- выбирать электротехнические материалы: проводники и диэлектрики по назначению и условиям эксплуатации;

Содержание дисциплины ориентировано на подготовку обучающихся к освоению видов деятельности программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению следующими профессиональными и общими компетенциями:

ПК 2.1 - Выполнять дефектацию теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения;

ПК 2.2 - Производить ремонт теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения;

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

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

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Раздел I. Основы металловедения

Тема 1.1. Строение металлов. Основные свойства металлов и сплавов

Практическое занятие № 1

«Определение механических свойств металлов и сплавов»

Цель работы: изучить механические свойства металлов, методы их определения.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- по различным методам исследования материалов определять физические свойства металлов

Материальное обеспечение:

- методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретическими положениями.
2. Выполните практическое задание.
3. Составьте отчет в тетради в соответствии с заданием.

Теоретическая часть

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

Плотность - количество вещества, содержащееся в единице объема. Это одна из важнейших характеристик металлов и сплавов. По плотности металлы делятся на следующие группы: **легкие** (плотность не более 5 г/см³) - магний, алюминий, титан и др; **тяжелые** - (плотность от 5 до 10 г/см³) - железо, никель, медь, цинк, олово и др. (это наиболее обширная группа); **очень тяжелые** (плотность более 10 г/см³) - молибден, вольфрам, золото, свинец и др. В таблице 1 приведены значения плотности металлов.

Таблица 1

Плотность металлов

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

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

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

В зависимости от температуры плавления металл подразделяют на следующие

группы: **легкоплавкие** (температура плавления не превышает 600 °С) - цинк, олово, свинец, висмут и др.; **среднеплавкие** (от 600 °С до 1600 °С) - к ним относятся почти половина металлов, в том числе магний, алюминий, железо, никель, медь, золото; **тугоплавкие** (более 1600 °С) - вольфрам, молибден, титан, хром и др. При введении в металл добавок температура плавления, как правило, понижается.

Таблица 2

Температура плавления и кипения металлов

металл	Температура °С		металл	Температура °С	
	плавления	кипения		плавления	кипения
Олово	232	2600	Серебро	960	2180
Железо	1539	2900	Магний	650	1100
Медь	1083	2580	Цинк	420	907
Золото	1063	2660	Свинец	327	1750
Титан	1680	3300	Алюминий	660	2400

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

Электропроводность - способность металла проводить электрический ток.

Тепловое расширение - способность металла увеличивать свой объем при нагревании.

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

Методы исследований в материаловедении

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

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

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

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

Каждая грань кристаллического излома является плоскостью скалывания отдельного зерна. Поэтому излом показывает нам размеры зерна металла. Изучая излом стали, можно видеть, что размер зерна может колебаться в очень широких пределах: от нескольких сантиметров в литой, медленно остывшей, стали до тысячных долей миллиметра в правильно откованной и закаленной стали. В зависимости от размера зерна, излом может быть крупнокристаллический и мелкокристаллический. Обычно мелкокристаллический излом соответствует более высокому качеству металлического

сплава.

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

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

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

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

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

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

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

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

Видимые под микроскопом полиэдры зерен представляют собой сечения зерен поверхностью шлифа. Так как это сечение является случайным и может проходить на разных расстояниях от центра каждого отдельного зерна, то различие в размерах

полиэдров не соответствует действительным различиям в размерах зерен. Наиболее близкой величиной к действительному размеру зерна являются наиболее крупные зерна.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

На электронном микроскопе осуществляют исследование тонких пленок (реплик), снятых с поверхности шлифа или непосредственное изучение тонких металлических

пленок, полученных утонением массивного образца.

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

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

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

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

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

Практическая часть

Содержание отчета.

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

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

Форма представления результата:

Отчет по практической работе

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.2. Металлы и сплавы, применяемые в теплоэнергетике

Практическое занятие № 2

Определение видов металлов по внешним признакам и макроструктуре

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

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

Материальное обеспечение:

- методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

Задание:

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

Порядок выполнения работы:

1. Изучите теоретическую часть.
2. Выполните задания.

Теоретическая часть

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение состояния любого сплава изучаемой системы в зависимости от концентрации и температуры (см. рис. 1)

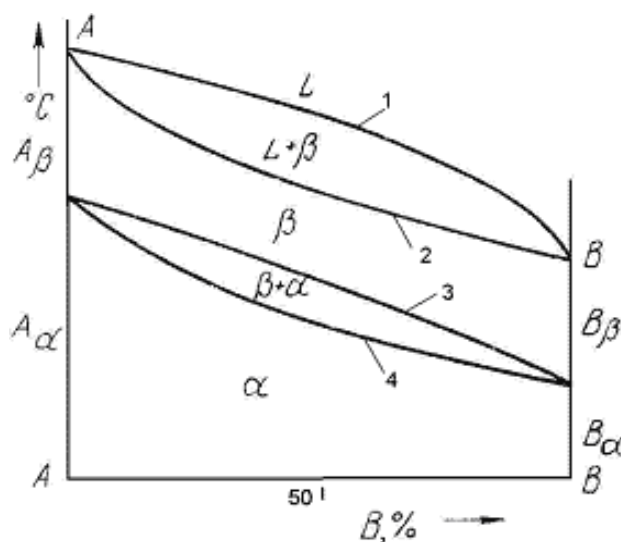


Рис.1 Диаграмма состояния

Диаграммы состояния показывают устойчивые состояния, т.е. состояния, которые при данных условиях обладают минимумом свободной энергии, и поэтому ее также называют диаграммой равновесия, так как она показывает, какие при данных

условиях существуют равновесные фазы.

