

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный государственный университет путей сообщения»
(ДВГУПС)
Хабаровский техникум железнодорожного транспорта
(ХТЖТ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор ПО и СП – директор ХТЖТ
_____ / А.Н. Ганус
«31» мая 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ОП.05 Материаловедение

для специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

Профиль: -

Составитель: преподаватель Погребниченко С.В.
Обсуждена на заседании ПЦК Электроснабжение
Протокол от « 26» мая 2022 г. № 9

Методист _____ / Л.В. Петрова

г. Хабаровск
2022 г.

ЛИСТ ДОПОЛНЕНИЙ И ИЗМЕНЕНИЙ (АКТУАЛИЗАЦИИ)

в рабочую программу ОП.05 Материаловедение

13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

с указанием кода направления подготовки и профиля

На основании

решения заседания кафедры (ПЦК) Электроснабжение

полное наименование кафедры (ПЦК)

"26" мая 2023 г., протокол № 9

на 2023 / 2024 учебный год внесены изменения:

№ / наименование раздела	Новая редакция
	Изменений нет

Заведующий кафедрой (председатель ПЦК)



_____ Мележик В.В.

Рабочая программа дисциплины (МДК, ПМ) ОП.05 Материаловедение
разработана в соответствии с ФГОС, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 14.12.2017 № 1216

Квалификация **Техник**

Форма обучения **очная**

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МДК, ПМ) В ЧАСАХ С УКАЗАНИЕМ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ И МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость **66 ЧАС**

Часов по учебному плану	66	Виды контроля на курсах:
в том числе:		зачёты с оценкой 1
обязательная нагрузка	48	
самостоятельная работа	14	
консультации	4	

Распределение часов дисциплины (МДК, ПМ) по семестрам (курсам)

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	8	8	8	8
Практические	6	6	6	6
Консультации	4	4	4	4
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	52	52	52	52
Сам. работа	14	14	14	14
Итого	66	66	66	66

1. АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МДК, ПМ)	
1.1	Основы металловедения. Классификация металлов. Свойства металлов: физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные. Основы теории сплавов. Углеродистые стали. Классификация углеродистых сталей. Легированные стали, их классификация. Влияние легирующих элементов на свойства сталей. Маркировка легированных сталей. Чугуны. Виды чугунов. Цветные металлы и их сплавы. Медные сплавы, их маркировка. Алюминиевые сплавы. Магниевого сплавы. Антифрикционные (подшипниковые) сплавы. Определение режима отжига, закалки и отпуска стали. Выбор марки сплава для несущего троса контактной сети. Определение твердости металлов. Исследование микроструктуры углеродистых сталей. Исследование микроструктуры цветных сплавов. Способы обработки металлов. Обработки металлов давлением. Обработка металла резанием. Литейное производство. Технология получения отливок. Сварочное производство. Выбор марки материала и способа его обработки для конкретных деталей. Электротехнические материалы. Проводниковые, полупроводниковые, диэлектрические и магнитные материалы. Экипировочные материалы. Виды топлива. Смазочные материалы. Полимерные материалы. Строение и основные свойства полимеров. Композиционные материалы. Виды и

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МДК, ПМ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Код дисциплины:	ОП.05
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Химия
2.1.2	Физика
2.1.3	Техническая механика
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (МДК, ПМ) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Метрология, стандартизация и сертификация
2.2.2	Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения
2.2.3	Контактная сеть
2.2.4	Устройство и обслуживание электрических подстанций
2.2.5	Техническая эксплуатация железных дорог и безопасность движения
2.2.6	Безопасность жизнедеятельности
2.2.7	Безопасность работ при эксплуатации и ремонте оборудования устройств электроснабжения

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МДК, ПМ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
ОК 01: Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	
Знать:	
Уровень 1	Актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить; основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте; алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях; методы работы в профессиональной и смежных сферах; структуру плана для решения задач; порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности
Уметь:	
Уровень 1	Распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части; определять этапы решения задачи; выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы; составить план действия; определить необходимые ресурсы; владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах; реализовать составленный план; оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)
Иметь практический опыт::	
Уровень 1	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным
ОК 02: Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности	
Знать:	
Уровень 1	Номенклатура информационных источников применяемых в профессиональной деятельности; приемы структурирования информации; формат оформления результатов поиска информации
Уметь:	

Уровень 1	Определять задачи для поиска информации; определять необходимые источники информации; планировать процесс поиска; структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации; оценивать практическую значимость результатов поиска; оформлять
-----------	--

Иметь практический опыт::	
Уровень 1	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 03: Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие	
Знать:	
Уровень 1	Содержание актуальной нормативно-правовой документации; современная научная и профессиональная терминология; возможные траектории профессионального развития и
Уметь:	
Уровень 1	Определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности; применять современную научную профессиональную терминологию; определять и выстраивать траектории профессионального развития и самообразования
Иметь практический опыт::	
Уровень 1	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
ОК 04: Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством,	
Знать:	
Уровень 1	Психологические основы деятельности коллектива, психологические особенности личности; основы проектной деятельности
Уметь:	
Уровень 1	Организовывать работу коллектива и команды; взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности
Иметь практический опыт::	
Уровень 1	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством,
ОК 05: Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста	
Знать:	
Уровень 1	Особенности социального и культурного контекста; правила оформления документов и построения устных сообщений.
Уметь:	
Уровень 1	Грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе
Иметь практический опыт::	
Уровень 1	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК 06: Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей	
Знать:	
Уровень 1	Сущность гражданско-патриотической позиции, общечеловеческих ценностей; значимость профессиональной деятельности по специальности
Уметь:	
Уровень 1	Описывать значимость специальности
Иметь практический опыт::	
Уровень 1	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе общечеловеческих ценностей.
ОК 07: Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях	
Знать:	
Уровень 1	Правила экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности; основные ресурсы, задействованные в профессиональной деятельности; пути обеспечения ресурсосбережения
Уметь:	
Уровень 1	Соблюдать нормы экологической безопасности; определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности
Иметь практический опыт::	

Уровень 1	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
-----------	--

ОК 08: Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержание необходимого уровня физической подготовленности	
Знать:	
Уровень 1	Роль физической культуры в общекультурном, профессиональном и социальном развитии человека; основы здорового образа жизни; условия профессиональной деятельности и зоны риска физического здоровья для специальности средства профилактики перенапряжения
Уметь:	
Уровень 1	Использовать физкультурно-оздоровительную деятельность для укрепления здоровья, достижения жизненных и профессиональных целей; применять рациональные приемы двигательных функций в профессиональной деятельности; пользоваться средствами профилактики перенапряжения характерными для данной специальности
Иметь практический опыт:	
Уровень 1	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
ОК 09: Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности	
Знать:	
Уровень 1	Современные средства и устройства информатизации; порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности
Уметь:	
Уровень 1	Применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач; использовать современное программное обеспечение
Иметь практический опыт:	
Уровень 1	Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности
ОК 10: Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке	
Знать:	
Уровень 1	Правила построения простых и сложных предложений на профессиональные темы; основные общеупотребительные глаголы (бытовая и профессиональная лексика); лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности; особенности произношения; правила чтения текстов профессиональной направленности
Уметь:	
Уровень 1	Понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы; участвовать в диалогах на знакомые общие и профессиональные темы; строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности; кратко обосновывать и объяснить свои действия (текущие и планируемые); писать простые связные сообщения на знакомые или интересующие профессиональные темы
Иметь практический опыт:	
Уровень 1	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранных языках.
ОК 11: Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере	
Знать:	
Уровень 1	Основы предпринимательской деятельности; основы финансовой грамотности; правила разработки бизнес-планов; порядок выстраивания презентации; кредитные банковские продукты
Уметь:	
Уровень 1	Выявлять достоинства и недостатки коммерческой идеи; презентовать идеи открытия собственного дела в профессиональной деятельности; оформлять бизнес-план; рассчитывать размеры выплат по процентным ставкам кредитования; определять инвестиционную привлекательность коммерческих идей в рамках профессиональной деятельности; презентовать бизнес-идею; определять источники
Иметь практический опыт:	
Уровень 1	Планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере
ПК 2.1: Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей	
Знать:	
Уровень 1	устройство оборудования электроустановок; условные графические обозначения элементов электрических схем;
Уметь:	

Уровень 1	разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей; вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств.
-----------	---

Иметь практический опыт::	
Уровень 1	составлять электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей; модернизация схем электрических устройств подстанций; техническое обслуживание трансформаторов и преобразователей электрической энергии.

ПК 2.2: Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии	
Знать:	
Уровень 1	виды работ и технологию обслуживания трансформаторов и преобразователей.
Уметь:	
Уровень 1	обеспечивать выполнение работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии.
Иметь практический опыт::	
Уровень 1	техническое обслуживание трансформаторов и преобразователей электрической энергии.

ПК 2.3: Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем	
Знать:	
Уровень 1	виды и технологии работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств.
Уметь:	
Уровень 1	обеспечивать проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок.
Иметь практический опыт::	
Уровень 1	обслуживать оборудование распределительных устройств электроустановок.

ПК 2.4: Выполнять основные виды работ по обслуживанию воздушных и кабельных линий электроснабжения	
Знать:	
Уровень 1	эксплуатационно-технические основы линий электропередачи, виды и технологии работ по их обслуживанию.
Уметь:	
Уровень 1	контролировать состояние воздушных и кабельных линий, организовывать и проводить работы по их техническому обслуживанию.
Иметь практический опыт::	
Уровень 1	эксплуатация воздушных и кабельных линий электропередачи

ПК 2.5: Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию	
Знать:	
Уровень 1	основные положения правил технической эксплуатации электроустановок; виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения.
Уметь:	
Уровень 1	выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование; оформлять отчеты о проделанной работе.
Иметь практический опыт::	
Уровень 1	применять инструкции и нормативные правила при составлении отчетов и разработке технологических документов.

ПК 3.1: Планировать и организовывать работу по ремонту оборудования	
Знать:	
Уровень 1	виды ремонтов оборудования устройств электроснабжения
Уметь:	
Уровень 1	выполнять требования по планированию и организации ремонта оборудования; контролировать состояние электроустановок и линий электропередачи.
Иметь практический опыт::	
Уровень 1	составлять планы ремонта оборудования; организация ремонтных работ оборудования

ПК 3.2: Находить и устранять повреждения оборудования	
Знать:	

Уровень 1	методы диагностики и устранения неисправностей в устройствах электроснабжения.
Уметь:	

Уровень 1	выявлять и устранять неисправности в устройствах электроснабжения, выполнять основные виды работ по их ремонту.
-----------	---

Иметь практический опыт::

Уровень 1	обнаруживать и устранять повреждения и неисправности оборудования электроустановок
-----------	--

ПК 3.3: Выполнять работы по ремонту устройств электроснабжения

Знать:

Уровень 1	технологию ремонта оборудования устройств электроснабжения.
-----------	---

Уметь:

Уровень 1	устранять выявленные повреждения и отклонения от нормы в работе оборудования.
-----------	---

Иметь практический опыт::

Уровень 1	производство работ по ремонту устройств электроснабжения, разборке, сборке и регулировке отдельных аппаратов.
-----------	---

ПК 3.4: Оценивать затраты на выполнение работ по ремонту устройств электроснабжения

Знать:

Уровень 1	методические, нормативные и руководящие материалы по организации учета и методам обработки расчетной документации.
-----------	--

Уметь:

Уровень 1	составлять расчетные документы по ремонту оборудования; рассчитывать основные экономические показатели деятельности производственного подразделения.
-----------	--

Иметь практический опыт::

Уровень 1	рассчитывать стоимость затрат материально-технических, трудовых и финансовых ресурсов на ремонт устройств электроснабжения.
-----------	---

ПК 3.5: Выполнять проверку и анализ состояния устройств и приборов, используемых при ремонте и наладке оборудования

Знать:

Уровень 1	порядок проверки и анализа состояния устройств и приборов для ремонта и наладки оборудования электроустановок.
-----------	--

Уметь:

Уровень 1	проверять приборы и устройства для ремонта и наладки оборудования электроустановок и выявлять возможные неисправности.
-----------	--

Иметь практический опыт::

Уровень 1	анализ состояния устройств и приборов для ремонта и наладки оборудования.
-----------	---

ПК 3.6: Производить настройку и регулировку устройств и приборов для ремонта оборудования электрических установок и сетей

Знать:

Уровень 1	технология, принципы и порядок настройки и регулировки устройств и приборов для ремонта оборудования электроустановок и линий электроснабжения.
-----------	---

Уметь:

Уровень 1	регулировать устройства и приборы для ремонта оборудования электроустановок и производить при необходимости их разборку и сборку.
-----------	---

Иметь практический опыт::

Уровень 1	разборка, сборка, регулировка и настройка приборов для ремонта оборудования электроустановок и линий электроснабжения.
-----------	--

ПК 4.1: Обеспечивать безопасное производство плановых и аварийных работ в электрических установках и

Знать:

Уровень 1	правила безопасного производства отдельных видов работ в электроустановках и электрических сетях.
-----------	---

Уметь:

Уровень 1	обеспечивать безопасные условия труда при производстве работ в электроустановках и электрических сетях при плановых и аварийных работах.
-----------	--

Иметь практический опыт::

Уровень 1	подготовка рабочих мест для безопасного производства работ.
-----------	---

В результате освоения дисциплины (МДК, ПМ) обучающийся должен

3.1	Знать:
------------	---------------

3.1.1	- актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить; основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте; алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях; методы работы в профессиональной и смежных сферах; структуру плана для решения задач; порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности (ОК1)
3.1.2	- номенклатура информационных источников применяемых в профессиональной деятельности; приемы структурирования информации; формат оформления результатов поиска информации (ОК2)
3.1.3	- особенности социального и культурного контекста; правила оформления документов и построения устных сообщений (ОК3)
3.1.4	- психологические основы деятельности коллектива, психологические особенности личности; основы проектной деятельности (ОК4)
3.1.5	- содержание актуальной нормативно-правовой документации; современная научная и профессиональная терминология; возможные траектории профессионального развития и самообразования (ОК5)
3.1.6	- сущность гражданско-патриотической позиции, общечеловеческих ценностей; значимость профессиональной деятельности по специальности (ОК6)
3.1.7	- правила экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности; основные ресурсы, задействованные в профессиональной деятельности; пути обеспечения ресурсосбережения (ОК7)
3.1.8	- роль физической культуры в общекультурном, профессиональном и социальном развитии человека; основы здорового образа жизни; условия профессиональной деятельности и зоны риска физического здоровья для специальности средства профилактики перенапряжения (ОК8)
3.1.9	- современные средства и устройства информатизации; порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности (ОК9)
3.1.10	- правила построения простых и сложных предложений на профессиональные темы; основные общеупотребительные глаголы (бытовая и профессиональная лексика); лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности; особенности произношения; правила чтения текстов профессиональной направленности (ОК10)
3.1.11	- основы предпринимательской деятельности; основы финансовой грамотности; правила разработки бизнес-планов; порядок выстраивания презентации; кредитные банковские продукты (ОК11)
3.1.12	- основные положения правил технической эксплуатации электроустановок;
3.1.13	- виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения.
3.1.14	- виды работ и технологию обслуживания трансформаторов и преобразователей.
3.1.15	- виды и технологии работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств
3.1.16	- эксплуатационно-технические основы линий электропередачи, виды и технологии работ по их
3.1.17	- устройство оборудования электроустановок;
3.1.18	- условные графические обозначения элементов электрических схем;
3.1.19	- логику построения схем, типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок.
3.1.20	- виды ремонтов оборудования устройств электроснабжения.
3.1.21	- методы диагностики и устранения неисправностей в устройствах электроснабжения.
3.1.22	- технологию ремонта оборудования устройств электроснабжения
3.1.23	- методические, нормативные и руководящие материалы по организации учета и методам обработки расчетной документации
3.1.24	- порядок проверки и анализа состояния устройств и приборов для ремонта и наладки оборудования электроустановок.
3.1.25	- регулировать устройства и приборы для ремонта оборудования электроустановок и производить при необходимости их разборку и сборку.
3.1.26	- правила безопасного производства отдельных видов работ в электроустановках и электрических сетях.
3.2	Уметь:
3.2.1	- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части; определять этапы решения задачи; выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы; составить план действия; определить необходимые ресурсы; владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах; реализовать составленный план; оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника) (ОК1)

3.2.2	- определять задачи для поиска информации; определять необходимые источники информации; планировать процесс поиска; структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации; оценивать практическую значимость результатов поиска; оформлять результаты поиска (ОК2)
-------	---

3.2.3	- определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности; применять современную научную профессиональную терминологию; определять и выстраивать траектории профессионального развития и самообразования (ОК3)
3.2.4	- организовывать работу коллектива и команды; взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности (ОК4)
3.2.5	- грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе (ОК5)
3.2.6	- описывать значимость специальности (ОК6)
3.2.7	- соблюдать нормы экологической безопасности; определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности (ОК7)
3.2.8	- использовать физкультурно-оздоровительную деятельность для укрепления здоровья, достижения жизненных и профессиональных целей; применять рациональные приемы двигательных функций в профессиональной деятельности; пользоваться средствами профилактики перенапряжения характерными для данной специальности (ОК8)
3.2.9	- применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач; использовать современное программное обеспечение (ОК9)
3.2.10	- понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы; участвовать в диалогах на знакомые общие и профессиональные темы; строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности; кратко обосновывать и объяснить свои действия (текущие и планируемые); писать простые связные сообщения на знакомые или интересующие профессиональные темы (ОК10)
3.2.11	- выявлять достоинства и недостатки коммерческой идеи; презентовать идеи открытия собственного дела в профессиональной деятельности; оформлять бизнес-план; рассчитывать размеры выплат по процентным ставкам кредитования; определять инвестиционную привлекательность коммерческих идей в рамках профессиональной деятельности; презентовать бизнес-идею; определять источники финансирования (ОК11)
3.2.12	-разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей;
3.2.13	- вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных
3.2.14	- обеспечивать выполнение работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической
3.2.15	- обеспечивать проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок.
3.2.16	- контролировать состояние воздушных и кабельных линий, организовывать и проводить работы по их техническому обслуживанию.
3.2.17	- выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование; оформлять отчеты о проделанной работе.
3.2.18	- выполнять требования по планированию и организации ремонта оборудования;
3.2.19	- выявлять и устранять неисправности в устройствах электроснабжения, выполнять основные виды работ по их ремонту.
3.2.20	- устранять выявленные повреждения и отклонения от нормы в работе оборудования.
3.2.21	- составлять расчетные документы по ремонту оборудования;рассчитывать основные экономические показатели деятельности производственного подразделения.
3.2.22	- проверять приборы и устройства для ремонта и наладки оборудования электроустановок и выявлять возможные неисправности.
3.2.23	- обеспечивать безопасные условия труда при производстве работ в электроустановках и электрических сетях при плановых и аварийных работах.
3.2.24	- регулировать устройства и приборы для ремонта оборудования электроустановок и производить при необходимости их разборку и сборку.
3.3	Иметь практический опыт:
3.3.1	- проведением анализа сложных ситуаций при решении задач профессиональной деятельности (ОК1)
3.3.2	- планированием информационного поиска из широкого набора источников, необходимого для выполнения профессиональных задач (ОК2)
3.3.3	- актуальной нормативно-правовой документацией по профессии (специальности) (ОК3)
3.3.4	- приемами участия в деловом общении для эффективного решения деловых задач (ОК4)
3.3.5	- навыками коммуникации в профессиональной области; методами совершенствования навыков грамотного письма и говорения (ОК5)
3.3.6	- информацией о значимости своей профессии (специальности) (ОК6)

3.3.7	- приемами эффективных действий в опасных и чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и социального характера (ОК7)
-------	---

3.3.8	- навыками в использовании средств физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержании необходимого уровня физической подготовленности (ОК8)
3.3.9	- навыками применения средств информационных технологий для решения профессиональных задач (ОК9)
3.3.10	- правилами построения простых и сложных предложений на профессиональные темы; основные общеупотребительные глаголы (бытовая и профессиональная лексика); лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности; особенности произношения; правила чтения текстов профессиональной направленности (ОК10)
3.3.11	- составлять электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей;
3.3.12	- модернизация схем электрических устройств подстанций;
3.3.13	- техническое обслуживание трансформаторов и преобразователей электрической энергии.
3.3.14	- техническое обслуживание трансформаторов и преобразователей электрической энергии.
3.3.15	- обслуживать оборудование распределительных устройств электроустановок.
3.3.16	- эксплуатация воздушных и кабельных линий электропередачи.
3.3.17	- применять инструкции и нормативные правила при составлении отчетов и разработке технологических документов
3.3.18	- составлять планы ремонта оборудования; организация ремонтных работ оборудования электроустановок.
3.3.19	- обнаруживать и устранять повреждения и неисправности оборудования электроустановок.
3.3.20	- производство работ по ремонту устройств электроснабжения, разборке, сборке и регулировке отдельных аппаратов.
3.3.21	- рассчитывать стоимость затрат материально-технических, трудовых и финансовых ресурсов на ремонт устройств электроснабжения.
3.3.22	- анализ состояния устройств и приборов для ремонта и наладки оборудования.
3.3.23	- подготовка рабочих мест для безопасного производства работ.
3.3.24	- разборка, сборка, регулировка и настройка приборов для ремонта оборудования электроустановок и линий электроснабжения.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МДК, ПМ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Примечание
	Раздел 1. Основы металловедения.					
1.1	Раздел 1 Основы металловедения. Классификация металлов. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.3 Э1	