Построение диаграмм состояния наиболее часто осуществляется при помощи термического анализа. В результате получают серию кривых охлаждения, на которых при температурах фазовых превращений наблюдаются точки перегиба и температурные остановки.

Температуры, соответствующие фазовым превращениям, называют критическими точками. Некоторые критические точки имеют названия, например, точки отвечающие началу кристаллизации называют точками ликвидус, а концу кристаллизации - точками солидус.

По кривым охлаждения строят диаграмму состава в координатах: по оси абсцисс - концентрация компонентов, по оси ординат - температура. Шкала концентраций показывает содержание компонента В. Основными линиями являются линии ликвидус (1) и солидус (2), а также линии соответствующие фазовым превращениям в твердом состоянии (3, 4).

По диаграмме состояния можно определить температуры фазовых превращений, изменение фазового состава, приблизительно, свойства сплава, виды обработки, которые можно применять для сплава.

Ниже представлены различные типы диаграмм состояния:

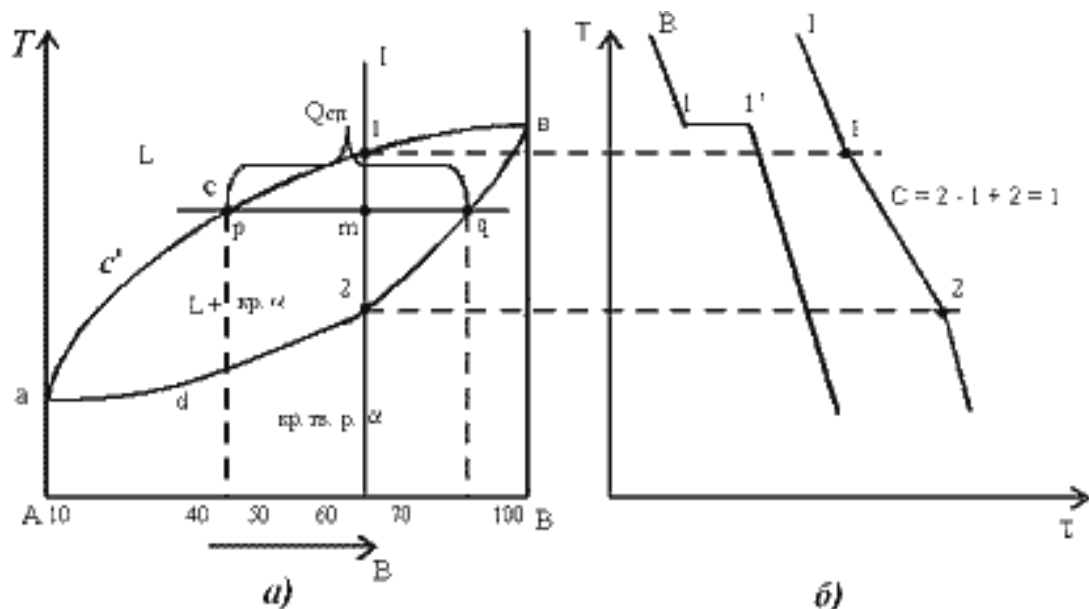


Рис.2. Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (а); кривые охлаждения типичных сплавов (б)

Анализ полученной диаграммы (рис.2).

1. Количество компонентов: $K = 2$ (компоненты А и В).
2. Число фаз: $f = 2$ (жидкая фаза L, кристаллы твердого раствора α)
3. Основные линии диаграммы:
 - $асб$ – линия ликвидус, выше этой линии сплавы находятся в жидком состоянии;
 - adb – линия солидус, ниже этой линии сплавы находятся в твердом состоянии.

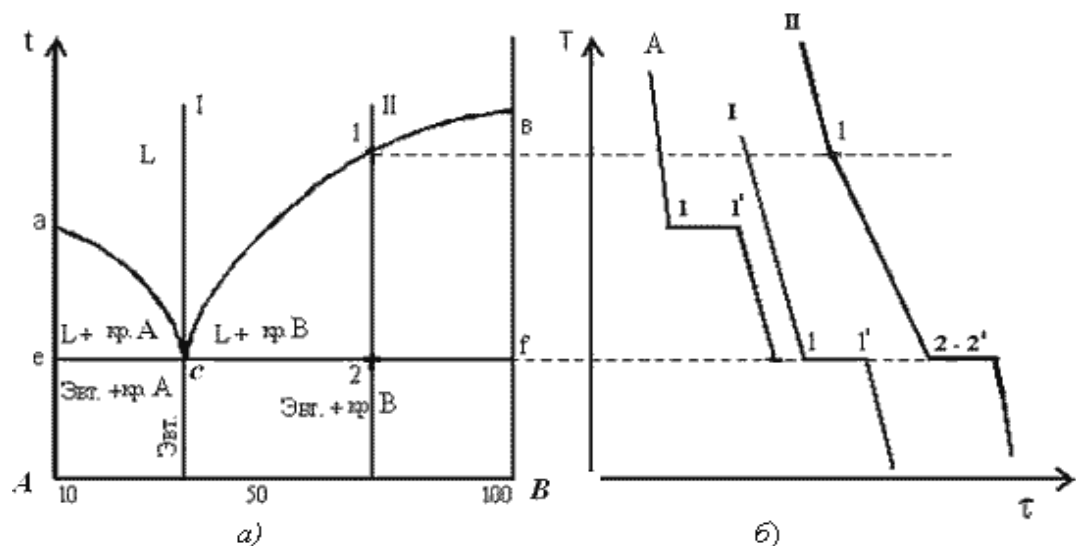


Рис.3. Диаграмма состояния сплавов с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения сплавов (б)

Анализ диаграммы состояния (рис. 3).