1.2	Раздел 1 Основы металловедения. Свойства металлов: физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Э1	
1.3	Раздел 1 Основы металловедения. Основы теории сплавов /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
1.4	Раздел 1 Основы металловедения. Углеродистые стали. Классификация углеродистых сталей. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.3 Э1	
1.5	Раздел 1 Основы металловедения. Легированные стали, их классификация. Влияние легирующих элементов на свойства сталей. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.2 Э1	

1.6	Раздел 1 Основы металловедения. Маркировка легированных сталей. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.2 Э1	
1.7	Раздел 1 Основы металловедения. Чугуны. Виды чугунов. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.2 Э1	
1.8	Раздел 1 Основы металловедения. Цветные металлы и их сплавы. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.2 Э1	
1.9	Раздел 1 Основы металловедения. Медные сплавы, их маркировка. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.2 Э1	

1.10	Раздел 1 Основы металловедения. Алюминиевые сплавы. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Э1	
1.11	Раздел 1 Основы металловедения. Магниеые сплавы. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Э1	
1.12	Раздел 1 Основы металловедения. Антифрикционные (подшипниковые) сплавы. /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
1.13	Раздел 1. Основы металловедения. Практическое занятие №1 Определение режима отжига, закалки и отпуска стали /Пр/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.3 Э1	

1.14	Раздел 1. Основы металловедения. Практическое занятие №2 Выбор марки сплава для несущего троса контактной сети. /Пр/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Э1	
1.15	Раздел 1. Основы металловедения. Лабораторное занятие №1 Определение твердости металлов. /Лаб/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.2 Э1	
1.16	Раздел 1. Основы металловедения. Лабораторное занятие №2 Исследование микроструктуры углеродистых сталей. /Лаб/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.2 Э1	
1.17	Раздел 1. Основы металловедения. Лабораторное занятие №3 Исследование микроструктуры чугунов. /Лаб/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.2 Л1.3 Э1	

1.18	Раздел 1. Основы металловедения. Лабораторное занятие №4 Исследование микроструктуры цветных сплавов /Лаб/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.2 Э1	
	Раздел 2. Способы обработки металлов.					
2.1	Раздел 2. Способы обработки металлов. Обработки металлов давлением /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Э1	
2.2	Раздел 2. Способы обработки металлов. Обработка металла резанием /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	

2.3	Раздел 2. Способы обработки металлов. Литейное производство /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
-----	--	-----	---	--	-------------------------	--

2.4	Раздел 2. Способы обработки металлов. Технология получения отливок /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.5	Раздел 2. Способы обработки металлов. Сварочное производство /Лек/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.6	Раздел 2. Способы обработки металлов. Практическое занятие №3 «Выбор марки материала и способа его обработки для конкретных деталей» /Пр/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.7	Раздел 2. Способы обработки металлов. Электротехнические материалы. /Ср/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	

2.8	Раздел 2. Способы обработки металлов. Проводниковые, полупроводниковые, диэлектрические и магнитные материалы. /Ср/	1/1	3	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.9	Раздел 2. Способы обработки металлов. Экипировочные материалы. Виды топлива. Смазочные материалы. /Ср/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.10	Раздел 2. Способы обработки металлов. Полимерные материалы. Строение и основные свойства полимеров. /Ср/	1/1	3	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.11	Раздел 2. Способы обработки металлов. Композиционные материалы. Виды и свойства композиционных материалов. /Ср/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	

2.12	Раздел 2. Способы обработки металлов. Защитные материалы. Виды защитных материалов. /Ср/	1/1	2	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	
2.13	Консультация /Конс/	1/1	4	ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Размещен в приложении

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МДК, ПМ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины (МДК, ПМ)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Бондаренко Г.Г., Кабанова Т.А., Рыбалко В.В., Бондаренко В.А.	Материаловедение: учеб. для бакалавров	Москва: Юрайт, 2014,
Л1.2	Адаскин А.М., Седов Ю.Е., Онегина А.К., Климов В.Н.	Материаловедение в машиностроении: учеб. для бакалавров	Москва: Юрайт, 2014,
Л1.3	Власова И.Л.	Материаловедение: учебное пособие	М. : ФГБОУ "УМЦ ЖДТ", 2016,

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (МДК, ПМ)

Э1	Материаловедение	http://materiall.ru
----	------------------	---

6.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (МДК, ПМ), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

6.3.1 Перечень программного обеспечения

ABBY FineReader 11 Corporate Edition - Программа для распознавания текста, договор СЛ-46
Office Pro Plus 2007 - Пакет офисных программ, лиц.45525415
Visio Pro 2007 - Векторный графический редактор, редактор диаграмм и блок-схем, лиц.45525415

Windows XP - Операционная система, лиц. 46107380
WinRAR - Архиватор, лиц. LO9-2108, б/с

Аудитория	Назначение	Оснащение
406 (ФСПО-ХТЖТ)	лаборатория Материаловедения	комплект мебели (рабочее место преподавателя) - стол-1 шт, стул- 1шт; комплект мебели (рабочие места обучающихся) - стол -11шт; стулья – 28шт. стенды (испытание на твердость, испытание на ударную вязкость, температурный режим термической обработки по диаграмме «железо- цементит», статические испытания на растяжение, термическая обработка быстрорежущей стали, пороки древесины, правила техники безопасности проведения лабораторных работ, естественные каменные материалы, диэлектрики, проводники, периодическая система элементов Д.М. Менделеева, диаграмма Fe – FeC, породообразующие минералы, инструкция по технике безопасности, керамические материалы); измерительные приборы (пресс Бринелля, прибор Роквелла, маятниковый копер, шкаф сушильный, макеты кристаллических решеток, муфельная печь); наглядные пособия (электротехническая керамика, электротехническое стекло, химико-термическая обработка, легированные стали, кристаллическая структура металла, испытание на твердость, твердые сплавы, высокочастотная закалка, изотермическая обработка, углеродистые стали, свободнаяковка, прокатка, дуговая наплавка, дефекты сварных швов, абразивный инструмент, швы сварных соединений, область применения нефтяных масел, выплавка стали в электропечах, микроструктура стального слитка, притирка, марتنевская печь, контейнер с наборами планшето, магнитные материалы, основные характеристики, электроизоляционных материалов, диаграмма изотермического превращения, изотермическая сталь V8 (0.8% C), окисление стали после выдержки

229 (ФСПО-ХТЖТ)	Кабинет Информатики	Компьютерный стол-13шт; стул мягкий-13шт; парта школьная-8шт; персональный компьютер, рабочая станция Kraftway Kreda VIA C 7 (системный блок монитор, клавиатура, мышь) -12шт; персональный компьютер, рабочая станция b-tronix(intel Corei5)-1шт; Лицензионное ПО: Windows XP, 7 - DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 года) Renewal 1203984220 Контракт ПО-2 _ 389 от 29.08.2016 - 3года Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows - 356-160615-113525-730-94 Контракт 240 от 14.06.2016 – 3года Лицензия Office Professional Plus 2007 Russian OLP NL AE Заявка ДП00000113 от 17.09.08 – бессрочно Свободное ПО: Adobe Reader X – Adobe Proprietary Adobe EULA 27.02.2011 7-Zip GNU LGPL 27.06.2007 Mozilla Firefox GNU LGPL 27.06.2007 Google Chrome Google Proprietary Gimp GNU LGPL 27.06.2007
-----------------	---------------------	--

Аудитория	Назначение	Оснащение
		Notepad++ GPL v2 июнь 1991 OpenOffice AL v2 январь 2004 Paint.NET EULA 16.04.2017 Коммутатор D-Link-1шт; проектор Epson-1шт; сетевой фильтр-7шт.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МДК, ПМ)

Для успешного освоения междисциплинарного курса:

- Не пропускать аудиторные занятия.

- Если пропущена лекция, то восстановить ее (переписать), самостоятельно изучить пропущенную тему по конспекту, учебной и учебно-методической литературе.

-Если пропущено практическое или лабораторное занятие, то самостоятельно выполнить пропущенное занятие.

- Соблюдать сроки выполнения самостоятельной работы.

- Соблюдать сроки промежуточной аттестации.

Проведение учебного процесса может быть организовано с использованием ЭИОС университета и в цифровой среде (группы в социальных сетях, электронная почта, видеосвязь и др. платформы). Учебные занятия с применением ДОТ проходят в соответствии с утвержденным расписанием. Текущий контроль и промежуточная аттестация обучающихся проводится с применением ДОТ.

**Оценочные материалы при формировании рабочей программы
дисциплины ОП.5 Материаловедение**

1. Описание показателей, критериев и шкал оценивания компетенций.

1.1. Показатели и критерии оценивания компетенций

ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11

ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5

ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1

Объект оценки	Уровни сформированности компетенций	Критерий оценивания результатов обучения
Обучающийся	Низкий уровень Пороговый уровень Повышенный уровень Высокий уровень	Уровень результатов обучения не ниже порогового

1.2. Шкалы оценивания компетенций

ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11

ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5

ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1 при дифференцированного зачета (устный опрос)

Достигнутый уровень результата обучения	Характеристика уровня сформированности компетенций	Шкала оценивания
		Экзамен или зачет с оценкой
Низкий уровень	Обучающийся: -обнаружил пробелы в знаниях основного учебно-программного материала; -допустил принципиальные ошибки в выполнении заданий, предусмотренных программой; -не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании программы без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	Неудовлетворительно
Пороговый уровень	Обучающийся: -обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и предстоящей профессиональной деятельности; -справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой; -знаком с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; -допустил неточности в ответе на вопросы и при выполнении заданий по учебно-программному материалу, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Удовлетворительно
Повышенный уровень	Обучающийся: - обнаружил полное знание учебно-программного материала; -успешно выполнил задания, предусмотренные программой; -усвоил основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; -показал систематический характер знаний учебно-программного материала; -способен к самостоятельному пополнению знаний по учебно-программному материалу и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Хорошо
Высокий уровень	Обучающийся: -обнаружил всесторонние, систематические и глубокие знания учебно-программного материала; -умеет свободно выполнять задания, предусмотренные	Отлично

	программой; -ознакомился с дополнительной литературой; -усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплин и их значение для приобретения профессии; -проявил творческие способности в понимании учебно-программного материала.	
--	---	--

1.3. Описание шкал оценивания

Компетенции обучающегося оценивается следующим образом:

Планируемый уровень результатов освоения	Содержание шкалы оценивания достигнутого уровня результата обучения			
	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
	Не зачтено	Зачтено	Зачтено	Зачтено
Знать	Неспособность обучающегося самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения.	Обучающийся способен самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения.	Обучающийся демонстрирует способность к самостоятельному применению знаний при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель, и при его консультативной поддержке в части современных проблем.	Обучающийся демонстрирует способность к самостоятельному применению знаний в выборе способа решения неизвестных или нестандартных заданий и при консультативной поддержке в части междисциплинарных связей.
Уметь	Отсутствие у обучающегося самостоятельности в применении умений по использованию методов освоения учебной дисциплины.	Обучающийся демонстрирует самостоятельность в применении умений решения учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем.	Обучающийся продемонстрирует самостоятельное применение умений решения заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель, и при его консультативной поддержке в части современных проблем.	Обучающийся демонстрирует самостоятельное применение умений решения неизвестных или нестандартных заданий и при консультативной поддержке преподавателя в части междисциплинарных связей.
Владеть	Неспособность самостоятельно проявить навык решения поставленной задачи по стандартному образцу повторно.	Обучающийся демонстрирует самостоятельность в применении навыка по заданиям, решение которых было показано преподавателем.	Обучающийся демонстрирует самостоятельное применение навыка решения заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель, и при его консультативной поддержке в части современных проблем.	Обучающийся демонстрирует самостоятельное применение навыка решения неизвестных или нестандартных заданий и при консультативной поддержке преподавателя в части междисциплинарных связей.

2. Примерный перечень вопросов к дифференцированному зачёту (устному опросу).

2.1 Примерный перечень вопросов к дифференцированному зачёту (устному опросу).

Компетенции ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11
 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 ПК 3.4 ПК 3.5 ПК 3.6 ПК 4.1

1. Внутреннее строение металлов и сплавов, их свойства.
2. Черные металлы. Виды сталей, чугунов, их свойства.
3. Понятие диаграммы состояния сплавов. Основные линии.
4. Цветные сплавы. Виды сплавов. Особенности.
5. Расшифровка сталей, цветных сплавов.
6. Сущность микроанализа металлов, подготовка микрошлифов.

7. Определение твердости металлов. (метод Бринелля)
8. Понятие проводников. Группы проводников. Их применение.
9. Проводники высокой проводимости. Особенности, применение.
10. Проводники высокого сопротивления. Особенности применения.
11. Жаростойкие проводники, металлокерамика. Применение.
12. Электроугольные изделия, материалы для контактов.
13. Конструкция силового кабеля.
14. Расшифровка марок кабеля.
15. Классификация электроматериалов. Определение механических характеристик.
16. Физико-химические, тепловые характеристики материалов.
17. Электрические характеристики материалов.
18. Жидкие диэлектрики. Назначение, группы, применение. Особенности проводимости, пробоя.
19. Нефтяные электроизоляционные масла. Особенности, назначение.
20. Синтетические жидкие диэлектрики.
21. Нагревостойкие твердые диэлектрики.
22. Полимеризационные диэлектрики.
23. Поликонденсационные диэлектрики.
24. Понятие лака. Группы лаков. Применение.
25. Электроизоляционные эмали, компаунды. Виды компаундов.
26. Силикатные стекла. Группы. Применение.
27. Асбест. Область применения.
28. Слюдавые материалы. Особенности, применение.
29. Старение жидких диэлектриков. Правила хранения.
30. Пластмассы. Слоистые пластики. Применение.
31. Газообразные диэлектрики. Процесс проводимости в газообразных диэлектриках.
32. Пробой газообразного диэлектрика. Применение.
33. Электрокерамика. Применение.
34. Лакоткани. Их группы.
35. Группы проводов. Расшифровка марок.
36. Полупроводниковые материалы (простые и сложные). Их применение.
37. Понятие p-n перехода. Применение.
38. Характерные свойства полупроводников.
39. Группы магнитных материалов. Их особенности.
40. Основные свойства ферритов. Применение.
41. Собственная и примесная электропроводимость полупроводников.
42. Донорная и акцепторная примеси полупроводников.
43. Проводимость p-n перехода в зависимости от подключения источника напряжения.
44. Магнитотвердые материалы. Применение.
45. Магнитомягкие материалы. Применение.
46. Применение полупроводниковых материалов.
47. Факторы, влияющие на электропроводимость полупроводников.
48. Назначение флюсов, припоев, маркировка.
49. Процесс сварки. Виды сварки.
50. Лужение.
51. Обработка материалов давлением.
52. Обработка материалов резанием.
53. Компаунды. Виды. Применение.
54. Резина. Особенности. Применение.
55. Обмоточные провода. Группы. Марки.
56. Установочные провода. Марки.
57. Монтажные провода. Марки.
58. Структурные составляющие сталей (феррит, перлит и др.), определение и виды стали.
59. Структурные составляющие чугунов, определение и виды чугуна.
60. Классификация диэлектриков.
61. Определение электрической прочности, вязкости трансформаторного масла.
62. Процесс литья.
63. Выбор флюса, припоя для пайки различных материалов.
64. Магнитные характеристики.
65. Понятие термической резки металлов, виды термической резки.
66. Сущность процесса газокислородной резки, ее разновидности.
67. Применение термической резки металлов.

3. Тестовые задания. Оценка по результатам тестирования

3.1. Примерные задания теста к дифференцированному зачёту (устному опросу).

Компетенции ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 05 ОК 06 ОК 07 ОК 08 ОК 09 ОК 10 ОК 11

ТЕСТ_1

1. Число 59 в марке латуни Л59 обозначает
 - содержание цинка, %
 - предел прочности при растяжении, кгс/мм²
 - содержание олова, %
 - содержание меди, %
2. Силуминами называют сплавы алюминия с...
 - магнием
 - железом
 - кремнием
 - медью
3. Конструкционными улучшаемыми сталями являются
 - 08Х18Н10Т, Х28
 - 15, 18ХГТ
 - 30ХГСА, 40ХН2МА
 - Х12М, Р6М5
4. Технологические процессы изменения формы и размеров заготовок под действием внешних сил, вызывающих пластическую деформацию, называются...
 - обработкой металлов давлением
 - литьем
 - сваркой
 - термической обработкой
5. Структура ферритного серого чугуна при комнатной температуре
 - феррито-перлит и графитовые включения хлопьевидной формы
 - феррит и включения цементита пластинчатой формы
 - феррит и графитовые включения пластинчатой формы
 - перлит, ледеburит и вторичный цементит
6. Буква «А» в маркировке стали 18Х2Н4ВА означает, что сталь...
 - является автоматной
 - является высококачественной
 - является особо высококачественной
 - содержит азот в качестве легирующего элемента
7. Эвтектической смесью является
 - ледеburит
 - перлит
 - цементит
 - аустенитс
8. Термическая обработка, заключающаяся в нагреве стали 45 выше линии А_{с3}, выдержке и охлаждении на воздухе, называется...
 - нормализацией
 - гомогенизирующим отжигом
 - закалкой
 - полным отжигом
9. Диффузией называется
 - перенос вещества, обусловленный беспорядочным тепловым движением частиц
 - способность вещества существовать в различных кристаллических модификациях
 - зависимость свойств от направления, являющаяся результатом упорядоченного расположения атомов (ионов) в пространстве
 - поверхностный дефект строения кристаллической решетки
10. Сорбит отличается от перлита...
 - фазовым составом
 - более высокой дисперсностью структуры
 - меньшей твердостью
 - формой частиц цементита

ТЕСТ_2

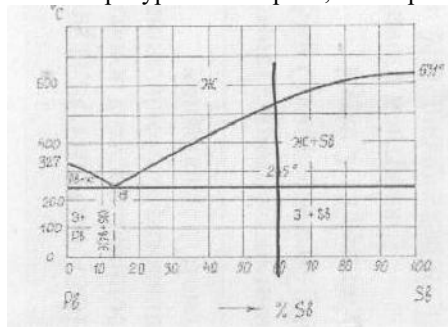
1. Высокой свариваемостью обладают стали...
 - высокоуглеродистые
 - чугуны
 - низкоуглеродистые
 - высоколегированные
2. Форму поперечного сечения продукции, получаемой при прокладке, называют

- профилем
 - слитком
 - поковкой
 - отливкой
3. Неметаллическим проводниковым материалов является...
- железо
 - кремний
 - сера
 - графит
4. При повышении температуры электропроводность полупроводниковых материалов...
- не изменяется
 - изменяется немонотонно
 - увеличивается
 - уменьшается
5. Для изготовления порошковых магнитных материалов используют...
- порошковую металлургию
 - литье
 - пирометаллургию
 - гидрометаллургию
6. Баллон для хранения и транспортировки кислорода окрашен в цвет...
- белый
 - голубой
 - красный
 - черный
7. Свариваемость стали с повышением содержания углерода...
- не изменяется
 - улучшается до некоторого значения, а затем не меняется
 - улучшается
 - ухудшается
8. Стали с содержанием легирующих элементов менее 2,5% относятся к...
- низколегированным
 - высокоуглеродистым
 - углеродистым
 - среднелегированным
9. Для устранения наклепа после холодной пластической деформации применяют...
- гомогенизирующий отжиг
 - закалку
 - нормализацию
 - рекристаллизационный отжиг
10. Коррозионно-стойкими являются стали...
- 40ХН2МА и 55С2
 - У10А и Х12М
 - 15Х28 и 12Х18Н10Т
 - 20 и 18ХГТ

ТЕСТ_3

1. Наполнители вводят в состав резин для...
- повышения прочности, износостойкости, снижения стоимости
 - замедления процесса старения
 - облегчения процесса переработки резиновой смеси
 - формирования сетчатой структуры
2. По содержанию углерода сталь ШХ15 является
- высокоуглеродистой
 - среднеуглеродистой
 - низкоуглеродистой
 - безуглеродистой
3. Критериями жаропрочности материала являются...
- скорость окисления на воздухе при заданной температуре
 - предел текучести и ударная вязкость
 - предел длительной прочности и предел ползучести
 - предел выносливости и живучесть
4. Для устранения дендритной ликвации слитков стали применяют...
- нормализацию
 - закалку

- гомогенизирующий отжиг
 - улучшение
5. Технологический процесс получения фасонных отливок путем заполнения жидким металлом заранее приготовленных форм называется...
- плавлением
 - формовкой
 - литьем
 - кристаллизацией
6. Магнитные ферриты получают методом...
- пирометаллургии
 - порошковой металлургии
 - гидрометаллургии
 - гидролизом
7. Первые цифры в маркировке чугуна указывают значения...
- предела текучести
 - относительного удлинения
 - временного сопротивления
 - содержания углерода в сотых долях процента
8. Температурный интервал, в котором протекает кристаллизация сплава 60% Sb+40%Pb, составляет...

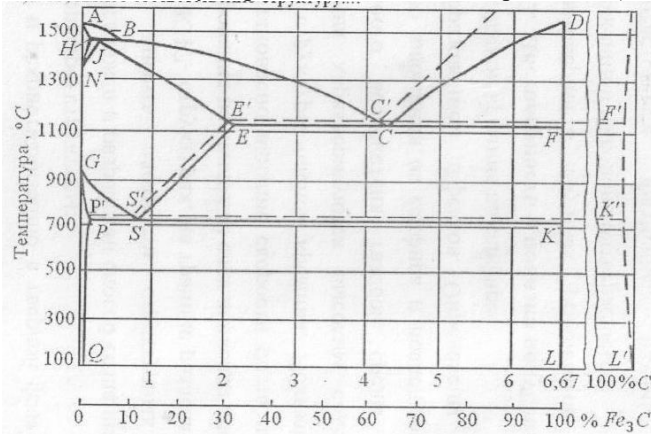


- (430-20)°C
 - (540-245)°C
 - (430-245)°C
 - (631-245)°C
9. Сплавом, для которого используется литье под давлением, является...
- алюминиевый сплав
 - сталь
 - никелевый сплав
 - чугун
10. Цементацию проводят с целью...
- повышения твердости и износостойкости поверхностного слоя
 - получения мелкозернистой структуры сердцевины
 - повышения содержания углерода
 - увеличения пластичности поверхностного слоя

ТЕСТ_4

1. Нормализация отличается от отжига...
- скоростью охлаждения
 - скоростью нагрева
 - продолжительностью выдержки
 - температурой нагрева
2. Наиболее экономично изготавливать чугунные трубы способом...
- литья в парных опоках
 - литья под давлением
 - центробежного литья
 - литья в оболочковые формы

3. Медленно охлажденные углеродистые стали, содержащие а) 1,2%С и б) 0,8%С, имеют соответственно



структуру...

- а) феррит; б) феррит+перлит
- а) перлит+цементит; б) феррит+перлит
- а) перлит+цементит; б) перлит
- а) феррит+перлит; б) перлит

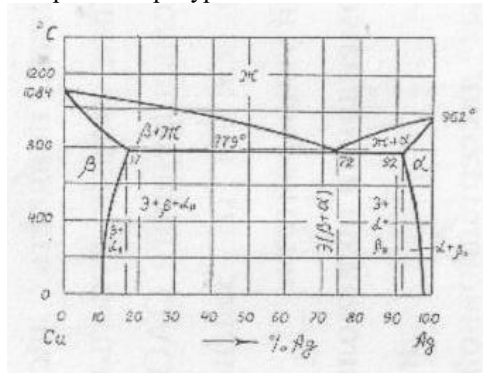
4. Наиболее высокой магнитной способностью обладает...

- железо
- медь
- вольфрам
- алюминий

5. Способность материалы восстанавливать первоначальную форму и прежние размеры после прекращения действия сил, вызвавших данное изменение формы, называется...

- прочностью
- упругостью
- ударной вязкостью
- пластичностью

6. При температуре 779°C в сплавах системы медь – серебро протекает превращение...



- эвтектическое, Ж'' эвтектика (a+b)+a+bII
- эвтектоидное, Ж'' эвтектоид (a+b)
- эвтектоидное, Ж'' твердый раствор (a+b)
- эвтектическое, Ж'' эвтектика (a+b)

7. Технологический процесс получения неразъемных соединений за счет межатомных и межмолекулярных сил связи называется...

- прокаткой
- ковкой
- сваркой
- литьем

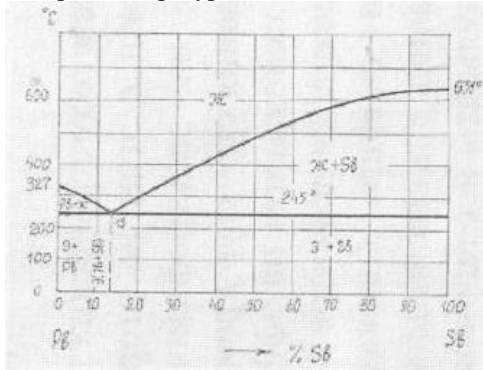
8. Содержание углерода в эвтектоидной стали составляет...

- 4,3%
- 0,8%
- 6,67%
- 2,14%

9. Линия ABCD диаграммы «железо-цементит» - это линия...

- эвтектического превращения
- ликвидус
- солидус
- эвтектоидного превращения

10. При температуре 245°C в сплавах системы Sb-Pb протекает превращение...



- перитектоидное
- эвтектическое
- перитектическое
- эвтектоидное

ТЕСТ_5

1. При медленном охлаждении эвтектоидной стали аустенит превращается в...

- мартенсит
- перлит
- бейнит
- троостит

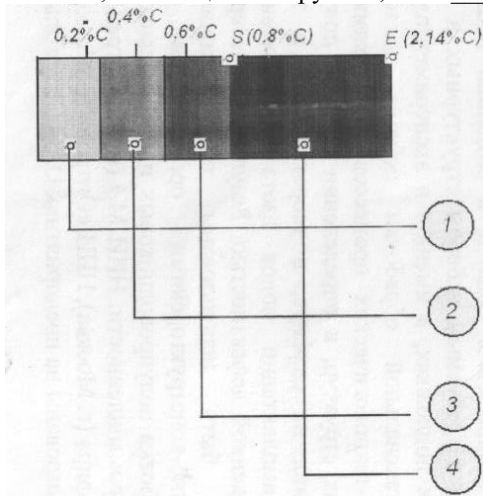
2. Насыщение поверхностного слоя углеродом называется...

- цианированием
- улучшением
- нормализацией
- цементацией

3. Материалами для изоляции токопроводящих частей являются...

- полупроводники
- проводники
- магнитные
- диэлектрики

4. Стали, относящиеся к группе 1, - это _____ стали



- конструкционные (машиностроительные)
- строительные
- инструментальные

- пружинно-рессорные
5. Самым теплопроводным металлом (из перечисленных) является...
- алюминий
 - титан
 - медь
 - магний
6. При увеличении скорости охлаждения аустенита в температурном интервале перлитного превращения последовательно образуются...
- перли, троостит, мартенсит
 - троостит, сорбит, перлит
 - перлит, бейнит, мартенсит
 - перлит, сорбит, троостит
7. Высокий отпуск применяют для...
- осей автомобилей
 - режущего инструмента
 - пружин и рессор
 - мерительного инструмента
8. Марка сплава меди и олова, содержащего 4% олова и 3% цинка...
- БрОЦ4-З
 - Бр93Ц3-О4
 - ЛОЦ 4-3
 - Бр93О-Ц
9. Высоким удельным электрическим сопротивлением обладают...
- диэлектрики
 - полупроводники
 - проводники
 - чистые металлы
10. В белых чугунах при комнатной температуре углерод содержится в виде...
- хлопьевидного графита
 - глобулярного графита
 - пластинчатого графита
 - цемента
11. При увеличении содержания углерода в стали...
- твердость и пластичность уменьшаются
 - твердость уменьшается, пластичность – увеличивается
 - твердость и пластичность увеличиваются
 - ✓ твердость увеличивается, пластичность – уменьшается
12. Стабилизатор вводят в состав пластмасс для...
- повышения прочности
 - формирования требуемой структуры материала
 - уменьшения усадки
 - ✓ защиты полимеров от старения
13. САП является...
- антифрикционным чугуном
 - термореактивной пластмассой с порошковым наполнителем
 - антифрикционным материалом на основе меди
 - ✓ дисперсно-упрочненным композиционным материалом на основе алюминия
14. Вулканизация – это...
- ✓ процесс «сшивания макромолекул» каучука поперечными связями
 - разрушение и унос полимерного материала при воздействии горячего газового потока
 - структурирование полимерных материалов под действием радиации
 - деструкция макромолекул каучука под действием нагрева
15. Для изделий, получаемых холодной штамповкой, целесообразно использовать сталь...
- ШХ15
 - ✓ 08кп
 - 40ХН2МА
 - А22
16. Термическая обработка, используемая для обеспечения высокой твердости и стабилизации размеров материального инструмента...
- нормализация, низкий отпуск
 - индукционная закалка, низкий отпуск
 - улучшение

✓ закалка, обработка холодом, низкий отпуск

17.Аморфные вещества...

- кристаллизуются и плавятся при определенной температуре
- ✓ не имеют дальнего порядка в расположении частиц
- имеют высокую электропроводность
- анизотропны

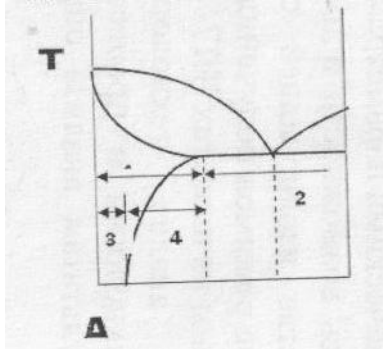
18.Микроструктура заэвтектоидной стали после медленного охлаждения состоит из...

- феррита
- перлита
- ✓ перлита и цементита
- феррита и перлита

19.Сплав БрАЖ9-4 является бронзой...

- бериллиевой
- кремнистой
- оловянной
- ✓ алюминиевой

На диаграмме состояния «алюминий – легирующий элемент» литейным сплавам соответствует область...



✓ 2

- 1
- 3
- 4

20.Сплав БК2 – это...

- белый чугун, содержащий 2% кремния
- бронза, содержащая 2% кремния
- ✓ кальциевый баббит
- сталь, содержащая 2% Со, в состоянии поставки Б

21.Сплавом на основе титана является...

- 18ХГТ
- ✓ ВТ22
- 12Х18Н10Т
- Т30К4

22.Твердость низкоуглеродистой стали можно повысить...

- нормализацией
- ✓ цементацией и закалкой ТВЧ
- объемной закалкой
- закалкой ТВЧ

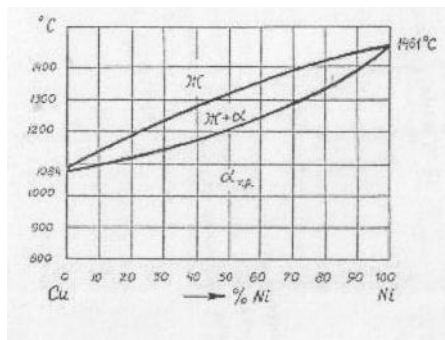
23.Полимеры, необратимо затвердевающие в результате протекания химических реакций, называются...

- ✓ термореактивными
- полярными
- термопластичными
- гетероцепными

24.При легировании стали хромом, марганцем...

- повышается пластичность
- понижается порог хладноломкости
- ✓ повышается прокаливаемость
- увеличивается критическая скорость закалки

25.Металлы Cu и Ni в твердом состоянии образуют...



- эвтектику
- механическую смесь
- химическое соединение
- ✓ твердый раствор замещения

26. Из нижеперечисленных наибольшую твердость в отожженном состоянии имеет сталь...

- 10
- 30
- ✓ У12
- 60

27. Сталью обыкновенного качества является...

- ✓ Ст1пс
- сталь 45
- У10
- 30ХГСНА

28. При медленном охлаждении эвтектоидной стали аустенит превращается в...

- троостит
- бейнит
- ✓ перлит
- мартенсит

29. Термообработка заэвтектоидной стали, состоящая из нагрева до температуры выше линии A_{C1} , но ниже линии A_{Cm} , выдержке и охлаждении со скоростью выше критической – это...

- ✓ неполная закалка
- полная закалка
- полный отжиг
- неполный отжиг

30. Алитирование – это насыщение поверхностного слоя металла...

- кремнием
- ✓ алюминием
- углеродом
- азотом

31. Аустенит имеет кристаллическую решетку...

- тетрагональную
- ОЦК
- гексагональную плотноупакованную
- ✓ ГЦК

32. Жидкое стекло вводится в состав стержневых смесей...

- для повышения газопроницаемости
- как катализатор
- для повышения пластичности
- ✓ как связующее

33. Белые чугуны отличаются от серых...

- ✓ наличием в структуре химически связанного углерода в виде цементита
- ферритной структурой основы
- наличием аустенитной фазы
- высокой пластичностью и вязкостью

34. При наклепе плотность дислокаций...

- не меняется
- изменяется
- уменьшается
- ✓ увеличивается

35. Структура доэвтектоидной стали после полной закалки и среднего отпуска-

- перлит
- мартенсит отпуска
- мартенсит отпуска+цементит
- ✓ троостит отпуска

36. Органоволокниты – это композиционные материалы, состоящие из...

- металлической матрицы и наполнителя в виде синтетических волокон
- полимерной матрицы и наполнителя в виде металлической проволоки
- полимерной матрицы и наполнителя в виде углеродных волокон
- ✓ полимерной матрицы и наполнителя в виде синтетических волокон

37. Для изготовления подшипников скольжения можно использовать...

- ударопрочный полистирол
- винипласт
- ✓ фторопласт-4
- полиэтилен

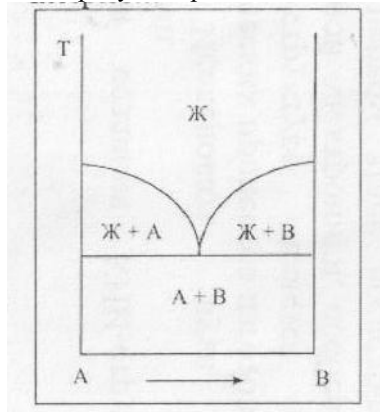
38. Из нижеперечисленных сталей наибольшей износостойкостью обладает...

- 40Х
- ✓ ШХ15СГ
- 50
- А20

39. Сплав меди с цинком называется...

- мельхиором
- ✓ латунью
- силумином
- бронзой

40. На рисунке представлена диаграмма состояния сплава, компоненты которого:



- ограниченно растворимы в твердом состоянии
- ✓ практически не растворимы в твердом состоянии
- неограниченно растворимы в твердом состоянии
- образуют химическое соединение

41. Свойством, которым обладает медь, является...

- хрупкость
- ✓ низкое электросопротивление
- плохая обрабатываемость
- низкая стойкость к коррозии

42. Эвтектической смесью является...

- ✓ ледебурит
- перлит
- цементит
- аустенит

При температурах выше точки Кюри у материалов ферромагнитные свойства

43. • уменьшаются

- усиливаются

✓ **исчезают**

- не меняются

44. Сплав марки БрА5 – это...

- алюминиевый сплав, содержащий 5% бериллия

✓ **алюминиевая бронза, содержащая 5% алюминия**

- высококачественная сталь, легированная неодимом и бором
- быстрорежущая сталь, содержащая 5% вольфрама

45. Содержание углерода в чугунах...

- от 0,8 до 2,14%
- менее 2,14%
- более 4,3%

✓ **более 2,14%**

46. Термопластичные полимеры имеют структуру...

- сферолитную
- сетчатую
- линейную

✓ **фибрилярную**

47. Вакансия является дефектом...

- поверхностным
- объемным
- ✓ **точечным**
- линейным

18. Технологический процесс получения неразъемных соединений за счет межатомных и межмолекулярных сил называется...

✓ **сваркой**

- прокаткой
- литьем
- ковкой

49. Макромолекулы резины имеют строение...

- редкосетчатое

✓ **разветвленное**

- линейное
- лестничное

50. Неполный отжиг заэвтектоидных сталей проводят при температурах...

- 160-180 °C

✓ **750-780 °C**

- 660-680 °C
- 1100-1200 °C

51. Закалочные напряжения будут меньше после охлаждения в ...

✓ **масле**

- воде с добавлением соли
- обычной воде
- ледяной воде

52. Недостатками баббитов являются

- высокий коэффициент трения
- ✓ **низкая прочность, плохое сопротивление усталости**
- плохая прирабатываемость
- высокая твердость

53. Стабилизаторы (антиоксиданты) вводят в состав резин для...

✓ **замедления процесса старения**

- облегчения процесса переработки резиновой смеси
- формирования сетчатой структуры
- повышения эластичности и морозостойкости

54. Среди нижеперечисленных сталей лучшей свариваемостью обладает...

- У8

✓ **08**

- Ст45
- 55ПП

55. Троостит отличается от перлита...

- формой частиц цементита
- меньшей твердостью
- фазовым составом
- ✓ более высокой дисперсностью структуры

56. Структуру перлит + ледебурит + вторичный цементит при комнатной температуре имеет...

- ✓ доэвтектический белый чугун
- эвтектический белый чугун
- серый чугун
- заэвтектический белый чугун

57. Перлитное превращение в углеродистых сталях протекает при температуре...

- 1499°C
- 1147°C
- ✓ 727°C
- 911°C

58. Термореактивные полимеры после отверждения имеют структуру...

- линейную
- ✓ пространственную («сшитую»)
- фибриллярную
- кристаллическую

59. Теплостойкие резины получают на основе...

- бутадиенового каучука
- натурального каучука
- изопренового каучука
- ✓ полисилоксановых соединений

60. Ферромагнитные материалы обладают структурой...

- кристаллической
- ✓ доменной
- синтетической
- мартенситной

61. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы получают...

- экструзией
- литьем под давлением
- методами обработки давлением
- ✓ методами порошковой металлургии

62. В сверхпроводящее состояние не переходят при самых низких температурах, металлы:

- Zn, Sn
- Ag, Cu
- Nb, Pb
- ✓ Al, Ni

63. Процесс соединения молекул мономеров с образованием макромолекул полимеров без выделения побочных продуктов называется...

- ✓ полимеризацией
- вулканизация
- структурирование
- поликонденсацией

3.2. Соответствие между бальной системой и системой оценивания по результатам тестирования устанавливается посредством следующей таблицы:

Объект оценки	Показатели оценивания результатов обучения	Оценка	Уровень результатов обучения
Обучающийся	60 баллов и менее	«Неудовлетворительно»	Низкий уровень
	74 – 61 баллов	«Удовлетворительно»	Пороговый уровень
	84 – 77 баллов	«Хорошо»	Повышенный уровень
	100 – 85 баллов	«Отлично»	Высокий уровень

4. Оценка ответа обучающегося на вопросы дифференцированного зачёта (устного опроса)

Элементы оценивания	Содержание шкалы оценивания			
	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Соответствие ответов формулировкам вопросов (заданий)	Полное несоответствие по всем вопросам	Значительные погрешности	Незначительные погрешности	Полное соответствие
Структура, последовательность и логика ответа. Умение четко, понятно, грамотно и свободно излагать свои мысли	Полное несоответствие критерию.	Значительное несоответствие критерию	Незначительное несоответствие критерию	Соответствие критерию при ответе на все вопросы.
Знание нормативных, правовых документов и специальной литературы	Полное незнание нормативной и правовой базы и специальной литературы	Имеют место существенные упущения (незнание большей части из документов и специальной литературы по названию, содержанию и т.д.).	Имеют место несущественные упущения и незнание отдельных (единичных) работ из числа обязательной литературы.	Полное соответствие данному критерию ответов на все вопросы.
Умение увязывать теорию с практикой, в том числе в области профессиональной работы	Умение связать теорию с практикой работы не проявляется.	Умение связать вопросы теории и практики проявляется редко.	Умение связать вопросы теории и практики в основном проявляется.	Полное соответствие данному критерию. Способность интегрировать знания и привлекать сведения из различных научных сфер
Качество ответов на дополнительные вопросы	На все дополнительные вопросы преподавателя даны неверные ответы.	Ответы на большую часть дополнительных вопросов преподавателя даны неверно.	1. Даны неполные ответы на дополнительные вопросы преподавателя. 2. Дан один неверный ответ на дополнительные вопросы преподавателя.	Даны верные ответы на все дополнительные вопросы преподавателя.

Примечание: итоговая оценка формируется как средняя арифметическая результатов элементов оценивания.

5. Лабораторные и практические работы (примеры). Оценка по результатам выполнения лабораторных и практических работ для дифференцированного зачёта

Лабораторное занятие №1

Тема: Определение твердости и ударной вязкости углеродистой стали.

Цель занятия: Приобрести навыки в определении твердости металлов на твердомере типа ТШ (приборе Бринелля).