1. Количество компонентов: $K = 2$ (компоненты А и В);
2. Число фаз: $f = 3$ (кристаллы компонента А, кристаллы компонента В, жидкая фаза).
3. Основные линии диаграммы:
 - линия ликвидус $асб$, состоит из двух ветвей, сходящихся в одной точке;
 - линия солидус $есф$, параллельна оси концентраций стремится к осям компонентов, но не достигает их;

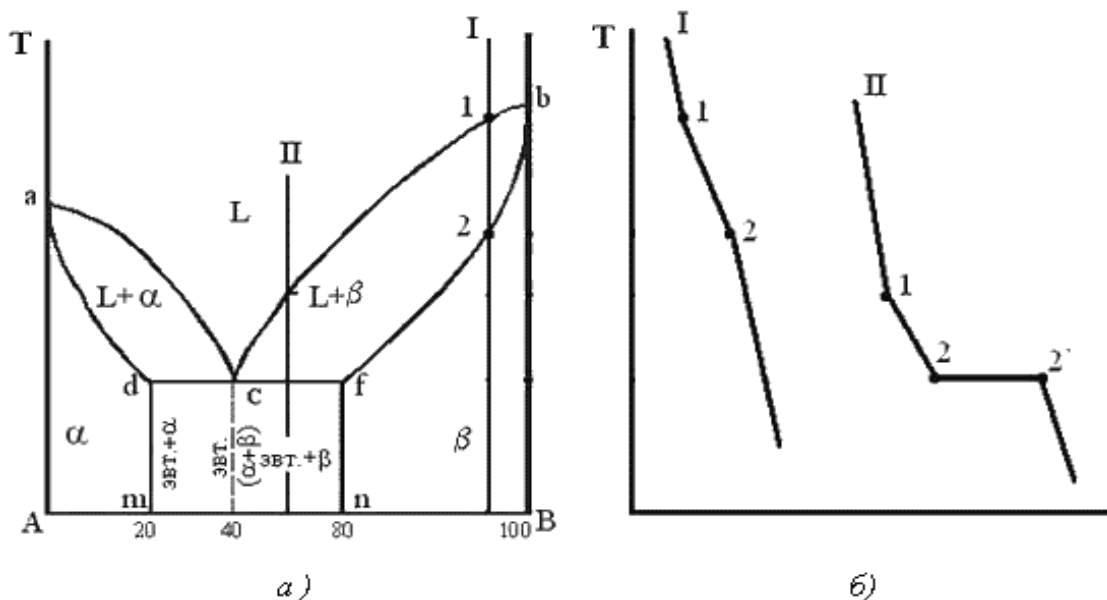


Рис. 4. Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения типичных сплавов (б)

Анализ диаграммы состояния (рис. 4).

1. Количество компонентов: $K = 2$ (компоненты А и В);
2. Число фаз: $f = 3$ (жидкая фаза и кристаллы твердых растворов α (раствор компонента В в компоненте А) и β (раствор компонента А в компоненте В));
3. Основные линии диаграммы:
 - линия ликвидус $асб$, состоит из двух ветвей, сходящихся в одной точке;

- линия солидус $adcfb$, состоит из трех участков;
- dm – линия предельной концентрации компонента В в компоненте А;
- fn – линия предельной концентрации компонента А в компоненте В.

Практическая часть

Задание для студентов:

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

Ответьте на вопросы:

1. Как строится диаграмма состояния?
2. Что можно определить по диаграмме состояния?
3. Какие названия имеют основные точки диаграммы?
4. Что указывается на диаграмме по оси абсцисс? Оси ординат?
5. Как называются основные линии диаграммы?

Задание по вариантам:

Студенты отвечают на одни и те же вопросы, различными являются рисунки, по которым необходимо отвечать. 1 вариант дает ответы по рисунку 2, 2 вариант дает ответы по рисунку 3, вариант 3 дает ответы по рисунку 4. Рисунок необходимо зафиксировать в тетрадь.

1. Как называется диаграмма?
2. Назовите сколько компонентов участвуют в образовании сплава?
3. Какими буквами обозначены основные линии диаграммы?

Форма представления результата:

- Отчет по практической работе

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Практическое занятие № 3

Определение свойств конструкционных и сырьевых материалов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- *подбирать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации*

Материальное обеспечение:

- методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

Задание:

1. Запишите название работы, ее цель.
2. Запишите основные признаки маркировки всех групп конструкционных сталей (обыкновенного качества, качественных сталей, легированных конструкционных сталей, рессорно-пружинных сталей, шарикоподшипниковых сталей, автоматных сталей), с примерами.

Краткие теоретические сведения:

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

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

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

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

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

- Стали обыкновенного качества, содержание до 0.06% серы и до 0,07% фосфора.
- Качественные - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно.
- Высококачественные - до 0.025% серы и фосфора.
- Особокачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

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

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

Сталь обыкновенного качества подразделяется еще и по поставкам на 3 группы:

сталь группы А поставляется потребителям по механическим свойствам (такая сталь может иметь повышенное содержание серы или фосфора); сталь группы Б – по химическому составу; сталь группы В – с гарантированными механическими свойствами и химическим составом.

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

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

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

Маркировка конструкционных углеродистых сталей обыкновенного качества

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

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

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

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

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

Например:

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

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

- **ВСт0** - углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы Б, первой категории (стали марок Ст0 и БСт0 по степени раскисления не разделяют).

Маркировка конструкционных углеродистых качественных сталей.

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

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

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

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

Например:

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

- 45 – конструкционная углеродистая качественная сталь, с содержанием углерода

около 0,45%, спокойная

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

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

Маркировка легированных конструкционных сталей.

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

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

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

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

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

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

Например:

- 12Х2Н4А – конструкционная легированная сталь, высококачественная, с содержанием углерода около 0,12%, хрома около 2%, никеля около 4%

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

Маркировка других групп конструкционных сталей.

Рессорно-пружинные стали.

- Основным отличительным признаком этих сталей – содержание углерода в них должно быть около 0.8% (в этом случае в сталях появляются упругие свойства)

- Пружины и рессоры изготовляют из углеродистых (65,70,75,80) и легированных (65С2, 50ХГС, 60С2ХФА, 55ХГР) конструкционных сталей

- Эти стали легируют элементами которые повышают предел упругости – кремнием, марганцем, хромом, вольфрамом, ванадием, бором

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

Шарикоподшипниковые стали.

- ГОСТ 801-78 маркируют буквами "ШХ", после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента.

- Для сталей, подвергнутых электрошлаковому переплаву, буква Ш добавляется также и в конце их наименований через тире. Например: ШХ15, ШХ20СГ, ШХ4-Ш.

- Из них изготовляют детали для подшипников, также их используют для изготовления деталей, работающих в условиях высоких нагрузок.

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

Автоматные стали.

- ГОСТ 1414-75 начинаются с буквы А (автоматная).

- Если сталь при этом легирована свинцом, то ее наименование начинается с букв

АС.

- Для отражения содержания в сталях остальных элементов используются те же правила, что и для легированных конструкционных сталей. Например: А20, А40Г, АС14, АС38ХГМ.

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

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.

2. Выполните задания по **вариантам:**

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

№ п/п	Задание для 1 варианта	Задание для 2 варианта
1.	Ст0	Ст3
2.	БСт3Гпс	ВСт3пс
3.	08	10
4.	40	45
5.	18Х2Н4МА	12ХН3А
6.	30ХГСА	38ХМЮА
7.	70	85
8.	55С2А	60С2Х2
9.	50ХФА	55С2
10.	ШХ4-Ш	ШХ20
11.	А40	А11

Форма представления результата:

Выполнение индивидуального задания.

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Раздел 2. Способы обработки материалов

Практическое занятие № 4

Определение геометрических размеров деталей с помощью различных измерительных инструментов.

Цель занятия: Приобрести практические навыки измерения геометрических размеров деталей с использованием различных измерительных инструментов, изучить их устройство и принцип действия, научиться правильно считывать показания и оценивать точность измерений.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять геометрические размеры деталей с помощью различных измерительных инструментов.

Оборудование и материалы

- штангенциркуль (ШЦ-I с ценой деления 0,1 мм или ШЦ-II с ценой деления 0,05 мм);
- микрометр гладкий (МК, цена деления 0,01 мм);
- индикатор часового типа (цена деления 0,01 мм);
- набор концевых мер длины;
- образцы деталей различной формы (валы, втулки, пластины с отверстиями);
- чертёж детали с указанием номинальных размеров и допусков;
- блокнот и ручка для записей;
- чистая ткань для протирки инструментов.

Краткие теоретические сведения

Основные измерительные инструменты:

1. **Штангенциркуль** — универсальный инструмент для измерения наружных и внутренних размеров, глубин и высот. Состоит из штанги с основной шкалой, подвижной рамки с нониусом, губок для наружных и внутренних измерений, глубиномера.
2. **Микрометр** — высокоточный инструмент для измерения малых размеров (до 0,01 мм). Работает по принципу винтовой пары: микровинт перемещается вдоль оси при вращении барабана.
3. **Индикатор часового типа** — используется для измерения отклонений от заданного размера, биений, несоосностей. Имеет циферблат с круговой шкалой и измерительный стержень.

Погрешности измерений могут возникать из-за:

- износа измерительных поверхностей;
- неправильной установки инструмента;
- температурных деформаций;
- ошибок оператора при считывании показаний.

Задание состоит из нескольких этапов:

Этап 1. Подготовка к измерениям

1. Проверьте исправность инструментов: отсутствие забоин, коррозии, плавность хода подвижных частей.
2. Протрите измерительные поверхности чистой тканью.
3. Проверьте установку на ноль:
 1. для штангенциркуля — сомкните губки и убедитесь, что нулевые штрихи совпадают;
 2. для микрометра — используйте установочную меру или сомкните пятки.

Этап 2. Измерение штангенциркулем

1. Выберите подходящий тип губок (наружные/внутренние).
2. Установите деталь между губками, плавно зажмите без перекосов.

3. Зафиксируйте рамку стопорным винтом.
4. Считайте показания:
 1. определите целое число миллиметров по основной шкале;
 2. найдите штрих нониуса, совпадающий с основной шкалой;
 3. умножьте номер этого штриха на цену деления нониуса (0,1 или 0,05 мм).
5. Запишите результат в таблицу 1.

Этап 3. Измерение микрометром

1. Разведите микровинт и поместите деталь между пяткой и микровинтом.
2. Вращая барабан, подведите микровинт до касания с деталью.
3. Доведите контакт трещоткой до характерного щелчка.
4. Зафиксируйте положение стопором.
5. Считайте показания:
 1. по горизонтальной шкале — целые и половины миллиметров;
 2. по круговой шкале барабана — сотые доли миллиметра
6. Запишите результат в таблицу 2.

Этап 4. Измерение индикатором часового типа

1. Установите индикатор на стойке над измеряемой поверхностью.
2. Опустите измерительный стержень до касания с деталью.
3. Установите стрелку на ноль вращением ободка циферблата.
4. Переместите деталь или индикатор вдоль поверхности, фиксируя отклонения стрелки.
5. Запишите максимальные и минимальные показания в таблицу 3.