Оборудование и материалы:

Для выполнения лабораторной работы необходимо иметь:

1. Твердомер шариковый ТШ (прибор Бринелля);
2. Лупу для измерения отпечатков;
3. Два комплекта образцов из стали марок У8 и У12, размером 50x50x80 мм каждый. **Задание 1.**
Изучить устройство и работу твердомера типа ТШ; 2. Определить твердость стальных образцов.

Ход работы

1. Подготовка образцов материала к испытанию.
2. Определение диаметра шарика D, величины нагрузки P и времени выдержки t производится при помощи таблицы 1.

3. Подготовка прибора Бринелля к испытаниям.
4. Работа с прибором при испытаниях.
5. Определение показателя твердости.

Методические указания

Твердость является одним из основных механических свойств любого конструкционного материала. Твердостью называется сопротивление материала проникновению в него другого тела более твердого, не получающего остаточных деформаций. Существуют следующие методы испытания твердости: метод вдавливания и метод упругой отдачи.

При испытании твердости методом вдавливания применяются приборы Бринелля (твердомер ТШ), Роквелла (твердомер ТК), Виккерса, а также прибор для измерения микротвердости. При испытании твердости методом упругой отдачи применяются приборы Поляди, Шора. Прибор Бринелля применяется для определения твердости отожженных стальных изделий, а также изделий из цветных металлов и сплавов. Прибор Роквелла более универсальный, он применяется для определения твердости закаленных стальных изделий. Прибором Виккерса пользуются в основном при измерении твердости тонких изделий, например деталей часов, тончайших лент или поверхностных слоев азотированных или цианированных изделий. Прибор для измерения микротвердости МТ применяют в тех случаях, когда необходимо определить твердость отдельных структурно - составляющих.

Выбор твердомера зависит от размера испытываемой детали, от твердости металла и других факторов.

Определение твердости металлов твердомером ТШ (прибором Бринелля). Процесс измерения твердости твердомером ТШ состоит из следующих основных последовательно выполняемых операций.

1. **Подготовка образцов материала к испытанию.** Образец материала должен иметь параллельные поверхности (испытываемую и опорную), без окалины, ржавчины или каких либо неровностей. При необходимости указанные поверхности подвергаются специальной зачистке или обработке наждачной бумагой, шлифовальным кругом или напильником, при этом образец не должен нагреваться выше 150° С. Минимальная толщина образца материала должна быть не менее десятикратной глубины отпечатка.

Таблица 1 Выбор диаметра шарика и нагрузки

Материал	Интервал твердости в числах Бринелля	Толщина испытываемого образца, мм	Соотношение между нагрузкой p и диаметром шарика	Диаметр шарика D , мм	Нагрузка p , кгс	Выдержка под нагрузкой, с
Черные металлы	140 - 450	$6 \div 3 \ 4 \div 2$ <2	$p = 30D^2$	10 5 2,5	3000 750 187,5	10
То же	<140	$>6 \ 6 \div 3$ <2	$p = 10D^2$	10 5 2,5	1000 250 62,5	10
Цветные металлы	>130	$6 \div 3 \ 4 \div 2$ <2	$p = 10D^2$	10 5 2,5	3000 750 187,5	30
То же	35 - 130	$9 \div 3 \ 6 \div 3$ <3	$p = 10D^2$	10 5 2,5	1000 250 62,5	30
То же	8 - 35	$>6 \ 5 \div 3$ <3	$p = 2,5D^2$	10 5 2,5	250 62,5 15,6	60

2. Определение диаметра шарика D , величины нагрузки p и времени выдержки t производится при помощи таблицы 1. (ГОСТ 9012 - 59).

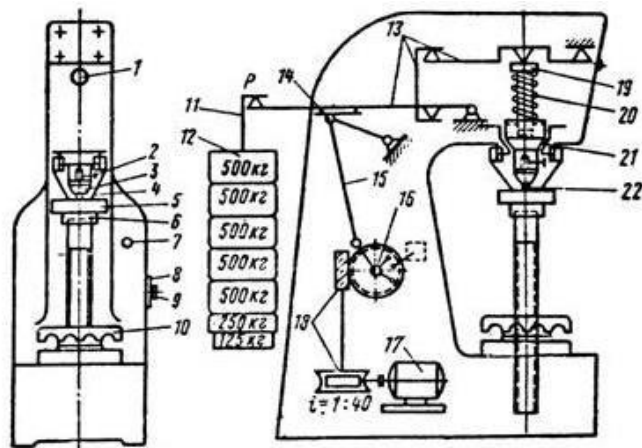


Рис. 1 Схема устройства твердомера ТШ (прибора Бринелля)

3. **Подготовка прибора Бринелля к испытаниям.** Шарик, выбранный в соответствии с таблицей 1, закрепляют в держателе 3 (рис. 1) и устанавливают необходимую нагрузку p на приборе.

Нагрузка создается массой рычажной системы 13, подвески 11 и сменными грузами 12. В зависимости от формы испытываемого образца подбирают опорный столик 6. Измерение твердости плоских образцов производится на плоском столике, а цилиндрических - на призматическом. После этого соответствующим перемещением подвижной

чашки 8 по отношению шкалы, расположенной на станине прибора, устанавливают время выдержки образца под нагрузкой. Чашка 8 в нужном положении закрепляется винтом 9.

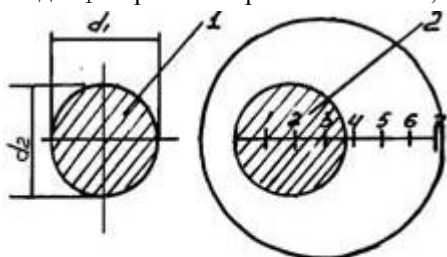
4. **Работа с прибором при испытании.** Испытуемый образец материала 5 устанавливается на столике 6 таким образом, чтобы центр отпечатка располагался от края образца на расстоянии не менее 2,5 диаметра, а центра соседнего отпечатка - не менее 4 диаметров отпечатков. Затем подводят образец к шарiku, для чего вращают маховик 10 до упора образца в ограничитель 4, а при отсутствии последнего - до сжатия пружины 20. При этом между конусной частью втулки шпинделя 21 и гнездом станины прибора образуется зазор, исключающий трение втулки о станину в процессе вдавливания шарика в образец. Нажатием кнопки 7 включается электродвигатель 17, который через червячный редуктор 18, кривошипный вал 16 и шатун 15 отводит вниз ролик 14. Вследствие этого действия нагрузки p через систему рычагов 13, шпиндель 21 сообщается шариковому наконечнику 22. Этот момент фиксируется загоранием лампочки 1. После соответствующей выдержки испытуемого образца под действием нагрузки p вращение мотора автоматически переключается па обратное: ролик 14 перемещается вверх, вращает рычаги 13 в исходное до нагрузки шарика положение, мотор автоматически выключается и лампочка 1 гаснет.

5. **Определение показателя твердости.** Столик прибора путем вращения маховика 10 против часовой стрелки опускают вниз. Образец снимают и с помощью оптической лупы измеряют диаметр отпечатка в двух взаимно перпендикулярных направлениях d_1 и d_2 (рис. 2).

Диаметр отпечатка принимается как среднее из двух измерений, т.е.

$$d_{cp} = (d_1 + d_2) / 2,$$

где d_1 - первое измерение отпечатка, мм; d_2 - второе измерение отпечатка, мм.



Точность измерения диаметра отпечатка при испытании шариками диаметром 10 и 5 мм должна быть не менее 0,05 мм, а при испытании шариком диаметром 2,5 - 0,01 мм. Диаметры отпечатков должны находиться в пределах $0,2D < d < 0,6D$. В случае не соблюдения этого условия испытание повторяется с шариком другого диаметра. Твердость образца материала определяется по формуле:

$$HB = \frac{2p}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d_{cp}^2})}$$

Рис. 2 Измерение отпечатка:

1 - полученный отпечаток на поверхности образца; 2 - положение отпечатка в поле зрения лупы при измерении диаметров

где HB - твердость образца материала, кгс/мм²; p — нагрузка при испытании, кгс; D - диаметр шарика, мм; d_{cp} - принятое значение диаметра отпечатка, мм.

Для ускорения вычисления HB по диаметрам отпечатка можно пользоваться специальной таблицей (таблица 2). Максимальная твердость испытуемых

металлов HB 450. Испытание более твердых металлов повлечет за собой деформацию шарика, твердость которого HB 650.

Испытания на твердость одного и того же образца производится дважды. При повторном испытании центр отпечатка должен размещаться от предыдущего отпечатка на расстоянии не менее двух диаметров шарика.

Порядок выполнения работы на приборе Бринелля. Выбрав четыре образца отоженной стали и три образца цветных сплавов (например, сталь 10, 45, У8А, У12; БрОФ-10-1; Л - 68, Д16), произвести испытания твердости в соответствии с вышеуказанными рекомендациями. Результаты испытаний занести в протокол:

Протокол № _____

испытания на твердость твердомером типа ТШ (прибором Бринелля)

№ об ра з ц	м а т е р и а л о б р а з ц	№ от п е ч а т к а	Условия испытания			Диаметр отпечатка			Твердость HB		Пр и м е ч а н и я
			на гр уз ка на об ра зе ц, кг	ди а м е т р ш ар ик а,	вр е м я в ы д е р ж к а ж к а	пе р в о е из м е р е н и е	вт ор ое из м е р е н и е	ср е д н е е н и е	по д с чи та н н ая по ф о р у л	вз ят ая по ГО СТ у	

Таблица 2

Диаметр отпечатка d_1 или $2d_5$, или $4d_{2,5}$	Число твердости по Бринеллю при нагрузке p (кгс), равной			Диаметр отпечатка d_1 или $2d_5$, или $4d_{2,5}$	Число твердости по Бринеллю при нагрузке p (кгс), равной		
	$30D^2$	$10D^2$	$2,5D^2$		$30D^2$	$10D^2$	$2,5D^2$
2,90	444	--	--	4,45	183	60,9	15,2
2,95	429	--	-- 34,6	4,50	179	59,5	14,9
3,00	415	--	33,4	4,55	174	58,1	14,5
3,05	401	--	32,3	4,60	170	56,8	14,5
3,10	388	129	31,7	4,65	167	55,5	13,9
3,13	380	127	31,3	4,70	163	54,3	13,6
3,15	375	125	30,3	4,75	159	53,0	13,3
3,20	363	121	29,3	4,80	156	51,9	13,0
3,25	352	117	28,4	4,85	152	50,7	12,7
3,30	341	114	27,6	4,90	149	49,6	12,4
3,35	331	110	26,7	4,95	146	48,6	12,2
3,40	321	107	25,9	5,00	143	47,5	11,9
3,45	311	104	25,2	5,05	140	46,5	11,6
3,50	302	101	24,5	5,10	137	45,5	11,4
3,55	293	97,7	23,7	5,15	134	44,6	11,2
3,60	285	95,0	23,1	5,20	131	43,7	10,9
3,65	277	92,3	22,4	5,25	128	42,8	10,7
3,70	269	89,7	21,8	5,30	126	41,9	10,5
3,75	262	87,2	21,2	5,35	123	41,0	10,3
3,80	255	84,9	20,7	5,40	121	40,2	10,1
3,85	248	82,6	20,1	5,45	118	39,4	9,86
3,90	241	80,4	19,6	5,50	116	38,6	9,66
3,95	235	78,3	19,1	5,55	114	37,9	9,46
4,00	229	76,3	18,6	5,60	111	37,1	9,27
4,05	223	74,3	18,1	5,65	109	36,4	9,10
4,10	217	72,4	17,6	5,70	107	35,7	8,93
4,15	212	70,6	17,2	5,75	105	35,0	8,80
4,20	207	68,8	16,8	5,80	103	34,3	8,59
4,25	201	67,1	16,4	5,85	101	33,7	8,43
4,30	197	65,5	16,0	5,90	99,2	33,1	8,26
4,35	192	63,9	15,6	5,95	97,3	32,4	8,11
4,40	187	62,4		6,00	95,5	31,8	7,96

Примечания: 1. Обозначения $2d_5$ и $4d_{2,5}$ указывают, что для отыскания по таблице числа твердости при испытании шариком в 5 мм диаметр отпечатка надо умножить на 2, а при испытании шариком в 2,5 мм — на 4. Например, для отпечатка 1,65 мм, полученного при испытании шариком в 5 мм под нагрузкой 750 кгс, число твердости следует искать в таблице для отпечатка 3,30 мм ($2 \cdot 1,65 = 3,30$); оно равно 341.

2. Общего точного метода перевода чисел твердости по Бринеллю на числа твердости по другим шкалам или на прочность при растяжении не существует. Поэтому следует избегать таких переводов, за исключением частных случаев, когда благодаря сравнительным испытаниям имеется надежная основа для перевода.

Лабораторное занятие №2

Тема: Исследование микроструктуры стали и чугуна.

Цель занятия: Изучить работу металломикроскопа. Изучить строение углеродистых сталей и чугунов.

Оборудование и материалы: Для выполнения лабораторной работы необходимо иметь:

1. Металлографические микроскопы МИМ-6 или МИМ-7;

2. Комплект микрошлифов сталей и чугунов;

3. Альбом фотографий микроструктур сталей и чугунов. **Задание**

1. Ознакомиться с устройством и работой металломикроскопа.

2. Изучить методику изготовления микрошлифов.

3. Просмотреть под микроскопом микрошлифы сталей У5, У8, У12 в отожженном состоянии. Дать характеристику структурных составляющих и сделать зарисовки.

4. Просмотреть под микроскопом микрошлифы чугуна доэвтектического, эвтектического, заэвтектического. Дать характеристику структур серых и белых чугунов и сделать зарисовки структур чугунов, просматриваемых под микроскопом.

Ход работы

1. Выписать применение микроанализа.
2. Ознакомиться с устройством и работой металломикроскопа.
3. Кратко выписать порядок изготовления микрошлифов.
4. Рассмотреть фотографии микроструктур углеродистых сталей. Зарисовать микроструктуры доэвтектоидной, эвтектоидной, заэвтектоидной сталей. Записать определения их структурных составляющих.
5. Рассмотреть фотографии микроструктур чугунов. Зарисовать микроструктуры доэвтектического, эвтектического, заэвтектического чугунов. Записать определения их структурных составляющих.
6. Вычертить диаграмму состояния железо - цементит, указать местоположение рассмотренных сплавов.
7. Заполнить протоколы для сталей и чугунов. **Методические указания**

Металлографический метод испытаний применяется для изучения внутреннего строения металлов и сплавов при помощи макрокопических и микрокопических анализов. Макроанализ применяют при выборе места взятия пробы для микроанализа, при выявлении пористости, раковин, трещин, включений, неоднородностей по химическому составу и пр. Микроанализ - это исследование металлов и сплавов на специальных образцах (микрошлифах) с помощью металломикроскопов при увеличениях до 2000 раз.

Микроанализ применяют в основном для выявления состава структурных составляющих и изменений внутреннего строения сплавов, происходящих под влиянием различных режимов термической и химикотермической обработки, а также после внешнего механического воздействия на сплав.

Приготовление микрошлифов. Образцы для микроанализа вырезают из того места, которое является наиболее важным в эксплуатационных условиях исследуемого металла или детали.

Образцы изготавливают цилиндрической ($d=10$ мм и $h=15$ мм) или прямоугольной формы ($10 \times 10 \times 15$ мм) пилой или карборундовыми дисками или электроискровым способом, в зависимости от твердости материала. Одну из плоскостей образца обрабатывают напильником или на абразивном круге; затем эту же плоскость шлифуют до выведения рисок шлифовальными шкурками различных номеров с постепенно уменьшающимися размерами зерен абразива или на вращающихся кругах специальными пастами.

После тщательного шлифования образец полируют на быстровращающихся дисках, обтянутых замшей, фетром или сукном, с применением полирующей смеси (взмученая в воде окись алюминия, окись хрома, окись железа или паста ГОИ); полирование производят до зеркального блеска. В настоящее время широко применяют электрополирование. Полированный шлиф подвергают травлению определенным химическим реактивом для выявления микроструктуры сплава. Реактивы для травления выбирают в зависимости от состава, структурного состояния сплавов и цели исследования.

Для травления поверхности шлифов существует много различных реактивов. Например, для образцов, изготовленных из сталей и чугунов, применяют:

- а) 5%-ный раствор азотной кислоты (HNO_3) в этиловом спирте;
- б) 4%-ный раствор пикриновой кислоты $[(\text{NO}_2)_3 \text{C}_6\text{H}_3\text{OH}]$ в спирте;
- в) пикрат натрия $[\text{NO}_2)_3\text{C}_6\text{H}_2\text{Na}]$ — стандартный реактив. применяется для того, чтобы отличить цементит от феррита;
- г) реактив, составленный из трех частей соляной кислоты (HCl) и одной части азотной кислоты (HNO_3). Реактив применяется для травления нержавеющей сталей, пользуются им через 24ч после приготовления.

Для образцов, изготовленных из медных сплавов, применяют: а) 8%-ный раствор хлорной меди (CuCl_2);

б) 3%-ный раствор хлорного железа (FeCl_3) в 10%-ном растворе соляной кислоты (HCl). Для баббитов и магниевых сплавов применяют:

- а) 2—4%-ный раствор азотной кислоты (HNO_3) в спирте;
- б) уксусный гликоль состава: 20% уксусной кислоты (CH_3COOH), 60% этиленгликоля ($\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$), 1% концентрированной азотной кислоты (HNO_3) и 19% воды. Уксусный гликоль применяется только для магниевых сплавов: через 5—30с после того, когда травитель будет нанесен на поверхность микрошлифа, его стирают ватой, затем шлиф промывают в горячей воде и высушивают.

Для алюминиевых сплавов: а) 0,5%-ный раствор фтористой кислоты в воде; б) смесь кислот: 1% HF , 2,5% HNO_3 , 1,5% HCl и 95% воды.

Для медных сплавов: а) 8%-ный аммиачный раствор CuCl_2 ; б) 3%-ный раствор FeCl_3 в 10%-ном растворе HCl .

Для баббитов и магниевых сплавов: а) 2—4%- ный раствор HNO_3 в спирте; б) уксусный гликоль из 20% уксусной кислоты, 60% этиленгликоля, 1% концентрированной азотной кислоты и 19% воды (применяется только для магниевых сплавов).

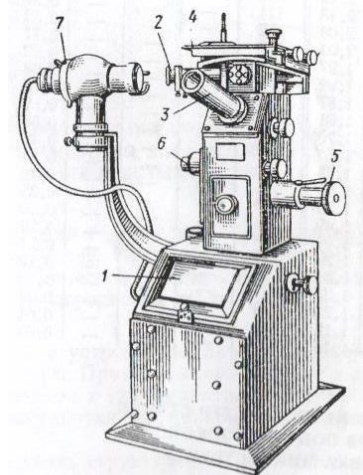


Рис. 1 Металлографический микроскоп МММ-6

Травление поверхности производится до ее потускнения, т. е. до тех пор, пока поверхность не примет ровный, слегка матовый оттенок без каких-либо пятен. Осуществляется травление либо погружением на 3—8с полированной поверхности микрошлифа в реактив, либо протиранием ее ватой, смоченной в реактиве и затем отжатой. После травления поверхность промывают в спирте и просушивают фильтровальной бумагой. При рассмотрении под микроскопом такой поверхности элементы структуры четко заметны.

Если структура выявлена не отчетливо, шлиф травят дополнительно.

На этом приготовление шлифа заканчивается.

Металломикроскопы. Для исследования микроструктуры металлов и сплавов применяют металлографические микроскопы, которые в отличие от биологических позволяют рассматривать при увеличении непрозрачные тела в отраженном свете. По устройству различают микроскопы вертикальные и горизонтальные. Промышленностью выпускаются вертикальные металлографические микроскопы

МИМ-5, МИМ-6, МИМ-7 и горизонтальные МИМ-3, МИМ-8 и др. Одним из наиболее распространенных металломикроскопов является МИМ-6 (рис. 1). При визуальном наблюдении этот микроскоп обеспечивает увеличение до 590 раз и 1416 - при фотографировании.

Лучи от источника света 2 (рис. 2), пройдя через коллектор 3, светофильтры 4, полуматовую пластинку 7, апертурную диаграмму 17, линзы 6, 8, 9 и полевую диафрагму 18; отражаются от пластины 10 и через объектив 12 попадают на шлиф 1. Отразившись от поверхности шлифа, лучи света вновь проходят через объектив 12 и с помощью отражательной призмы 11 направляются в окуляр 16, попадая таким образом в глаз наблюдателя.

Для перевода изображения на фотокамеру нужно с помощью рычага отодвинуть отражательную призму 11 и открыть фото затвор, при этом лучи проходят через фотоокуляр 13 и, отражаясь от зеркала 14, попадают на матовое стекло фотокамеры 15, вместо которого можно вставить подготовленную к съемке кассету.