Этап 5. Анализ результатов

1. Сравните измеренные размеры с номинальными значениями по чертежу.
2. Определите годность деталей (в пределах допуска/брак).
3. Укажите возможные причины отклонений (износ инструмента, ошибки оператора и т.д.).

Таблица 1. Результаты измерений штангенциркулем

№ измерения	Параметр (диаметр, длина и т.д.)	Номинальный размер, мм	Измеренный размер, мм	Отклонение, мм	Годность

Таблица 2. Результаты измерений микрометром

№ измерения	Параметр	Номинальный размер, мм	Измеренный размер, мм	Отклонение, мм	Годность

Таблица 3. Результаты измерений индикатором

№ измерения	Параметр	Допуск, мм	Макс. отклонение, мм	Мин. отклонение, мм	Вывод о годности

Форма представления результата:

- Отчет по практической работе

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 2.4. Сварка металлов

Практическая работа №5

Изучение конструкции и маркировки проводов и кабелей

Цель: Ознакомление с маркировкой и областью применения проводов и кабелей, формирование навыков расшифровки маркировки..

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Расшифровывать маркировки проводов и кабелей

Оборудование и материалы

- образцы проводов и кабелей разных марок (ВВГ, АВВГ, ПВС, ШВВП, АППР и др.);
- справочник «Кабели, провода и шнуры» (марочник);
- штангенциркуль для измерения диаметра жил;
- таблицы расшифровки маркировки;

Краткие теоретические сведения

Конструкция проводов и кабелей:

- **Провод** — одна или несколько изолированных жил, может иметь оболочку, но не имеет защитного покрова.
- **Кабель** — несколько изолированных жил под общей защитной оболочкой, может иметь броню, экран и другие защитные элементы.
- **Шнур** — гибкий провод с многопроволочными жилами малого сечения (до 1,5 мм²), предназначен для подключения бытовых приборов.

Основные элементы конструкции:

- 1) Токопроводящая жила (медная или алюминиевая).
- 2) Изоляция жилы (ПВХ, резина, бумага, полиэтилен).
- 3) Оболочка (защита от внешних воздействий).
- 4) Броня (стальная лента или проволока — для защиты от механических повреждений).
- 5) Экран (защита от электромагнитных помех).

Система маркировки по ГОСТ:

- 1) **Первая буква** — материал жилы:
 - а) отсутствует — медь;
 - б) «А» — алюминий.
- 2) **Вторая буква** — тип изделия:
 - а) «П» — провод;
 - б) «К» — контрольный кабель;
 - в) «М» — монтажный провод;

- d) «Ш» — шнур.
- 3) **Третья буква** — материал изоляции:
- «В» — ПВХ;
 - «Р» — резина;
 - «П» — полиэтилен и т. д.
- 4) **Четвёртая буква** — особенности конструкции:
- «Г» — гибкий, без защитного покрова;
 - «Б» — бронированный;
 - «Э» — экранированный.
- 5) **Цифры:**
- первая — количество жил;
 - вторая — сечение жилы в мм²;
 - третья — номинальное напряжение в В.

Примеры маркировки:

- **ВВГ 4×2,5–380** — медный кабель, изоляция и оболочка из ПВХ, без брони, 4 жилы сечением 2,5 мм², на напряжение 380 В.
- **АПРН 1×4** — алюминиевый провод, резиновая изоляция, негорючий, 1 жила сечением 4 мм².
- **ШВВП 2×0,75** — шнур, виниловая изоляция и оболочка, плоский, 2 жилы сечением 0,75 мм².

Виды кабелей по назначению:

- силовые (передача электроэнергии);
- контрольные (передача сигналов управления);
- управления (в системах автоматики);
- связи (передача информации);
- радиочастотные (передача радиосигналов).

Порядок выполнения работы

Этап 1. Изучение конструкции

- 1) Рассмотрите образцы проводов и кабелей.
- 2) Определите основные элементы конструкции (жила, изоляция, оболочка, броня и т. д.).
- 3) Зарисуйте поперечное сечение 2–3 образцов с обозначением элементов.

Этап 2. Расшифровка маркировки

- 1) Используя справочник и таблицы, расшифруйте каждую марку:
 - а) определите материал жилы, тип изделия, материал изоляции;
 - б) укажите количество и сечение жил;
 - в) назовите номинальное напряжение;
 - г) опишите особенности конструкции (гибкость, броня, экран);
 - д) укажите область применения.
- 2) Заполните таблицу 1.

Таблица 1. Расшифровка маркировки проводов и кабелей

Марка	Расшифровка	Количество жил	Сечение, мм ²	Номинальное напряжение, В	Область применения
ВВГ					
АПР					
ШВВП					
...	...	...	...	...	

Этап 3. Визуальный осмотр и измерение

- 1) Осмотрите образцы, отметьте цвет изоляции, форму, гибкость, наличие маркировки.

2) Измерьте диаметр жил штангенциркулем и рассчитайте сечение по формуле:

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

где S — сечение, d — диаметр жилы.

3. Сравните расчётное сечение с указанным в маркировке.

4. Заполните таблицу 2.

Таблица 2. Результаты измерений

№ образца	Марка	Диаметр жилы, мм	Расчётное сечение, мм ²	Указанное сечение, мм ²	Соответствие
1					
2					
...	...	...	...		

Форма представления результата:

1. Тема работы
2. Цель работы
3. Заполненные таблицы
4. Вывод по работе

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Практическое занятие № 6

Выбор марки припоя и определение его назначения и химического состава

Цель: Ознакомиться с основными способами сварки, видами сварных соединений и сварочных швов, изучить основное оборудование и материалы, применяемые при производстве сварочных работ, научиться выбирать марку припоя в зависимости от условий эксплуатации и соединяемых материалов

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять сварку при монтаже и ремонте теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения;

Материальное обеспечение:

- методические указания по выполнению работы

Задание:

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

Краткие теоретические сведения

Припой — материал с температурой плавления ниже, чем у соединяемых металлов, используемый для создания неразъёмного соединения.