При работе с микроскопом следует отрегулировать интенсивность освещения при помощи винтов колпачка 7 (см. рис. 1) и коллектора 3 (см. рис. 2). Для удаления или приближения объектива 12 к шлифу пользуются микрометрическим винтом 5 грубой наводки (см. рис. 1), а затем микрометрическим винтом 6 тонкой наводки. Шлиф перемещается при помощи винтов предметного столика 4, который движется во взаимно перпендикулярных направлениях. Используя вышеперечисленные подвижные части микроскопа, можно добиться четкого изображения структуры металла.

Характеристика структурно-составляющих сталей в равновесном состоянии. Под равновесным состоянием

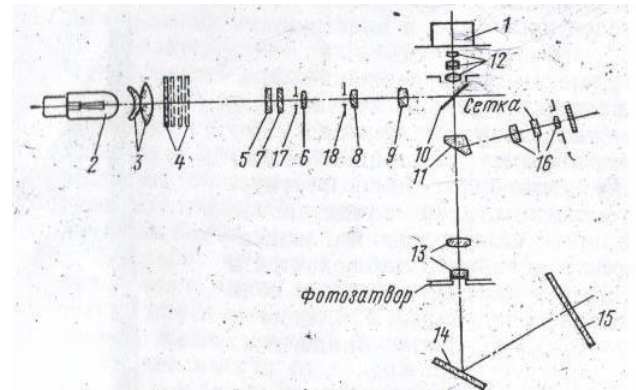


Рис. 2 Схема хода лучей в металлографическом микроскопе МИМ-6

сплава понимается такое его состояние, при котором все фазовые превращения в сплаве полностью закончились. Основой для определения фаз и структурных составляющих

железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии является диаграмма железо - цементит (рис. 3).

Структурными составляющими углеродистой стали после ее полного отжига являются следующие структуры.

Феррит - твердый раствор углерода в α - железе, является продуктом диффузного превращения аустенита при охлаждении его ниже температур, соответствующих GS.

Зерна феррита образуются первыми, и их размер в значительной степени зависит от скорости охлаждения аустенита. При рассмотрении в микроскопе феррит

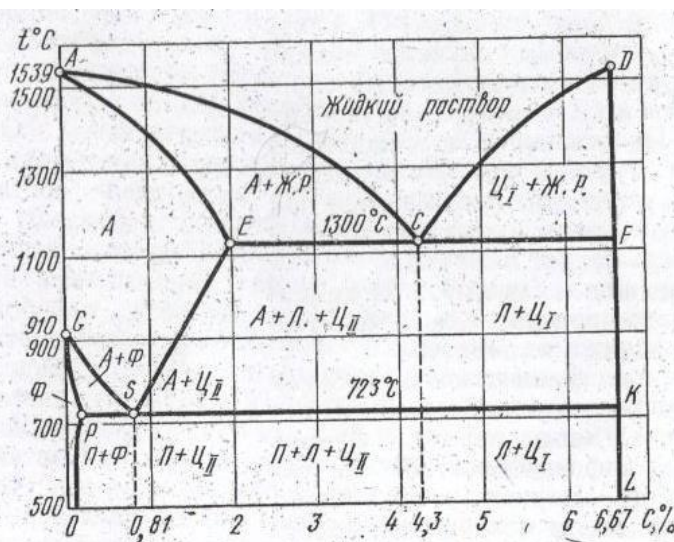


Рис. 3 Диаграмма состояния железо-цементит

наблюдается в виде светлых зерен неодинаковой яркости. Растворимость углерода в феррите достигает 0,025% и изменяется с изменением температуры. Феррит является пластичной составляющей структуры; его относительное удлинение $\delta = 50\%$. Твердость феррита ($HB = 60 \div 160$) зависит от концентрации в нем углерода и других растворенных элементов, от величины зерен, убывая с возрастанием последних.

Цементит (Fe_3C) - химическое соединение углерода с железом, или карбид железа. При рассмотрении под микроскопом он наблюдается в различных геометрических формах в виде пластин, мелких зерен и других структурных составляющих - перлита или феррита. Цементит травится реактивами медленнее, чем феррит, поэтому он как бы возвышается над последним и при рассмотрении под микроскопом кажется более светлым. Отличить цементит от феррита в сомнительных случаях можно путем травления шлифа пикратом натрия, который окрашивает цементит в темный цвет. Цементит самая твердая составляющая ($HB > 800$). Пластичность его ничтожно мала и практически равна нулю. Поэтому с возрастанием цементита в структуре стали, что наблюдается при увеличении концентрации в ней углерода, твердость стали повышается, а пластичность падает.

Перлит - эвтектоид, механическая смесь из цементита и феррита, образовавшаяся при распаде аустенита в результате медленного охлаждения последнего.

При изготовлении шлифа пластинки цементита, более твердого, чем феррит, сошлифовываются меньше и поэтому выступают из основной массы перлита. Феррит как мягкая составляющая сошлифовывается больше, что усиливается еще при травлении. Поэтому, рассматривая перлит под микроскопом при косом освещении, можно заметить чередующиеся между собой темные и светлые полосы. В зависимости от формы цементита различают: а) пластинчатый перлит, в котором цементит и феррит имеют форму пластин; б) зернистый перлит, в котором цементит имеет форму зерен, расположенных в феррите. Границы зерен и пластин наблюдаются в виде темных линий, которые образуются тенью от выступающих цементитных частиц.

Форма и размер цементных частиц в перлите существенно влияют на свойства стали. Так, например, зернистый перлит более пластичен, но имеет меньшую твердость, чем пластинчатый. Твердость зернистого перлита $HB 160 \div 220$, а пластинчатого $HB 300 \div 250$. Если размер цементитных частиц очень мал, то перлит в обычном металломикроскопе наблюдается в виде темных зерен, на которых нельзя заметить ни пластин, ни зерен цементита.

Структура углеродистой стали после ее полного отжига представляет собой совокупность рассмотренных выше структурных составляющих и должна соответствовать диаграмме железо — цементит.

Структура в отожженных доэвтектоидных сталях (содержание углерода до 0,8%) представляет собой феррит и перлит. При рассмотрении под микроскопом зерна феррита кажутся светлыми, а зерна перлита — темными. С увеличением содержания углерода количество зерен перлита увеличивается. С возрастанием перлитной составляющей в структуре доэвтектоидной стали повышается ее твердость и предел прочности, а пластичность уменьшается.

Отожженные эвтектоидные стали (содержание углерода 0,8%) полностью состоят из одной структурной составляющей - перлита (пластинчатого или зернистого). Твердость и предел прочности эвтектоидной стали выше, чем доэвтектоидной, пластичность ниже. Структура отожженных заэвтектоидных сталей представляет собой перлит + вторичный цементит. Последний в зависимости от режима термической обработки наблюдается в виде светлых, небольших по величине зерен либо в виде светлой сетки по границам зерен перлита. Строение и свойства перлита в заэвтектоидной стали аналогичны эвтектоидной стали.

Определение содержания углерода. По микроструктуре отожженной стали можно приближенно определить содержание в ней углерода. Структура отожженной доэвтектоидной стали, как уже указывалось, состоит из феррита и перлита, причем содержание углерода в феррите не превышает 0,006%, т. е. представляет собой весьма малую величину, которую можно не учитывать. Следовательно, весь углерод в отожженной доэвтектоидной стали содержится в перлите. Поскольку перлит и феррит имеют примерно одинаковый удельный объем, то можно, зная площадь, занимаемую на микрошлифе перлитом, определить процентное содержание углерода в стали. Если же вся структура отожженной стали состоит из перлита, то такая сталь содержит 0,8% углерода.

Для доэвтектоидной стали, находящейся в равновесном состоянии, количество углерода определяется по формуле:

$$C = \frac{S_{\text{п}} - 0,83}{100}$$

где С—количество углерода, %, $S_{\text{п}}$ —площадь, занимаемая перлитом, в процентах от общей площади поля зрения.

Структура заэвтектоидных сталей отличается величиной площади, занимаемой вторичным цементитом. Обычно эта площадь невелика, и определить ее на глаз затруднительно. Поэтому указанным способом определения процентного содержания углерода в заэвтектоидных сталях не пользуются.

Характеристика структурно-составляющих чугунов. Чугун представляет собой сплав железа с углеродом и некоторыми другими элементами. Углерода в чугуне содержится 2÷6,67%, в структуре он наблюдается в виде графита и цементита. Структура чугуна зависит от скорости его охлаждения и химического состава. По структуре, наблюдаемой в микроскопе, литейные чугуны делятся на белые, серые, высокопрочные.

Белые чугуны образуются при ускоренном охлаждении и имеют матово-белый цвет в изломе. В белом чугуне почти весь углерод находится в связанном соединении с железом в виде Цементита Fe_3C .

В зависимости от содержания углерода различают три класса белых чугунов:

доэвтекктический (содержание углерода меньше 4,3%), эвтекктический (углерода 4,3%) и заэвтекктический (углерода больше 4,3%).

Микроструктура доэвтекктического чугуна включает три структурные составляющие:

перлит, ледебурит и вторичный цементит. Перлит наблюдается в виде темных зерен, а ледебурит - в виде отдельных участков. Каждый такой участок представляет собой смесь мелких округленных или вытянутых темных зерен перлита, равномерно расположенных в белой цементитной основе. С увеличением концентрации углерода в доэвтекктическом чугуне доля ледебурита в структуре увеличивается за счет уменьшения участков структуры, занимаемых перлитом и вторичным цементитом. Вторичный цементит наблюдается в виде светлых зерен. Эвтекктический чугун состоит из одной структурной составляющей - ледебурита, представляющего собой равномерную механическую смесь перлита с цементитом.

Заэвтекктический чугун характеризуется двумя структурными составляющими - первичным цементитом и ледебуритом. С увеличением углерода количество первичного цементита в структуре возрастает. Характерная особенность структуры белого чугуна - наличие весьма твердых и мало пластичных составляющих: цементита и ледебурита. Поэтому белый чугун имеет высокую твердость, мало пластичен и плохо обрабатывается резцом. По указанным причинам его применение в машиностроении ограничено.

Серый чугун имеет в изломе серый цвет, что объясняется присутствием в его структуре графита. Структура серого чугуна представляет собой металлическую основу, пронизанную графитовыми включениями. Металлическая основа серого чугуна может быть ферритной, ферритно-перлитной и перлитной.

Ферритный чугун имеет структуру: феррит (светлая основа) - пластинчатый графит (темные пластинчатые включения). Ферритно-перлитный чугун - феррит (светлая основа), перлит (серая основа) и пластинчатый графит (темные пластинчатые включения). Перлитный серый чугун - перлит (серая основа), пластинчатый графит (темные пластинчатые включения).

Прочность графита в сером чугуне по сравнению с металлической основой ничтожно мала. Присутствие графита в чугуне равносильно надрезу - пустоте. Поэтому, чем равномернее расположены графитовые включения в металлической основе, чем они мельче и их форма ближе к округленной, тем меньше будет разобщена металлическая основа чугуна, и, следовательно, его прочность будет выше. Наличие графита, с одной стороны, снижает механические свойства чугуна, а с другой - повышает его износостойкость и способность поглощать вибрацию. Высокопрочный чугун при рассмотрении в металломикроскоп имеет следующую структуру: металлическую основу (перлит и феррит, цементит и перлит или феррит) и графитовые включения в виде округленного (глобулярного) графита. Такой чугун получается модифицированием с помощью магния или церия. Высокая прочность чугуна обеспечивается указанной формой графита и структурой металлической основы.

Ковкий чугун получается в результате отжига отливок, изготовленных из белого чугуна. В процессе отжига цементит, входящий в структуру белого чугуна, распадается на железо и графит. Образующийся при этом графит имеет

хлопьевидную форму (темные включения), что и обеспечивает хорошие пластические свойства чугуна. В зависимости от строения металлической основы различают перлитный, перлитно-ферритный и ферритный ковкие чугуны. Оформить работу с приложением зарисованных структур. В отчете должно быть отражено: цель работы, последовательность изготовления микрошлифов, оптическая схема микроскопа, характеристика структур исследуемых образцов. К отчету прилагается диаграмма железоуглеродистых сплавов с указанием местоположения исследуемых сплавов, а также протоколы с приложением структурных составляющих исследуемых образцов.

Протокол № _____

Стали	Марка	C, %	HВ	Реактив для травления	Название структур	Микроскоп
Доэвтектоидная						
Эвтектоидная						
Заэвтектоидная						

Протокол № _____

Чугуны	C, %	Реактив для травления	Название структур	Микроскоп
Доэвтектоидная				
Эвтектоидная				
Заэвтектоидная				

Лабораторное занятие №3

Тема: Исследование микроструктуры сплавов цветных металлов.

Цель работы: Изучить микроструктуру медных, алюминиевых, магниевых и антифрикционных сплавов.

Задание

- Изучить микроструктуру и свойства медных сплавов (латуни и бронзы); алюминиевых сплавов (дюралюминия и силумина); магниевых и антифрикционных сплавов.
- Зарисовать структуры изучаемых сплавов и проанализировать механические свойства этих сплавов. Изучить применение исследуемых сплавов.

Методические указания

Цветные сплавы. Сплавы на основе цветных металлов (медь, алюминий, магний, титан, никель и др.) обладают лучшими механическими и технологическими свойствами, чем чистые металлы, поэтому они нашли широкое применение в промышленности.

Медные сплавы-латуни и бронзы. Латунями называются сплавы меди с цинком, содержащие цинка не более 42%.

Чтобы придать латунным сплавам лучшие механические и технологические свойства, в них добавляют легирующие элементы — железо, никель, свинец, алюминий — от 2 до 8%. Такие латуни называются специальными. Наибольшее применение имеют латуни следующих марок: Л-62, Л-68 — для получения листов, предназначенных для изготовления деталей методом глубокой штамповки; Л-59, ЛС59-1 — для получения катаных и прессованных прутков, из которых изготавливают втулки, гайки, кольца и т. д. Из специальных латуней, благодаря высокой коррозионной стойкости и хорошим механическим свойствам, получила широкое применение латунь марки ЛО70-1.

Латуни, содержащие цинка до 39% — Л-96, Л-90, Л-80, Л-68, имеют с т р у к т у р у однородного раствора замещение цинка в меди, имеющего пространственную решетку куба с центрированными гранями. Такие латуни при изменениях температуры никаких фазовых превращений не имеют. Латуни, содержащие цинка от 39 до 45%, имеют структуру однородного раствора на базе электронного соединения CuZn пространственная решетка у них — центрированный куб (Л-59, Л-62). Латуни подвергают рекристаллизационному отжигу при температурах 600—700° С для снятия наклепа, полученного в процессе холодной деформации.

Б р о н з а м и называются сплавы меди с любыми элементами, кроме цинка. В зависимости от химического состава бронзы разделяются на простые оловянистые и специальные — безоловянистые. Для улучшения качества оловянистых бронз в них вводят свинец (повышает антифрикционные свойства и способствует лучшей обрабатываемости), цинк (улучшает литейные свойства), фосфор (повышает литейные, механические и антифрикционные свойства оловянистых бронз).

Бронзы, содержащие 22% олова, практически не применяют, так как они очень хрупки. Бронзы, обрабатываемые давлением, содержат не более 5—6% олова. Деформируемые оловянистые бронзы БрОФ 6,5-0,15, БрОЦ4-3, БрОЦС4-4-2,5 применяют для изготовления листов, проволоки, лент и прутков.

Литейные оловянистые бронзы БрОФ10-1, БрОЦ10-2, БрОЦСНЗ-7-5-1 идут на изготовление различных деталей машин, работающих в условиях морской воды, в условиях пара с давлением до 25 атм, а также вкладышей подшипников.

К специальным бронзам относятся алюминиевые марганцовистые, свинцовистые, кремниевые, бериллиевые и др. Они широко применяются в промышленности, так как обладают повышенной устойчивостью против коррозии, высокими механическими и технологическими свойствами.

Алюминиевые бронзы БрА5, БрА7, БрПМц9-2 применяют для изготовления лент, полос, трубок. Бронзы БрАЖН10-4-4Л, БрАЖ9-4Л применяют для фасонного литья. Добавки в бронзу никеля, железа, марганца повышают ее сопротивление коррозии и улучшают механические свойства, например: бронза БрАЖН10-4-4 в результате закалки в воде при температуре 920°С и последующего отпуска при температуре 650°С имеет НВ 200÷250.

Марганцовистая бронза БрМЦ5 сохраняет свои механические свойства при повышенных температурах (400—450°С) и применяется для изготовления направляющих втулок, седел клапанов и др.

Свинцовистая бронза БрС-30 обладает высокими антифрикционными свойствами и применяется для сильно нагруженных подшипников с большими удельными давлениями (например, коренные подшипники турбин).

Бериллиевая бронза БрБ-2 после закалки ($\tau = 820^\circ\text{C}$) и старения ($T = 300^\circ\text{C}$) имеет НВ 400 и применяется для изготовления пружин, мембран, инструментов, не дающих искру.

Структуры бронз сложные, они зависят от химического состава (качественного и количественного), а также от скорости охлаждения. Так, например, алюминиевые бронзы, содержащие до 9,8% Al (БрА7), при медленном охлаждении образуют однородный твердый раствор алюминия в меди. Сплавы, содержащие 9,8—15,2% Al (БрЖН-10-4-4), после закалки приобретают структуру типа мартенсита, а после отпуска структура сплавов будет состоять из тонких кристаллов механической смеси.

Алюминиевые сплавы обладают высокими механическими свойствами, небольшим удельным весом и устойчивы против коррозии. Различают две группы алюминиевых сплавов: литейные и деформируемые. Литейные сплавы применяют для изготовления литых деталей путем отливки в земляные и металлические формы. Деформируемые сплавы применяют для изготовления листов, проволоки, фасонных профилей и производства различных деталей путемковки, штамповки и прессования. Наиболее известные алюминиевые сплавы имеют марки: АЛ1, АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ6, АЛ7, АЛ8, АЛ9, АЛ11, АЛ12. Большую группу литейных сплавов с основной алюминием — кремний составляют силумины (АЛ2, АЛ4), которые обладают высокой жидкотекучестью и малой усадкой. Для получения плотной мелкозернистой структуры, а следовательно, и повышенных механических свойств сплав АЛ2 подвергают модифицированию, т. е. обработке расплавленного силумина металлическим натрием или смесью фтористых солей натрия и калия в количестве около 2% (по массе) от массы расплавленного сплава, сплав АЛ4 упрочняют термической обработкой.

Существуют литейные сплавы с основной алюминий — магний (АЛ7, АЛ12). Сплав АЛ12 применяют без термической обработки, а детали из сплава АЛ7 подвергают термической обработке.

С и л у м и н (АЛ2) — сплав алюминия с кремнием (10—13%). Структура немодифицированного силумина АЛ2 состоит из α -твердого раствора кремния в алюминии (основной светлый тон) и эвтектики $\alpha + \text{Si}$ (темные участки) грубого строения, в которой кремний находится в виде крупных игл. Структура модифицированного силумина АЛ2 мелкозернистая и состоит из первичных дендритов α -твердого раствора (светлый тон) и мелкой (дисперсной) эвтектики $\alpha + \text{Si}$ (темный тон).

Деформируемые алюминиевые сплавы разделяют на три группы: сплавы, не упрочняемые термической обработкой; сплавы, упрочняемые термической обработкой; сплавы дляковки и штамповки. К п е р в о й группе относятся сплавы алюминия с магнием и сплавы алюминия с марганцем (АМг, АМц). Они обладают высокой пластичностью, умеренной прочностью, повышенным сопротивлением коррозии и применяются для изготовления деталей методом глубокой штамповки. К о т о р о й группе относятся сплавы под названием дюралюминиевые (Д1, Д3, Д6, Д18 и т. д.). Основными компонентами этих сплавов являются медь и магний, так как они при термической обработке увеличивают прочность сплава.

Термическая обработка дюралюминия заключается в закалке с нагревом до температуры 500°С и охлаждением в воде с последующим естественным или искусственным старением, при котором происходит упрочнение сплава.

Естественное старение проводится при комнатной температуре в течение 4—6 суток, искусственное старение — при температурах 150—180°С с выдержкой от 2 до 12 ч.

К третьей группесплавов относятся сплавы АК2, АК6, легированные, кроме меди, магния, дополнительно никелем, вводимым в небольшом количестве для увеличения вязкости и прочности. Эти сплавы применяют для изготовления поршней авиационных двигателей, лопастей винтов, картеров двигателей и др. Для увеличения прочности поковок подвергают закалке при температуре 510—530°С и последующему старению при температуре 150—170°С в течение 12—14 ч. После закалки структура дюралюминия будет представлять перенасыщенный однородный твердый раствор, так как все упрочнители полностью растворяются в однородном α -растворе. В закаленном состоянии дюралюминий мягок, пластичен и легкодеформируется.

Магнелиевые сплавы представляют собой сплавы магния с алюминием, марганцем и цинком. Они применяются в промышленности — как литейные (МЛ2, МЛ3, МЛ4, МЛ5, МЛ6), так и деформируемые (МА1, МА2, МА3, МА4, МА5). Из указанных литейных сплавов наибольшее распространение получил сплав МЛ5, обладающий лучшей жидкотекучестью. Сплав можно отливать в землю, в металлические формы и под давлением для получения деталей различной конфигурации. Сплав МЛ5 для улучшения механических свойств закаляют (температура нагрева до 415°С, с последующим охлаждением на воздухе). Структура сплава после отливки в земляную форму состоит из зерен тройного твердого раствора алюминия и цинка в магнии (светлый фон) и включений Mg_4Al_3 по границам зерен твердого раствора. После закалки структура сплава состоит из однородных зерен тройного твердого раствора алюминия и цинка в магнии. Деформируемые магниевые сплавы имеют большую вязкость, пластичность и прочность, чем литейные сплавы, и применяются для изготовления кованных и штампованных деталей. Для улучшения свойств

магниевого сплава в них вводят в небольших количествах бериллий, титан и другие элементы и подвергают термической обработке.

Антифрикционные сплавы. Для уменьшения трения вращающихся частей вкладыши подшипников изготавливают из специальных металлов, к которым предъявляют особые требования; основные из них следующие: небольшой коэффициент трения с материалом вращающегося вала; микрокапиллярность, т. е. способность удерживать смазку; достаточная прочность, износостойкость и коррозионная стойкость. В качестве подшипниковых сплавов в зависимости от скорости вращения и удельного давления вала применяют следующие сплавы:

1. баббиты (на оловянной и свинцовой основах) Б83, Б16, БК2 и др. Основными компонентами в оловянистых баббитах являются сурьма, медь и олово, а в свинцовистых — свинец, сурьма, олово и медь;

2. бронзы (оловянистые БрОСЦ4-4-4, БрОФ6,5-1,5 и свинцовистые БрС-30) применяются в наиболее нагруженных подшипниках, испытывающих ударные нагрузки;

3. антифрикционные серые чугуны АС4-1, АВ4-1 применяются при больших удельных давлениях и скоростях (до 5 м/с). Пластичной основой в них является феррит, а твердые опорные включения — цементит и перлит; имеющиеся в чугуне графитовые включения образуют каналы, удерживающие смазку, и выполняют роль смазки.

Структура баббитов представляет собой совокупность двух и более фаз, одна из которых (основа) всегда пластичная, вязкая, а другие твердые. Пластичная структура способна поглощать твердые частицы, попавшие на поверхность, предотвращая тем самым задиры трущихся поверхностей. Структура баббита Б83 имеет фазу — твердый раствор сурьмы в олове (темный цвет) и две твердые фазы, представляющие собой химические соединения SnSb (светлые кристаллы в виде кубиков или треугольников) и Cu_3Sn (светлые мелкие кристаллы в виде звездочек, точек и игл). В отчете о проделанной работе необходимо указать цель и задание данного лабораторного занятия, осветить вопросы изучения структуры цветных металлов и их сплавов под микроскопом, рассказать о подборе шлифов и травителей. К отчету должны быть приложены зарисовки микроструктур рассматриваемых цветных металлов и их сплавов, а также протокол, в котором должны быть заполнены все графы.

Протокол № _____

Марки сплавов	Химический состав	Структура	Режим термической обработки	Механические свойства	Примечание
Л62					
БрА7					
БрАЖН10-4-4					
Д16					
АЛ2					
Б83					

Лабораторное занятие №4

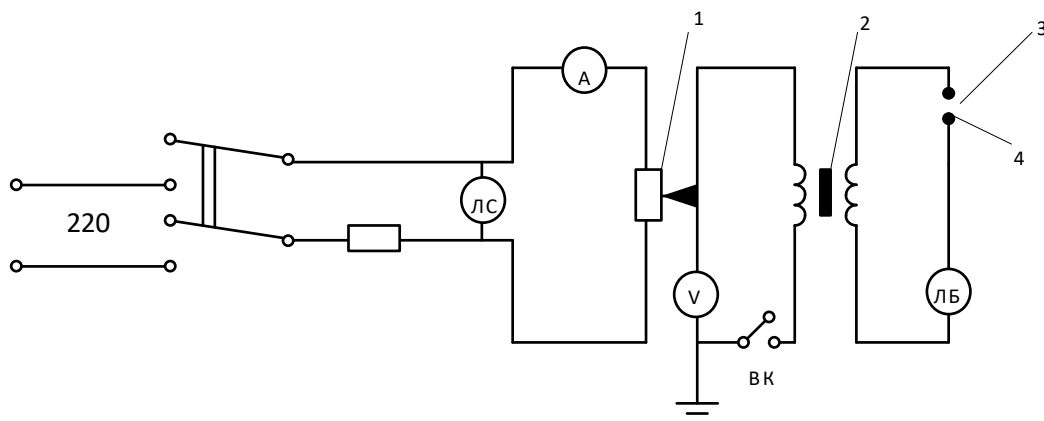
Тема: Определение электрической прочности воздуха.

Цель работы: научиться определять пробивную напряженность газообразного диэлектрика (воздуха).

Методические указания

1. Закрепить электроды на подставках, установить расстояние между электродами в 5 мм.
2. Закрывать дверцу установки.
3. Включить выключатели от сети и на панели установки.

Схема стандартной установки для испытания газообразных диэлектриков на пробой представлена на рис.:



1 – регулирующее устройство;

2 – повышающий трансформатор;

3 – воздушный зазор;

4 – электроды;

ЛС – сигнальная лампа;

ЛБ – балластная лампа;

В – выключатель от сети;

ВК – выключатель на панели прибора; V – вольтметр, A

– амперметр.

4. Медленно повернуть рукоятку трансформатора по часовой стрелке и продолжать это движение до пробоя.

5. Записать наибольшее напряжение, которое было достигнуто перед пробоем воздуха.

6. Снять напряжение поворотом рукоятки трансформатора против часовой стрелки.

7. Выключить установку, открыть дверцу. Повторить испытание при расстоянии между электродами в 10, 20, 30, 50, 70 и 100мм.

$$E_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{h},$$

где $U_{\text{пр}}$ – пробивная напряженность или электрическая прочность; h – расстояние между электродами.

В отчете о проделанной работе необходимо указать цель и задание данного лабораторного занятия, осветить вопросы изучения газообразных диэлектриков, рассказать о испытании газов на пробой. К отчету должны быть приложены зарисовка схема установки для испытания, расчеты электрической прочности при разных условиях, графики сравнения однородного и неоднородного пробивного напряжения и электрической прочности а также протоколы, в которых должны быть заполнены все графы/

Протокол № _____

Воздух. Однородное электрическое поле.						
Наименование параметра	1	2	3	4	5	6
Расстояние между электродами h , мм						
Пробивное напряжение, $U_{\text{пр}}$						
Электрическая прочность, $E_{\text{пр}}$						

Протокол № _____

Воздух. Неоднородное электрическое поле.						
Наименование параметра	1	2	3	4	5	6
Расстояние между электродами h , мм						
Пробивное напряжение, $U_{\text{пр}}$						
Электрическая прочность, $E_{\text{пр}}$						

Лабораторное занятие №5

Тема: Определение электрической прочности трансформаторного масла.

Цель работы: Определить электрическую прочность трансформаторного масла и дать заключение о его пригодности для применения в высоковольтных электроустановках.

Задание

1. Изучить что такое жидкие диэлектрики и их виды.
 2. Изучить что такое трансформаторное масло.
 3. Изучить что такое пробой трансформаторного масла, зарисовать схему пробойника для испытания и схему установки для определения электрической прочности жидких диэлектриков.
 4. Произвести стандартное испытание трансформаторного масла на пробой согласно ПТЭ (5 пробоев при расстоянии между плоскими электродами в 2,5 мм).
5. Сделать вывод о пригодности испытанного масла по электрической прочности, рассматривая его как чистое сухое и как эксплуатационное.

Методические указания

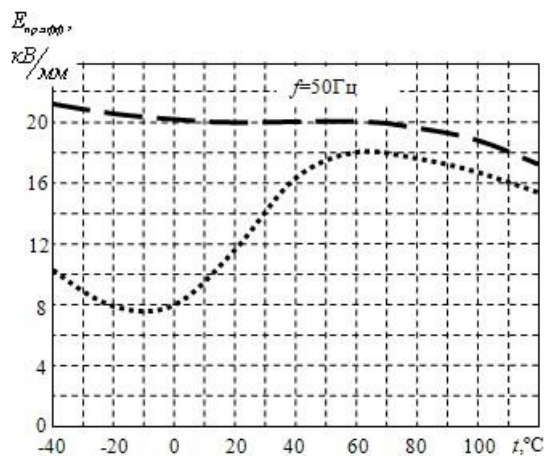
В качестве жидких диэлектриков в электротехнических устройствах применяются минеральные и нефтяные масла и различные жидкости. Однако наибольшее применение получили нефтяные масла различного назначения. По характеру использования в качестве жидких диэлектриков нефтяные масла можно подразделять на три основные группы:

- 1 Масла для силовых трансформаторов и высоковольтных выключателей.
- 2 Кабельные масла, применяемые в силовых высоковольтных кабелях.

36 Конденсаторные масла, применяемые для пропитки бумажной изоляции конденсаторов.

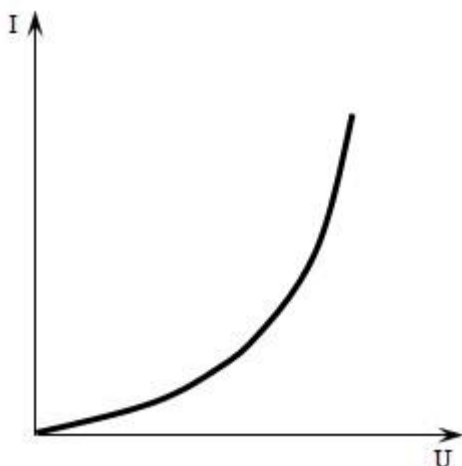
По химическому составу жидкие диэлектрики являются низкомолекулярными веществами, основное назначение которых – это повышение изоляционных свойств соответствующих элементов электротехнических устройств и эффективный отвод тепла. Жидкие диэлектрики могут иметь нейтральное или полярное строение молекул вещества, и в зависимости от строения молекул изменяются их основные свойства. Диэлектрики с нейтральным строением молекул, как правило, имеют небольшую диэлектрическую проницаемость (обычно $\approx 1,7-2$) и чем больше полярный момент молекул, тем значительнее диэлектрическая проницаемость.

Некоторые жидкие диэлектрики имеют ничтожно малые значения диэлектрических потерь, что выгодно их отличает от других диэлектрических жидкостей. Электрическая прочность чистых неполярных жидких диэлектриков очень высока, однако даже доли процента таких примесей как влага, газы и твердые микровзвешенные частицы могут резко снижать диэлектрические свойства. Следует отметить, что изоляционные свойства чистых жидких неполярных диэлектриков, до 80°C , почти не изменяются, а при температуре выше 80°C , ухудшаются. Эксплуатационное трансформаторное масло имеет достаточно сложную температурную зависимость (рис. 1).



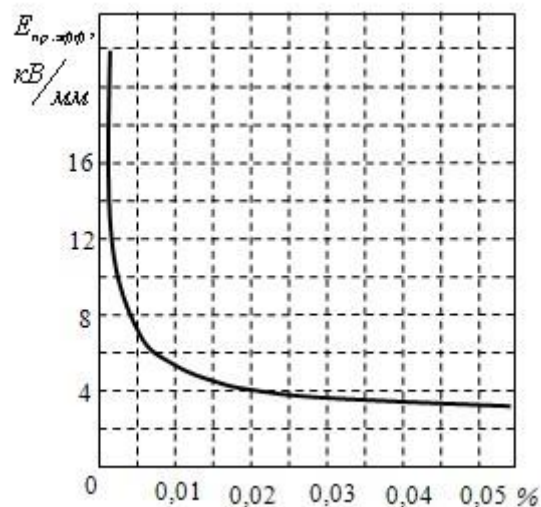
в электротехнических устройствах, работающих на высоких частотах, их изоляционные свойства снижаются.

Наибольшее применение в качестве жидкого диэлектрика в различных электротехнических устройствах получило трансформаторное масло – продукт ступенчатой перегонки нефти.



Трансформаторное масло – светло-желтая, слабвязкая, практически нейтральная жидкость. Температура застывания масла не выше -45°C , температура вспышки $T_{\text{всп}}$ паров масла в смеси с воздухом – не ниже $+135^\circ\text{C}$. Трансформаторное масло очень гигроскопично и очень активно поглощает влагу из окружающей среды, при этом влага в масле может быть в молекулярно растворенном состоянии и в виде эмульсии, что резко снижает диэлектрические свойства масла (рис. 2).

Железо, медь, свинец и некоторые другие металлы при непосредственном контакте с трансформаторным маслом значительно ускоряют процесс его старения. Основное применение трансформаторного масла – это высоковольтные трансформаторы и высоковольтные аппараты.



В реальных диэлектриках имеется некоторое количество свободных носителей зарядов. При повышении напряжения, приложенного к диэлектрику, концентрация их возрастает пропорционально напряженности поля, что сопровождается увеличением местной проводимости и величины тока. При достижении некоторого критического значения величины напряженности диэлектрик в каком-то месте становится проводником.

Явление, при котором диэлектрик теряет свои электроизоляционные свойства под действием приложенного электрического поля, называется пробоем. Пробой фиксируется в тот момент, когда в диэлектрике при постепенном увеличении напряжения наблюдается резкое увеличение тока (рис. 3). Отмеченное при этом напряжение

U_{np} и используется для оценки электрической носит название пробивного напряжения прочности диэлектрика.

$$U_{np} \approx k B M B$$

$$E_{np} \approx d \approx \text{мм} \approx \text{м} \approx ,$$

где E_{np} – пробивная напряженность или электрическая прочность; d – толщина диэлектрика в месте пробоя.

В зависимости от причины возрастания проводимости различают несколько видов пробоя жидких диэлектриков. Тепловой пробой применим к жидкостям, имеющим значительную электропроводимость. В этом случае при наложении электрического поля жидкий диэлектрик разогревается за счет диэлектрических потерь. Вследствие роста температуры уменьшается удельное объемное сопротивление ρ , что приводит к дальнейшему возрастанию сквозного тока $I_{ск}$. Так создается условие для непрерывного увеличения температуры до вскипания жидкости. При этом резко снижается электрическая прочность и происходит пробой.

Ионизационный пробой возможен для жидкостей, максимально очищенных от примесей. Повышенную прочность жидкого диэлектрика (по сравнению с газообразным) объясняют значительным уменьшением длины свободного пробега электронов.

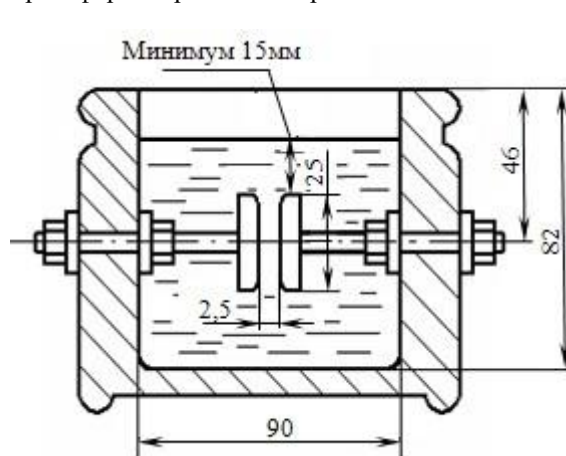
Электрический пробой жидких диэлектриков происходит за счет вырывания электронов из металлических электродов или за счет разрушения самих молекул жидкости.

Трансформаторное масло – это маловязкое, прозрачное, хорошо очищенное нефтяное изоляционное масло.

Применяется для заливки силовых трансформаторов, масляных выключателей высокого напряжения, маслонаполненных вводов, некоторых типов реакторов, реостатов и т.д.

Электрическая прочность изоляционных масел зависит от температуры, давления, частоты и формы кривой напряжения, формы и материала электродов, а также от примесей. Жидкие диэлектрики очень легко загрязняются. Самым распространенным загрязнителем является вода, особенно в форме эмульсии. Отрицательное действие влаги еще более увеличивается при наличии гигроскопичных волокнистых примесей.

Трансформаторные масла различают в зависимости от состояния:



- 1 Свежее сырое масло (поступившее с завода-поставщика).
- 2 Регенерированное масло (бывшее в употреблении, но подвергнутое регенерации).
- 3 Чистое сухое масло (полученное после просушки свежего сырого или генерированного масла).
- 4 Эксплуатационное масло (находящееся в эксплуатации и отвечающее соответствующим нормам).
- 5 Отработанное масло (у которого хотя бы один из показателей не соответствует эксплуатационным нормам).

В соответствии с правилами технической эксплуатации оценка электрических свойств чистого сухого и эксплуатационного масел производится главным образом по пробивному

напряжению E_{np} .

E_{np} жидких электроизоляционных материалов исследуют на образцах (пробах), отбираемых от каждой партии испытуемой жидкости. Напряжение U_{np} определяют в специальной ячейке (рис. 4), представляющей собой сосуд, в стенки которого вмонтированы электроды. Сосуд должен быть изготовлен из материала, не растворяющегося в жидких изоляционных материалах и не влияющего на испытуемую жидкость. Для этой цели пригодны стекло, фарфор, кварц. Электроды выполняют из латуни в виде плоских дисков диаметром 25 мм.

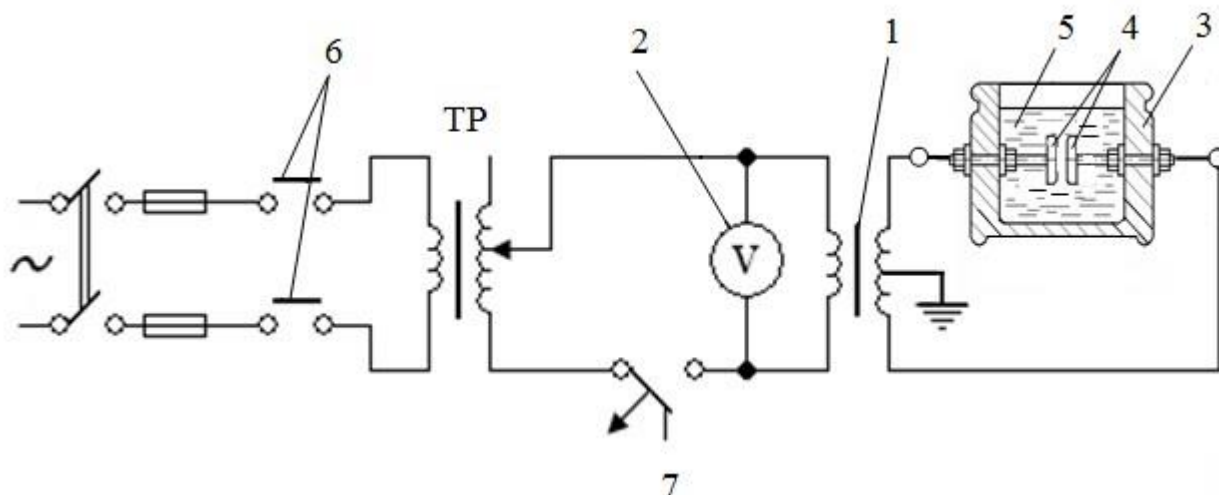
Края электродов закруглены, расположены так, чтобы их оси находились на одной прямой, параллельной нижней поверхности испытательной ячейки. Зазор между электродами составляет $2,5 \pm 0,05$ мм.

Перед испытанием чистую и сухую ячейку тщательно ополаскивают испытуемой жидкостью. После этого заполняют ячейку жидкостью, чтобы в ней не осталось пузырьков воздуха. Для жидкостей с вязкостью более $50 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ все измерения выполняют при одном заполнении ячейки после каждого измерения ячейку следует заполнять новой порцией испытуемой жидкости.

Поскольку электрическая прочность жидкого диэлектрика зависит от большого количества факторов, возникает значительный разброс пробивных напряжений относительно средних значений. Это приводит к необходимости использования большого количества опытных данных.

Согласно правилам технической эксплуатации (ПТЭ) трансформаторное масло пробивается шесть раз с пятиминутными интервалами между пробоями. Напряжение, полученное при первом пробое, в расчет не принимается, а из напряжений остальных пяти пробоев надо взять среднее арифметическое значение, которое следует принять за пробивное напряжение для данного масла.