Классификация припоев:

1. По температуре плавления:

- легкоплавкие (до 450 °С) — оловянно-свинцовые (ПОС), оловянные;
- среднеплавкие (450–1100 °С) — медно-цинковые (ПМЦ), серебряные (ПСр);
- тугоплавкие (свыше 1100 °С) — никелевые, медные.

2. По химическому составу:

- оловянно-свинцовые (ПОС);
- медно-цинковые (ПМЦ);
- серебряные (ПСр);
- алюминийевые;
- специальные (с добавками висмута, кадмия и т. д.).

3. По назначению:

- для радиомонтажа (низкотемпературные);
- для сантехнических работ;
- для пайки алюминия;
- для высокотемпературной пайки.

Система маркировки припоев (ГОСТ):

- **ПОС** — оловянно-свинцовый припой, цифра указывает содержание олова в процентах (например, ПОС-60 — 60 % Sn, остальное Pb).
- **ПМЦ** — медно-цинковый припой, цифра — содержание меди в процентах (ПМЦ-36 — 36 % Cu, остальное Zn).
- **ПСр** — серебряный припой, цифра — содержание серебра в процентах (ПСр-25 — 25 % Ag, остальное Cu и Zn).

Основные способы сварки:

- ручная дуговая сварка (ММА);
- полуавтоматическая сварка в среде защитных газов (MIG/MAG);
- аргонодуговая сварка (TIG);
- газовая сварка;
- контактная сварка.

Виды сварных соединений:

- стыковое;
- нахлесточное;
- угловое;
- тавровое;
- торцевое.

Оборудование для сварочных работ (обзор):

- сварочные аппараты (трансформаторы, выпрямители, инверторы);
- горелки и резаки;
- электроды и сварочная проволока;
- защитные газы (аргон, углекислота);
- флюсы и припои.

Порядок выполнения работы

Этап 1. Работа со справочными данными

1. Используя справочник, изучите маркировку и характеристики различных марок припоев.
2. Составьте таблицу основных марок припоев с указанием:
 - типа припоя;
 - химического состава;
 - температуры плавления;
 - области применения.
3. Заполните таблицу 1 на основе справочных данных.

Таблица 1. Характеристики припоев

Марка припоя	Тип припоя	Химический состав	Температура плавления, °С	Область применения
ПОС-60				
ПМЦ-36				
ПСр-25				
...	...	...	...	

Этап 2. Анализ условий эксплуатации

1. Используя справочные данные, выберите подходящую марку припоя для каждого случая.
2. Обоснуйте выбор, указав:
 - соответствие температуры плавления условиям эксплуатации;
 - совместимость с соединяемыми материалами;
 - требуемые свойства соединения (прочность, коррозионная стойкость и т. д.).
3. Заполните таблицу 2.

Таблица 2. Подбор припоя

Условия эксплуатации	Материалы для пайки	Подходящая марка припоя	Обоснование выбора
Монтаж электроники			
Пайка труб отопления			
Соединение			

ювелирных изделий			
-------------------	--	--	--

Этап 3. Изучение способов сварки и соединений

1. Изучите по учебным пособиям основные способы сварки.
2. Опишите кратко (2–3 предложения) каждый способ, указав:
 - область применения;
 - преимущества и недостатки.
3. Изучите виды сварных соединений, зарисуйте схематично каждый тип (стыковое, нахлесточное и т. д.) или опишите их особенности.

Этап 4. Анализ результатов

1. Сравните данные таблиц 1–2.
2. Сделайте вывод о принципах выбора припоя для различных задач.
3. Укажите, какие факторы наиболее важны при подборе припоя (температура, материал, требования к соединению).

Форма представления результата:

1. Тема работы
2. Цель работы
3. Выполненные задания
4. Вывод по работе

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Лабораторная работа № 1

Измерение диэлектрической проницаемости и угла диэлектрических потерь твёрдых диэлектриков

Цель: Изучить физические процессы поляризации и диэлектрических потерь в твёрдых диэлектриках. Освоить методику измерения диэлектрической проницаемости (ϵ) и тангенса угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg}\delta$). Исследовать зависимость диэлектрических параметров от частоты приложенного напряжения.

Оборудование и материалы

- стенд «Изучение диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь в твёрдых диэлектриках»;
- образцы твёрдых диэлектриков (стекло, фарфор, полиэтилен, полистирол и др.);
- измерительные электроды;
- соединительные провода.

Краткие теоретические сведения

Диэлектрическая проницаемость (ϵ) — величина, характеризующая способность материала поляризоваться под действием электрического поля. Определяется по формуле:

$$\epsilon = \frac{C_x}{C_0}$$

C_x — ёмкость конденсатора с диэлектриком, C_0 — ёмкость того же конденсатора с воздушным зазором.

Тангенс угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg}\delta$) — параметр, характеризующий потери энергии в диэлектрике при его работе на переменном напряжении. Чем меньше $\operatorname{tg}\delta$, тем лучше качество диэлектрика.

Поляризация — процесс смещения связанных зарядов или ориентации дипольных молекул в диэлектрике под действием электрического поля.

Виды поляризации:

- электронная;
- ионная;
- дипольная;
- структурная.

Диэлектрические потери обусловлены:

- электропроводностью;
- релаксационными процессами;
- резонансными явлениями;
- ионизацией в газовых включениях.

Для высококачественных диэлектриков $\operatorname{tg}\delta \approx 10^{-4} \dots 10^{-3}$, для материалов среднего качества — до 0,05.

Порядок выполнения работы

Этап 1. Подготовка стенда

1. Осмотрите стенд, убедитесь в отсутствии повреждений.
2. Подключите стенд к сети согласно инструкции.
3. Проведите калибровку измерительных цепей (если предусмотрено методикой).

Этап 2. Измерение параметров образцов

1. Установите первый образец диэлектрика между измерительными электродами.
2. Зафиксируйте толщину образца h (м) и площадь электродов S (м²).
3. Установите частоту измерительного напряжения (начните с 50 Гц).
4. Измерьте ёмкость C_x и $\operatorname{tg}\delta$ при заданной частоте.
5. Повторите измерения для частот 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц.
6. Повторите п. 1–5 для остальных образцов.

7. Запишите результаты в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты измерений

Расчёт диэлектрической проницаемости:

№	Материал	h , м	S , м ²	f , Гц	C_x , пФ	$\operatorname{tg}\delta$	ε

Этап 3. Построение графиков

1. Постройте графики зависимостей:
 - $\varepsilon=f(f)$ — диэлектрическая проницаемость от частоты;
 - $\operatorname{tg}\delta=f(f)$ — тангенс угла потерь от частоты.
2. Нанесите на графики справочные значения для каждого материала (из справочника).

Этап 4. Анализ результатов

1. Сравните экспериментальные значения ε и $\operatorname{tg}\delta$ со справочными.
2. Объясните возможные расхождения (влияние влажности, температуры, неоднородности образца).
3. Сделайте вывод о качестве каждого диэлектрика (по величине $\operatorname{tg}\delta$).
4. Отметьте, как изменяется ε с ростом частоты (дисперсия диэлектрической проницаемости).

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Лабораторная работа № 2

Измерение зависимости угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости от температуры

Цель работы

Исследовать влияние температуры на диэлектрическую проницаемость (ϵ) и тангенс угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg}\delta$) твёрдых диэлектриков с использованием стенда «Изучение диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь в твёрдых диэлектриках».

Задачи работы

1. Ознакомиться с устройством и принципом работы стенда.
2. Измерить ϵ и $\operatorname{tg}\delta$ для нескольких образцов твёрдых диэлектриков при различных температурах.
3. Построить графики зависимостей $\epsilon(T)$ и $\operatorname{tg}\delta(T)$.
4. Проанализировать полученные зависимости и объяснить их с точки зрения физических процессов в диэлектриках.
5. Сравнить экспериментальные данные со справочными значениями для исследуемых материалов.

Оборудование и материалы

- стенд «Изучение диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь в твёрдых диэлектриках» (включает измеритель ёмкости и $\operatorname{tg}\delta$, нагревательную камеру, термоматчик);
- образцы твёрдых диэлектриков (стекло, фарфор, полиэтилен, полистирол и др.);
- измерительные электроды;
- соединительные провода;
- ноутбук/ПК с ПО для сбора данных (при наличии);
- блокнот и ручка для записей.

Краткие теоретические сведения

Диэлектрическая проницаемость (ϵ) —

величина, характеризующая способность материала поляризоваться под действием электрического поля. Рассчитывается по формуле:

$$\epsilon = \frac{C_x}{C_0}$$

C_x — ёмкость конденсатора с диэлектриком, C_0 — ёмкость того же конденсатора с воздушным зазором.

Тангенс угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg}\delta$) —

параметр, показывающий долю энергии, рассеиваемой в диэлектрике в виде тепла. Чем меньше $\operatorname{tg}\delta$, тем лучше качество диэлектрика.

Влияние температуры:

- С ростом температуры увеличивается количество свободных зарядов, что приводит к росту проводимости и увеличению $\operatorname{tg}\delta$.
- Зависимость $\operatorname{tg}\delta$ от температуры описывается уравнением:

$$\operatorname{tg}\delta = \operatorname{tg}\delta_0 \cdot \exp[a \cdot (T - T_0)]$$

где a — коэффициент, T — температура, T_0 — опорная температура.

- Диэлектрическая проницаемость может как увеличиваться, так и уменьшаться в зависимости от типа поляризации (релаксационная, дипольная и т. д.).

Ожидаемые закономерности:

- для полярных диэлектриков: резкий рост $\operatorname{tg}\delta$ при достижении температуры, соответствующей максимуму релаксационных потерь;
- для неполярных диэлектриков: плавное увеличение $\operatorname{tg}\delta$ с ростом температуры;
- изменение ε зависит от типа поляризации и может иметь экстремумы (например, у сегнетоэлектриков).

Порядок выполнения работы

Этап 1. Подготовка стенда

1. Осмотрите стенд, убедитесь в отсутствии повреждений.
2. Подключите стенд к сети согласно инструкции.
3. Проведите калибровку измерительных цепей (если предусмотрено методикой).
4. Установите первый образец диэлектрика между электродами.
5. Зафиксируйте геометрические параметры образца: толщину h (м) и площадь электродов S (м²).

Этап 2. Измерение параметров при разных температурах

1. Установите начальную температуру (например, 20 °С) и дождитесь стабилизации.
2. Измерьте ёмкость C_x (пФ) и $\operatorname{tg}\delta$.
3. Рассчитайте ε по формуле:

$$\varepsilon = \frac{h \cdot C_x}{\varepsilon_0 \cdot S}, \quad \text{где } \varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м.}$$

4. Повысьте температуру на 10–15 °С (например, до 35 °С), дождитесь стабилизации и повторите измерения.
5. Продолжайте измерения до достижения максимальной температуры стенда (обычно 90–120 °С).
6. Повторите п. 1–5 для остальных образцов.
7. Запишите результаты в таблицу 1.