Схема стандартной установки для испытания масла на пробой представлена нарис. 5:



- 1 – испытательный высоковольтный трансформатор, средняя точка высоковольтной обмотки которого заземлена;
- 2 – вольтметр, включенный на стороне низкого напряжения (шкала градуирована непосредственно в киловольтах с учетом коэффициента трансформации);
- 3 – фарфоровый сосуд (испытательная ячейка);
- 4 – латунные электроды;
- 5 – испытуемый жидкий диэлектрик, объем которого должен быть не менее 100 см³, а уровень не менее чем на 15 мм выше верхнего края электродов 4;
- 6 – блокировочные контакты, которые устанавливаются на крышке со смотровым окошком;
- 7 – автомат максимального тока.

Для обеспечения безопасности работы корпус установки заземляется.

Порядок выполнения испытания

- 1 Ознакомиться с установкой и ее схемой, предварительно убедившись в том, что аппарат отключен от сети, а его корпус надежно заземлен.
- 2 Налить масло в фарфоровый сосуд так, чтобы его уровень был на 15 мм выше верхнего края электродов.
- 3 Установить сосуд с маслом в аппарат, закрыть крышку и дать маслу отстояться в течение 10 мин.
- 4 Включить аппарат в сеть (при этом загорается зеленая контрольная лампочка).

5 Включить магнитный пускатель (при этом загорается красная сигнальная лампочка) и рукояткой регулировочного трансформатора медленно со скоростью 1...2 кВ в секунду повышать напряжение до тех пор, пока масло между электродами не будет пробито. Пробой отмечается по образованию между электродами дуги в виде яркой сплошной толстой искры. Отдельные случайные искры во внимание не принимаются. Отключение аппарата при пробое производится автоматом максимального тока.

6 После пробоя напряжение снять и перемешать масло стеклянной палочкой в промежутке между электродами, чтобы удалить из этого пространства пузырьки воздуха и продукты разложения масла.

7 Таким образом произвести 6 отсчетов, причем между каждым пробоем выдержать 5 мин. для того, чтобы масло отстоялось.

Нормы электрической прочности трансформаторного масла

Для аппаратов с рабочим напряжением, кВ	Электрическая прочность не менее $U_{np}/2,5$ (мм)	
	Чистого сухого масла	Масла, находящегося в эксплуатации
≤ 6	25	20

35	30	25
110 или 220	40	35
≥ 380	50	45

В отчете о проделанной работе необходимо указать цель и задание данного лабораторного занятия, осветить вопросы изучения жидких диэлектриков, рассказать о испытании трансформаторного масла на пробой. К отчету должны быть приложены зарисовки схем пробойника и установки для испытания, расчеты электрической прочности при разных условиях, а также протокол, в котором должны быть заполнены все графы. **Протокол № _____**

Номер измерения	Пробивное напряжение, Упр	Толщина диэлектрика в месте пробоя	Электрическая прочность диэлектрика, Епр	Примечание
1				
2				
3				
4				
5				

Лабораторное занятие №6

Тема: Определение электрической прочности твердых диэлектриков.

Цель работы: Изучить и освоить методику определения электрической прочности твердых диэлектриков.

Задание

1. Изучить что такое пробивное напряжение и электрическая прочность.
2. Изучить что такое пробой и виды пробоя твердых диэлектриков.
3. Зарисовать внешний вид лабораторной установки для определения электрической прочности твердых диэлектриков.
4. Описать технологию испытания твердых диэлектриков на пробой.

Методические указания

Минимальное напряжение $U_{пр}$, приложенное к диэлектрику, и приводящее к образованию в нем проводящего канала, называется пробивным напряжением. В зависимости от того, замыкает ли канал оба электрода, пробой может быть полным, неполным или частичным. У твердых диэлектриков возможен также поверхностный пробой, после которого повреждается поверхность материала, образуя на органических диэлектриках науглероженный след-трекинг. Зависимость пробивного напряжения от времени приложения напряжения называют кривой жизни электрической изоляции. Снижение $U_{пр}$ от времени происходит из-за электрического старения изоляции - необратимых процессов под действием тепла и электрического поля.

Свойство диэлектриков выдерживать высокое напряжение количественно выражается напряженностью электрического поля. Величина напряженности электрического поля, при которой произошел пробой диэлектрика, называется электрической прочностью: $E_{пр} = U_{пр}/h$, где

$E_{пр}$, В/м;

где $U_{пр}$ – величина напряжения электрического пробоя, В; h – толщина диэлектрика, м.

Кроме В/м электрическую прочность часто выражают в мВ/м или кВ/мм. Соотношение между этими единицами таково: $1 \text{ МВ/м} = 10^6 \text{ В/м} = 1 \text{ кВ/мм}$.

Пробой твердых диэлектриков

Электрический пробой - разрушение диэлектрика, обусловленное ударной ионизацией электронами или разрывом связей между атомами, ионами или молекулами. Происходит за время $10^{-5} - 10^{-8}$ с. $E_{пр}$ при электрическом пробое зависит главным образом:

- от внутреннего строения диэлектрика; и практически не зависит;
- от температуры;
- частоты приложенного напряжения;

- геометрических размеров образца, вплоть до толщин 10^{-4} - 10^{-5} см.

По сравнению с воздухом, у которого $E_{пр}$ порядка 3 МВ/м, наибольших значений $E_{пр}$ при электрическом пробое у твердых диэлектриков достигает 10^2 - 10^3 МВ/м, в то время как у тщательно очищенных жидких диэлектриков составляет примерно 10^2 МВ/м.

Электрический пробой зависит от однородности электрического поля. Определить степень неоднородности можно по конфигурации электродов. Электрический пробой происходит мгновенно, при этом в наиболее ослабленных листах неоднородной структуры диэлектрика образуется канал высокой проводимости. В проводимости участвуют как примесные (свободные) носители зарядов, так и носители зарядов самого диэлектрика, которые образуются за счет разрыва структурных связей.

Электротепловой (тепловой) пробой возможен, когда выделяющееся в диэлектрике за счет электропроводности или диэлектрических потерь тепло становится больше отводимой теплоты

Пробой диэлектрика при тепловом пробое происходит там, где хуже всего теплоотдача. $E_{пр}$ при тепловом пробое уменьшается:

- при увеличении температуры;
- при увеличении времени выдержки образца под напряжением;
- при увеличении толщины диэлектрика из-за ухудшения теплоотвода от внутренних слоев ($U_{пр}$ с увеличением толщины диэлектрика растет нелинейно).

Электрохимический пробой происходит при напряжениях меньших электрической прочности диэлектрика.

Вызывается изменением химического состава и структуры диэлектрика в результате электрического старения.

В твердых диэлектриках, наряду с электрическим, тепловым и электрохимическим пробоем возможны также ионизационный, электрохимический и электротермический механизм пробоя. Ионизационный пробой можно наблюдать в полимерных диэлектриках, содержащих газовые поры, в которых развиваются процессы ионизации, так называемые частичные разряды. В результате электронно-ионной бомбардировки стенок пор и действия оксидов азота и озона полимер изменяет химический состав и механически разрушается. Электрохимический пробой характерен для хрупких диэлектриков и пористых керамик. Он возникает в результате механического разрушения из-за развития микротрещин под действием разрядов в газовых включениях, которые образуют перегретые области диэлектрика. Электротермический пробой - механическое разрушение полимера при высоком напряжении в результате того, что полимер находится в высокоэластичном состоянии. Причиной является уменьшение толщины диэлектрика из-за электростатического притяжения электродов под действием высокого напряжения.

Лабораторная установка

Стенд состоит из двух блоков, измерительного и высоковольтного, соединенных между собой высоковольтным и блокировочным кабелями. Измерительный блок устанавливается на стойку и штатив. Внешний вид блоков приведен на рис. 1,2,3,4.

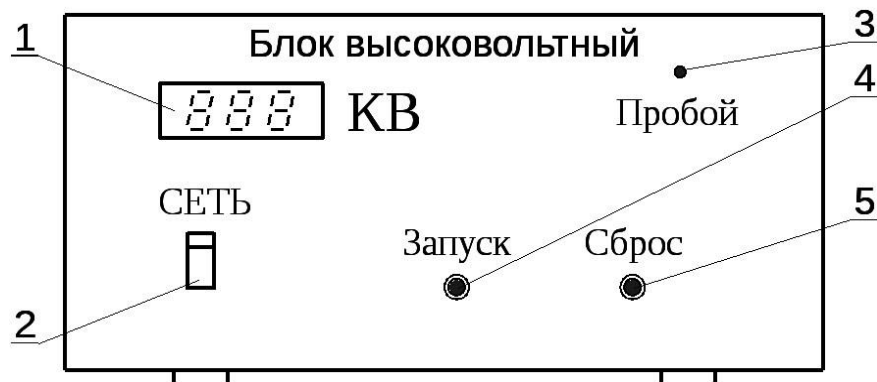


Рис. 1. Передняя панель высоковольтного блока

1. Цифровой индикатор выходного напряжения. 2. Выключатель сетевого питания. «СЕТЬ»

3. Сетевой индикатор «ПРОБОЙ».

4. Кнопка «ЗАПУСК».

5. Кнопка «СБРОС».

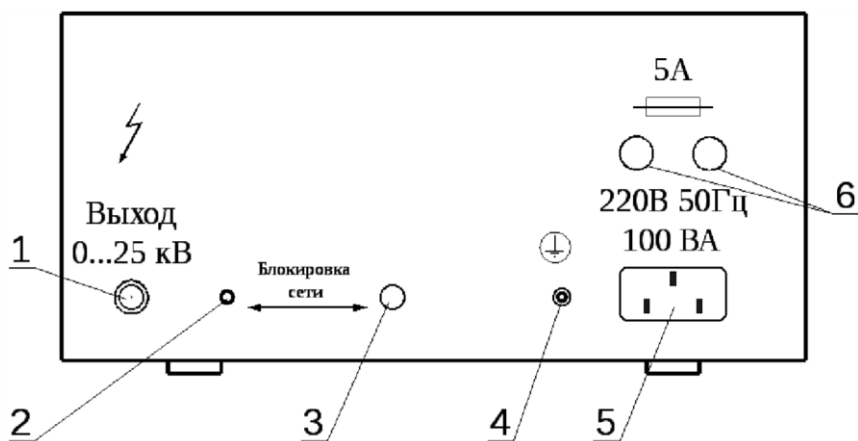


Рис.2. Задняя панель высоковольтного блока

1. Высоковольтное гнездо «ВЫХОД 0...25 кВ».
2. Кнопка блокировки сети.
3. Гнездо блокировки сети.
4. Клемма защитного заземления.
5. Гнездо подключения сетевого шнура.
6. Держатели предохранителей.

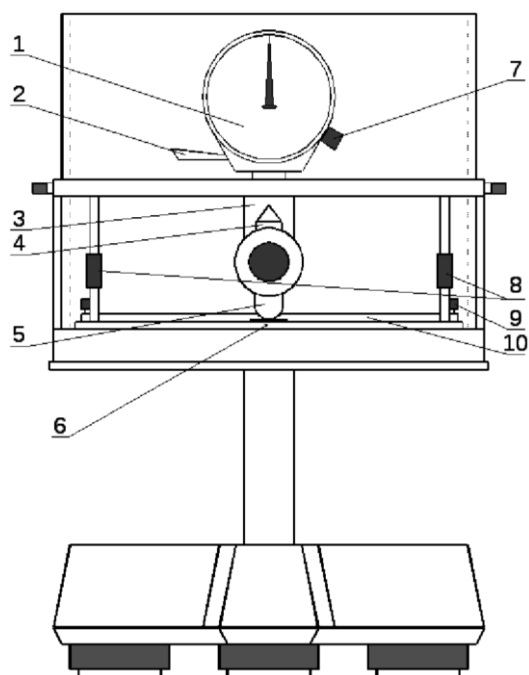


Рис. 3. Передняя панель измерительного блока

1. Измерительная головка. 2. Рычаг перемещения подвижного стержня.
3. Подвижный стержень. 4., 5. Электроды подвижного стержня.
6. Положительный электрод. 7. Ручка коррекции установки «0».
8. Винты грубой установки «0». 9. Винты прижимной планки.
10. Прижимная планка.

Сверху на измерительном блоке расположена измерительная головка для измерения толщины образца с ручкой коррекции установки "0" и рычагом перемещения подвижного стержня. Внутри измерительного блока расположены измерительная камера, в которую введен подвижный стержень измерительной головки. На стержне расположены испытательные электроды четырех типоразмеров, которые меняются посредством вращения. Электроды измерительного стержня электрически соединены с корпусом (общим проводом) высоковольтного блока и клеммой защитного заземления, расположенной на задней стенке измерительного блока.

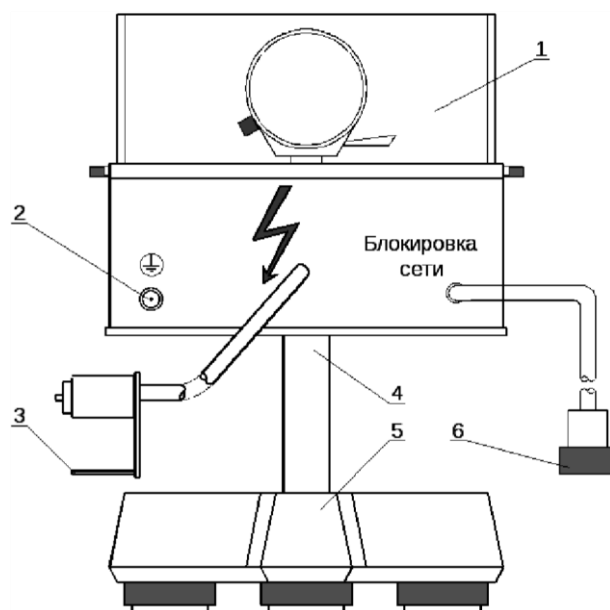


Рис. 4. Задняя панель измерительного блока

1. Защитный щиток.
2. Клемма заземления.
3. Штырь разъема высоковольтного кабеля.
4. Стойка.
5. Лабораторный штатив.
6. Разъем блокировки сетевого питания высоковольтного блока.

Стол измерительной камеры выполнен из изоляционного материала, с вмонтированным электродом, на который подается положительный испытательный потенциал с выхода высоковольтного блока посредством соединительного кабеля с высоковольтным коаксиальным разъемом, снабженным штырем, управляющим кнопкой БЛОКИРОВКА СЕТИ высоковольтного блока. При отсоединенном разъеме эта кнопка отключает электропитание от высоковольтного блока.

Внутри измерительной камеры расположено устройство крепления испытуемого образца и две стойки с винтами предварительной установки "0" измерительной головки. Измерительная камера снаружи закрыта защитным прозрачным щитком, который при открывании блокирует, посредством вмонтированного в измерительный блок концевой выключателя, электропитание высоковольтного блока, подводящееся к нему посредством соединительного кабеля от гнезда БЛОКИРОВКА СЕТИ.

В основании измерительного блока имеется отверстие для установки его на стойку и штатив.

Подготовка стенда к работе

Подготовьте образец диэлектрического материала к испытаниям. Для испытания используйте образцы прямоугольной или круглой формы. Отсутствие поверхностного пробоя и искажения результатов испытаний гарантируется во всем диапазоне испытательного напряжения при расстоянии между соседними точками пробоя или точкой пробоя и краем образца не менее 45 мм.

Порядок выполнения работы

1. Выключите питание стенда нажатием клавиши СЕТЬ высоковольтного блока.
2. Плавно поднимите защитный щиток измерительного блока.
3. Вращением винтов поднимите прижимную планку устройства крепления образца поз. 10 рис. 3.
4. Легким нажимом на боковой рычаг поз.2 рис.3 поднимите подвижный стержень вверх и введите между электродом и столом измерительной камеры испытуемый образец, после чего плавно опустите боковой рычаг головки.
5. Вращением винтов опустите прижимную планку устройства крепления образца.
6. Плавно опустите защитный щиток измерительного блока.
7. Зафиксируйте значение толщины образца по показаниям индикатора измерительной головки.
8. Включите питание стенда нажатием клавиши СЕТЬ высоковольтного блока.

9. Нажмите и отпустите кнопку ЗАПУСК высоковольтного блока. При этом на цифровом индикаторе будут отображаться значения линейно возрастающего испытательного напряжения.
10. При возникновении пробоя (начинает светиться индикатор ПРОБОЙ и срабатывает звуковая сигнализация) зафиксируйте показания цифрового индикатора (гарантированное время фиксации значения напряжения пробоя 20с).
11. Нажмите и отпустите кнопку СБРОС высоковольтного блока. При этом показания цифрового индикатора обнуляются.
12. Выключите питание стенда нажатием клавиши СЕТЬ высоковольтного блока.
13. Плавно поднимите защитный щиток измерительного блока.
14. Вращением винтов поднимите прижимную планку устройства, крепления образца.
15. Легким нажимом на боковой рычаг измерительной головки поднимите подвижный стержень вверх и сместите испытуемый образец для получения новой точки пробоя.
16. Повторите последовательно операции согласно п 5-15.
17. При необходимости смены типоразмера испытательного электрода, повторите последовательно операции согласно п 5-15.
18. По окончании работы стенд должен быть отключен от питающей сети, а защитный щиток опущен вниз.

В отчете о проделанной работе необходимо указать цель и задание данного лабораторного занятия, осветить вопросы изучения твердых диэлектриков, рассказать о испытании твердых диэлектриков на пробой. К отчету должны быть приложены зарисовки схем установки для испытания.

Лабораторное занятие №7

Тема:Определение условной вязкости жидких диэлектриков.

Цель работы:Ознакомиться с устройством приборов для определения условной вязкости и методами ее определения.

Задание

1. Изучить что такое вязкость.
2. Изучить принцип действия универсального вискозиметра ВУ (ВЗ-4).
3. Зарисовать внешний вид вискозиметра типа ВУ (ВЗ-4).
4. Описать технологию определения условной вязкости жидких диэлектриков.

Методические указания

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

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

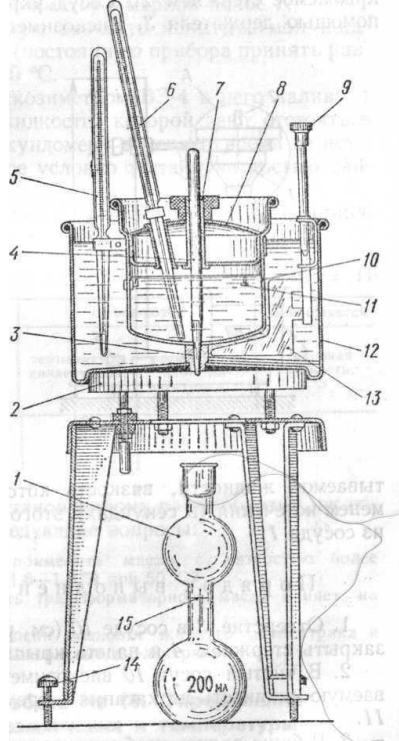
Одной из характеристик вязкости является условная вязкость. Условная вязкость, измеряемая в градусах Энглера (°Э), представляет собой отношение времени истечения 200 мл электроизоляционной жидкости при заданной температуре ко времени истечения 200 мл дистиллированной воды при 20 °С. Время истечения 200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

Применяется и другая характеристика вязкости — кинематическая вязкость, измеряемая стоксами ($1 \text{ Ст} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$). Одна сотая стокса — сантистокс (сСт). Кинематическая вязкость при 20 °С приблизительно равна 1 сСт.

Единица условной вязкости ВУ связана с единицей кинематической вязкости γ эмпирическим соотношением $\text{ВУ (град)} = 1,135 \gamma (\text{сСт})$.

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

Универсальный вискозиметр ВУ (рис.1)



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. 1). 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.

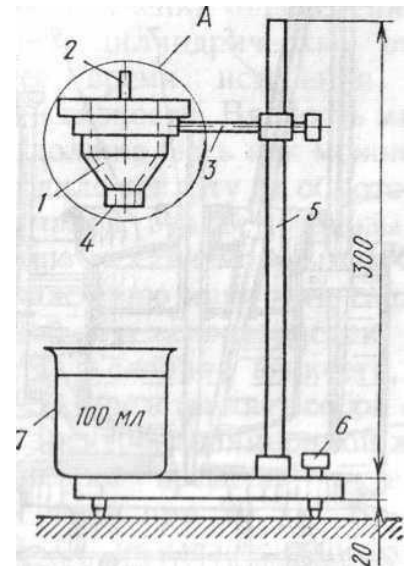
Горизонтальность установки регулируют винтами 14. Под прибор устанавливают мерную колбу 1.

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

Вискозиметр ВЗ-4 (рис.2)

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

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



Порядок выполнения работы

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

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

Контрольные вопросы:

1. Почему недопустимо применять масло с вязкостью более 4-4,5°Э при 20 °С и менее 1,6—1,8°Э при 50 °С?
2. Каким образом вязкость трансформаторного масла влияет на работу трансформатора?
3. Какова зависимость степени вязкости жидкого диэлектрика и его способности пропитывать пористые диэлектрики?