№	Материал	h , м	S , м ²	T	C_x , пФ	$\operatorname{tg}\delta$	ε

Этап 3. Построение графиков

1. Постройте графики зависимостей:
 - $\varepsilon=f(T)$ — диэлектрическая проницаемость от температуры;
 - $\operatorname{tg}\delta=f(T)$ — тангенс угла потерь от температуры.
2. Нанесите на графики справочные значения для каждого материала (из справочника).

Этап 4. Анализ результатов

1. Сравните экспериментальные значения ε и $\operatorname{tg}\delta$ со справочными.
2. Объясните возможные расхождения (влияние влажности, неоднородности образца, погрешности измерений).
3. Сделайте вывод о качестве каждого диэлектрика (по величине $\operatorname{tg}\delta$).
4. Отметьте, как изменяется ε с ростом температуры для разных типов диэлектриков.
5. Определите температурный диапазон, в котором материал сохраняет стабильные диэлектрические свойства.

Форма представления результата:

1. Тема работы
2. Цель работы
3. Выполненные задания

4. Вывод по работе

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Лабораторная работа № 3

Измерение диэлектрической проницаемости и угла диэлектрических потерь активных диэлектриков

Цель: Изучить особенности поляризации и диэлектрических потерь в активных диэлектриках. Освоить методику измерения диэлектрической проницаемости (ϵ) и тангенса угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg}\delta$) для активных диэлектриков. Сравнить свойства активных и пассивных диэлектриков на основе экспериментальных данных.

Оборудование и материалы

- стенд «Изучение диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь в твёрдых диэлектриках» (включает измеритель ёмкости и $\operatorname{tg}\delta$, генератор частоты, измерительные электроды);
- образцы активных диэлектриков:
 - сегнетоэлектрики (титанат бария BaTiO_3);
 - пьезоэлектрики (кварц SiO_2 , цирконат-титанат свинца ЦТС);
 - электреты;
- образцы для сравнения (пассивные диэлектрики: стекло, полиэтилен);
- соединительные провода.

Краткие теоретические сведения

Активные диэлектрики —

материалы, свойства которых можно целенаправленно изменять внешними воздействиями (электрическим полем, температурой, давлением и т. д.). Отличаются от пассивных диэлектриков наличием особых видов поляризации.

Ключевые особенности активных диэлектриков:

- нелинейная зависимость поляризации от напряжённости поля;
- наличие петли гистерезиса (у сегнетоэлектриков);
- пьезоэффект, пирозэффект, электрооптический эффект.

Основные параметры:

1. **Диэлектрическая проницаемость (ϵ)** — рассчитывается по формуле:

$$\epsilon = \frac{C_x}{C_0}$$

2. **Тангенс угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg}\delta$)** —

параметр, характеризующий потери энергии в материале. Для активных диэлектриков может быть значительно выше, чем для пассивных.

Ожидаемые закономерности:

- у сегнетоэлектриков: резкий рост ε вблизи температуры Кюри, высокий $\operatorname{tg}\delta$ в области фазового перехода;
- у пьезоэлектриков: зависимость ε от механического напряжения;
- у электретов: остаточная поляризация, влияющая на ε .

Порядок выполнения работы

Этап 1. Подготовка стенда

1. Осмотрите стенд, убедитесь в отсутствии повреждений.
2. Подключите стенд к сети согласно инструкции.
3. Проведите калибровку измерительных цепей (если предусмотрено методикой).
4. Установите первый образец активного диэлектрика между электродами.
5. Зафиксируйте геометрические параметры образца: толщину h (м) и площадь электродов S (м²).

Этап 2. Измерение параметров на разных частотах

1. Установите начальную частоту (например, 50 Гц) и дождитесь стабилизации показаний.
2. Измерьте ёмкость C_x (пФ) и $\operatorname{tg}\delta$.
3. Рассчитайте ε по формуле:

$$\varepsilon = \frac{h \cdot C_x}{\varepsilon_0 \cdot S}, \quad \text{где } \varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м.}$$

4. Повысьте частоту (1 кГц, 10 кГц, 100 кГц и т. д.) и повторите измерения.
5. Повторите п. 1–4 для остальных образцов активных диэлектриков.
6. Для сравнения проведите аналогичные измерения для пассивных диэлектриков (стекло, полиэтилен).
7. Запишите результаты в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты измерений

№	Материал	h , м	S , м ²	f , Гц	C_x , пФ	$\operatorname{tg}\delta$	ε

Этап 3. Построение графиков

1. Постройте графики зависимостей:
 - $\varepsilon=f(f)$ — диэлектрическая проницаемость от частоты;
 - $\operatorname{tg}\delta=f(f)$ — тангенс угла потерь от частоты.
2. Нанесите на графики справочные значения для каждого материала (из справочника).
3. Сравните зависимости для активных и пассивных диэлектриков.

Этап 4. Анализ результатов

1. Сравните экспериментальные значения ε и $\operatorname{tg}\delta$ со справочными.
2. Объясните возможные расхождения (влияние влажности, неоднородности образца, погрешности измерений).
3. Сделайте вывод о качестве каждого диэлектрика (по величине $\operatorname{tg}\delta$).
4. Отметьте особенности поведения активных диэлектриков (нелинейность, гистерезис, зависимость от внешних факторов).
5. Определите оптимальный частотный диапазон для применения каждого материала.

Форма представления результата:

1. Тема работы
2. Цель работы

3.Выполненные задания

4. Вывод по работе

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.