Практическое занятие №1

Тема: Ознакомление с различными видами электроизоляционных материалов

Цель работы: ознакомиться с различными видами электроизоляционных материалов и их свойствами, научиться сравнивать их свойства

Методические указания:

Электротехнические материалы представляют собой совокупность проводниковых, электроизоляционных, магнитных и полупроводниковых материалов, предназначенных для работы в электрических и магнитных полях. Сюда же можно отнести основные электротехнические изделия: изоляторы, конденсаторы, провода и некоторые полупроводниковые элементы. Электротехнические материалы в современной электротехнике занимают одно из главных мест. Всем известно, что надежность работы электрических машин, аппаратов и электрических установок в основном зависит от качества и правильного выбора соответствующих электротехнических материалов.

Электроизоляционными материалами, или диэлектриками, называют такие материалы, с помощью которых осуществляют изоляцию, т. е. препятствуют утечке электрического тока между какими-либо токопроводящими частями, находящимися под разными электрическими потенциалами. Диэлектрики имеют очень большое электрическое сопротивление. Согласно представлениям классической физики, в диэлектриках, в отличие от проводников, нет свободных носителей заряда, которые могли бы под действием электрического поля создавать ток. По химическому составу диэлектрики делят на следующие виды: - органические; - неорганические.

Основным элементом в молекулах всех органических диэлектриков является углерод. В неорганических диэлектриках углерода нет. Наибольшей нагревостойкостью обладают неорганические диэлектрики (слюда, керамика и др.). По способу получения различают диэлектрики: - естественные (природные); - синтетические.

Синтетические диэлектрики могут быть созданы с заданным комплексом электрических и физико-химических свойств, поэтому они широко применяются в электротехнике.

По строению молекул диэлектрики делят на следующие виды: - неполярные (нейтральные); - полярные.

Нейтральные диэлектрики состоят из электрически нейтральных атомов и молекул, которые до воздействия на них электрического поля не обладают электрическими свойствами. Нейтральными диэлектриками являются: полиэтилен, фторопласт-4.

Среди нейтральных выделяют ионные кристаллические диэлектрики (слюда, кварц), в которых каждая пара ионов составляет электрически нейтральную частицу.

К полярным диэлектрикам относятся бакелит, поливинилхлорид. По сравнению с нейтральными диэлектриками, полярные имеют более высокие значения диэлектрической проницаемости, а также немного повышенную проводимость.

По агрегатному состоянию диэлектрики бывают:

- газообразными;
- жидкими;
- твердыми.

Самой большой является группа твердых диэлектриков. *Электрические свойства* электроизоляционных материалов оценивают с помощью величин, называемых электрическими характеристиками. К ним относятся: удельное объемное сопротивление, удельное поверхностное сопротивление, диэлектрическая проницаемость, температурный коэффициент диэлектрической проницаемости, тангенс угла диэлектрических потерь и электрическая прочность материала.

Удельное объемное сопротивление — величина, дающая возможность оценить электрическое сопротивление материала при протекании через него постоянного тока.

Удельное поверхностное сопротивление — величина, позволяющая оценить

электрическое сопротивление материала при протекании постоянного тока по его поверхности между электродами.

Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления — величина, определяющая изменение удельного сопротивления материала с изменением его температуры. С повышением температуры у всех диэлектриков электрическое сопротивление уменьшается, следовательно, их температурный коэффициент удельного сопротивления имеет отрицательный знак.

Диэлектрическая проницаемость — величина, позволяющая оценить способность материала создавать электрическую емкость.

Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости — величина, дающая возможность оценить характер изменения диэлектрической проницаемости, а, следовательно, и емкости изоляции с изменением температуры.

Тангенс угла диэлектрических потерь — величина, определяющая потери мощности в диэлектрике, работающем при переменном напряжении.

Электрическая прочность — величина, позволяющая оценить способность диэлектрика противостоять разрушению его электрическим напряжением.

Механическая прочность электроизоляционных и других материалов оценивается при помощи следующих характеристик: предел прочности материала при растяжении, относительное удлинение при растяжении, предел прочности материала при сжатии.

К физико-химическим характеристикам диэлектриков относятся: кислотное число, вязкость, водопоглощаемость.

Кислотное число — это количество миллиграммов едкого калия, необходимое для нейтрализации свободных кислот, содержащихся в 1 г диэлектрика. Наличие свободных кислот ухудшает электроизоляционные свойства диэлектриков.

Вязкость, или коэффициент внутреннего трения, дает возможность оценить текучесть электроизоляционных жидкостей (масел, лаков). Вязкость бывает кинематической и условной.

Водопоглощаемость — это количество воды, поглощенной диэлектриком после пребывания его в воде в течение суток при температуре 20° С и выше. Величина водопоглощаемости указывает на пористость материала. С увеличением этого показателя электроизоляционные свойства диэлектриков ухудшаются.

К тепловым характеристикам диэлектриков относятся: температура плавления, температура размягчения, температура каплепадения, температура вспышки паров, теплостойкость пластмасс, нагревостойкость, морозостойкость.

Рассмотрим виды диэлектриков.

1. Электроизоляционные лаки и эмали.

Лаки — это растворы пленкообразующих веществ: смол, битумов, высыхающих масел, эфиров целлюлозы или композиций этих материалов в органических растворителях. В процессе сушки лака из него испаряются растворители, а в лаковой основе происходят физикохимические процессы, приводящие к образованию лаковой пленки. По своему назначению электроизоляционные лаки делят на пропиточные, покровные и клеящие.

Пропиточные лаки применяются для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов с целью закрепления их витков, увеличения коэффициента теплопроводности обмоток и повышения их влагостойкости.

Покровные лаки позволяют создать защитные влагостойкие, маслостойкие и другие покрытия на поверхности обмоток или пластмассовых и других изоляционных деталей.

Клеящие лаки предназначены для склеивания листочков слюды друг с другом или с бумагой и тканями с целью получения слюдяных электроизоляционных материалов (миканиты, микалента).

По способу сушки различают лаки горячей (печной) и холодной (воздушной) сушки. Первые требуют для своего отверждения высокой температуры от 80 до 200° С, а вторые высыхают при комнатной температуре.

Основные группы лаков имеют следующие особенности:

1. Масляные лаки образуют после высыхания гибкие эластичные пленки. Маслянобитумные лаки образуют гибкие пленки черного цвета, стойкие к влаге, но легко растворяющиеся в минеральных маслах.

2. Кремнийорганические лаки и эмали отличаются высокой нагревостойкостью и могут длительно работать при 180–200° С, поэтому они применяются в сочетании со стекловолоконистой и слюдяной изоляцией.

3. Лаки и эмали на основе эпоксидных смол отличаются высокой клеящей способностью и несколько повышенной нагревостойкостью (до 130° С).

2. Электроизоляционные компаунды.

Компаунды представляют собой изоляционные составы, которые в момент использования бывают жидкими, а затем отвердевают. Компаунды не имеют в своем составе растворителей. По своему назначению данные составы делятся на пропиточные и заливочные. Первые из них применяют для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов, вторые — для заливки полостей в кабельных муфтах, а также в электромашинах и приборах с целью герметизации.

Компаунды бывают термореактивными (не размягчающимися после отвердевания) и термопластичными (размягчающимися при последующих нагревах). К термореактивным можно отнести компаунды на основе эпоксидных, полиэфирных смол. К термопластичным относятся компаунды на основе битумов, воскообразных диэлектриков и термопластичных полимеров (полистирол, полиизобутилен). Наибольшей нагревостойкостью обладают компаунды эпоксидные и кремнийорганические.

3. Непропитанные волокнистые электроизоляционные материалы. К этой группе относятся листовые и рулонные материалы, состоящие из волокон органического и неорганического происхождения. Характерными особенностями неорганических волокнистых материалов являются их негорючесть и высокая нагревостойкость.

Все асбестовые материалы стойки к щелочам, но легко разрушаются кислотами.

Электроизоляционные стеклянные ленты и ткани производят из стеклянных нитей, получаемых из бесщелочных или малощелочных стекол.

Преимущество стеклянных волокон перед растительными и асбестовыми состоит в их гладкой поверхности, понижающей поглощение влаги из воздуха. Нагревостойкость стеклянных тканей и лент выше асбестовых.

4. Электроизоляционные лакированные ткани (лакоткани)

Лакированные ткани представляют собой гибкие материалы, состоящие из ткани, пропитанной лаком или каким-либо электроизоляционным составом. Пропиточный лак или состав после отвердевания образует гибкую пленку, которая обеспечивает хорошие электроизоляционные свойства лакоткани. В зависимости от тканевой основы лакоткани делятся на хлопчатобумажные, шелковые, капроновые и стеклянные (стеклоткани).

В качестве пропиточных составов для лакотканей применяют масляные, маслянобитумные, эскапоновые и кремнийорганические лаки, а также кремнийорганические эмали, растворы кремнийорганических каучуков.

Основными областями применения лакотканей являются: электрические машины, аппараты и приборы низкого напряжения.

Лакоткани используют для гибкой витковой и пазовой изоляции, а также в качестве различных электроизоляционных прокладок.

5. Пластические массы

Пластическими массами называются твердые материалы, которые на определенной стадии изготовления приобретают пластические свойства и в этом состоянии из них могут быть получены изделия заданной формы. Данные материалы представляют собой композиционные вещества, состоящие из связующего вещества, наполнителей, красителей, пластифицирующих компонентов. По нагревостойкости пластмассы бывают термореактивные и термопластичные.

6. Слоистые электроизоляционные пластмассы

Слоистые пластмассы — материалы, состоящие из чередующихся слоев листового наполнителя (бумага или ткань) и связующего. Важнейшими из слоистых электроизоляционных пластмасс являются гетинакс, текстолит и стеклотекстолит. Они состоят из листовых наполнителей, располагающихся слоями, а в качестве связующего вещества использованы бакелитовые, эпоксидные, кремнийорганические смолы.

В качестве наполнителей применяют специальные сорта пропиточной бумаги (в гетинаксе), хлопчатобумажные ткани (в текстолите) и бесщелочные стеклянные ткани (в стеклотекстолите).

Асбестотекстолит представляет собой слоистую электроизоляционную пластмассу, получаемую горячим прессованием листов асбестовой ткани, предварительно пропитанных бакелитовой смолой.

7. Минеральные электроизоляционные материалы

К минеральным электроизоляционным материалам относятся горные породы: слюда, мрамор, шифер, талькохлорит и базальт. Также к этой группе относятся материалы, получаемые из портландцемента и асбеста (асбестоцемент и асбопласт). Вся эта группа неорганических диэлектриков отличается высокой стойкостью к электрической дуге и обладает достаточно высокими механическими характеристиками

8. Слюдяные электроизоляционные материалы

Данные материалы состоят из листочков слюды, склеенных при помощи какой-либо смолы или клеящего лака. К клееным слюдяным материалам относятся миканиты, микафолы и микаленты. Клееные слюдяные материалы используют в основном для изоляции обмоток электрических машин высокого напряжения (генераторы, электродвигатели), а также изоляции машин низкого напряжения и машин, работающих в тяжелых условиях.

Миканиты представляют собой твердые или гибкие листовые материалы, получаемые склеиванием листочков щипаной слюды с помощью шеллачной, глифталевых, кремнийорганических смол или лаков.

Основные виды миканитов: коллекторный, прокладочный, формовочный и гибкий.

Коллекторный и прокладочный миканиты относятся к группе твердых миканитов, которые после клейки слюды подвергаются прессованию при повышенных удельных давлениях и нагреве. Эти миканиты обладают меньшей усадкой по толщине и большей плотностью. Формовочный и гибкий миканиты имеют более рыхлую структуру и меньшую плотность.

Коллекторный миканит — это твердый листовый материал, изготавливаемый из листочков слюды, склеенных при помощи шеллачной или глифталевой смол или лаков на основе этих смол.

Прокладочный миканит представляет собой твердый листовый материал, изготавливаемый из листочков щипаной слюды, склеенных с помощью шеллачной или глифталевой смол или лаков на их основе.

Формовочный миканит — твердый листовый материал, изготавливаемый из листочков щипаной слюды, склеенных с помощью шеллачной, глифталевой или кремнийорганических смол или лаков на их основе.

Гибкий миканит представляет собой листовый материал, обладающий гибкостью при комнатной температуре. Он изготавливается из листочков щипаной слюды, склеенных маслянобитумным, масляно-глифталевым или кремнийорганическим лаком (без сиккатива), образующим гибкие пленки.

Микафол — это рулонный или листовый электроизоляционный материал, формируемый в нагретом состоянии. Он состоит из одного или нескольких, чаще двух-трех, слоев листочков слюды, склеенных между собой и с полотном бумаги толщиной 0,05 мм, или со стеклотканью, или со стеклосеткой.

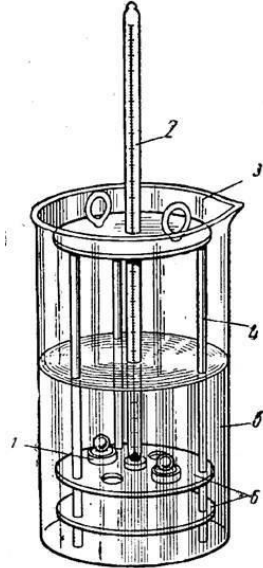
Микалента представляет собой рулонный электроизоляционный материал, гибкий при комнатной температуре. Состоит из одного слоя листочков щипаной слюды, склеенных между собой и оклеенных с одной или двух сторон тонкой микалентной бумагой, стеклотканью или стеклосеткой.

9. Электрокерамические материалы и стекла

Электрокерамические материалы представляют собой искусственные твердые тела, получаемые в результате термической обработки (обжига) исходных керамических масс, состоящих из различных минералов (глины, талька), взятых в определенном соотношении. Из керамических масс получают различные электрокерамические изделия: изоляторы, конденсаторы.

В процессе высокотемпературного обжига данных изделий между частицами исходных веществ происходят сложные физико-химические процессы с образованием новых веществ кристаллического и стеклообразного строения.

Электрокерамические материалы делят на 2 группы: материалы, из которых изготавливают изоляторы (изоляционная керамика), материалы, из которых изготавливают конденсаторы (конденсаторная керамика). Все электрокерамические материалы отличаются высокой нагревостойкостью, атмосферостойкостью, стойкостью к электрическим искрам и дугам и обладают хорошими электроизоляционными свойствами и достаточно высокой механической прочностью.



Приборы и реактивы: латунные кольца; стеклянная пластинка; стеклянный стакан; глицерин; электроплитка; стальной шарик; прибор "кольцо и шар" термометр; проба битума.

Методические указания:

Ввиду неоднородности химических веществ, входящих в состав битума, процесс его перехода из одного состояния в другое происходит постепенно и температура размягчения битума не совпадает с его температурой плавления. За температуру размягчения битума принимают условно ту температуру, при которой битум переходит в каплеотекучее состояние в условиях, предусмотренных методикой определения.

Определение температуры размягчения проводится на приборе «кольцо и шар». Увеличение содержания смол и асфальтенов ведет к повышению температуры размягчения. Неполимеризующиеся и трудноокисляемые масла, наоборот, снижают эту температуру.

Рисунок Прибор «кольцо и шар»

1- стержни; 2- латунные кольца; 3- термометр.

Подогретые до 30°C латунные кольца прибора помещают на стеклянную пластинку, слегка покрытую смесью талька с глицерином в соотношении 1:3, чтобы в дальнейшем битум не прилипал к стеклу пластинки. Нельзя допускать избытка глицерина на пластинке, так как внутренние стенки кольца покроются глицерином и потеряют адгезионную способность. Расплавленный битум наливают в кольцо с некоторым избытком.

По остывании избыток нефтепродукта срезают горячим ножом вровень с краями кольца. Залитые битумом кольца устанавливают в отверстия верхней площадки и весь прибор помещают в стакан, куда до метки на стержне прибора налит глицерин, имеющий температуру 35°C. Через 75 мин вынимают прибор, в центр каждого кольца кладут шарик, слегка вдавливая, его в битум, и снова помещают прибор в стакан с глицерином.

Стакан ставят в строго горизонтальном положении на электроплитку и нагревают со скоростью 5°C/мин. За температуру размягчения принимают температуру, при которой размягченный битум под давлением шарика коснется нижней площадки. Если температура размягчения битума менее 80°C, в стакан наливают дистиллированную воду с температурой

5°C. В воде так же, как и в глицерине, битум не растворяется.

Контрольные вопросы:

1. Какую температуру принимают за температуру размягчения битума?
2. На каком приборе проводят определение температуры размягчения битума?
3. От чего зависит температура размягчения битума?
4. Методика определения температуры размягчения битума.
5. Требования, предъявляемые к битумам?
6. Основные свойства нефтяных битумов?

Практическое занятие №3

Тема: Ознакомление с конструкцией проводов и силовых кабелей.

Цель работы: Ознакомиться с типами и конструкциями проводов и кабелей.

Задание

1. отличия между кабелем, проводом и шнуром; 2. конструкция кабельных изделий:

- ☐ токопроводящая жила;
- ☐ изоляция:
 - ✓ поливинилхлоридная изоляция;
 - ✓ резиновая изоляция;
 - ✓ кремнийорганическая изоляция;
 - ✓ изоляция из сшитого полиэтилена;
 - ✓ бумажно-пропитанная изоляция;
 - ✓ полиэтиленовая изоляция;
 - ✓ политетрафторэтиленовая изоляция.
- ☐ экран;

- ☐ оболочка:
 - ☐ металлическая оболочка; ☐ поливинилхлоридная оболочка; ☐ резиновая оболочка.
- ☐ защитный покров.

Методические указания

Различия между кабелем, проводом и шнуром



Кабель – единственная жила или несколько изолированных жил, которые покрываются металлической или неметаллической оболочкой, кроме того могут иметься защитные

покровы (стальные либо алюминиевые ленты или проволока).

Провод – единственная жила или несколько жил, которые изолируются, скручиваются и покрываются

неметаллической оболочкой. Оболочка может



заменяться лёгкими защитными покровами (оплётка из пряжи, стекловолокна).

Шнур – две либо три гибкие параллельные жилы в изоляции, которые заключаются в неметаллическую оболочку,



которая может заменяться лёгкими защитными покровами. **Отсюда вывод:**

- шнуры всегда являются плоскими проводниками (чаще всего применяются в электропроводке), в этом и отличаются от проводов;
- кабель может иметь усиленные защитные покровы, а провод или шнур могут включать лёгкие покровы;
- только кабель может заключаться в металлическую оболочку (свинец, алюминий).

Все проводники эксплуатируются с целью транспортировки электрической энергии с определёнными характеристиками из пункта А в пункт Б в заданных условиях эксплуатации.

Конструктивные элементы кабелей, проводов и шнуров и их функции

Любой проводник состоит из всех либо нескольких конструктивных элементов из перечня:

- токопроводящая жила – проведение электрического тока с минимально возможными потерями в виде нагрева (требования – высокая проводимость, низкая стоимость, стойкость к коррозии, гибкость без надломов).
- изоляция – создание барьера для электрической энергии путём обеспечения наибольшего сопротивления (требования – выполнение роли диэлектрика как можно в большем диапазоне температур, гибкость, технологичность).
- экран – нивелирование внешних электромагнитных помех (требования – простота изготовления, 100% покрытие при изгибах).
- поясная изоляция – дополнительная изоляция снижающая вероятность пробоя.
- оболочка – выполнение защитных функций (противодействие механическим нагрузкам, атмосферным факторам, обеспечение герметичности).
- защитный покров – схожие с оболочкой функции, но в более тяжёлых условиях эксплуатации.

Токопроводящая жила

Все жилы кабелей, проводов и шнуров общепромышленного назначения выпускаются согласно нормативному документу ГОСТ 22483-77.

Стандарт определяет электрическое сопротивление постоянному току 1 километра токопроводящей жилы, на момент приёмки кабельного изделия при температуре +20⁰С. При эксплуатации могут произойти незначительные изменения сопротивления.

Для выявления электрического сопротивления следует знать:

- класс проволоки для токопроводящей жилы (указывает производитель); ☐ материал (медь или алюминий); ☐ площадь сечения.

Класс проволоки для кабельных изделий стационарной прокладки 1 либо 2. Для проводников подразумевающих подвижность в процессе работы классы проволоки от 3 до 6. Чем выше класс проволоки, тем более податлива проволока к изгибу. Алюминиевая проволока бывает максимум 3 класса.

Медная проволока бывает лужёной либо нелужёной. Лужение применяется для защиты меди от коррозии в тропическом макроклимате. Для территории России используется нелужёная медная проволока.

Преимущества *медной* жилы:

- хорошая технологичность (возможно произвести монолитную и многопроволочную жилу практически любого диаметра);
- высокая электропроводность (уступает только серебру);
- хорошие механические характеристики. Недостатки: □ высокая стоимость;
- подверженность коррозии особенно при высоких температурах и влажности (защищается лужением или посеребрением). Плюсы *алюминиевой* жилы:
- низкая цена;
- при контакте с воздухом образуется оксидная плёнка, которая защищает от коррозии. Минусы:
- алюминий достаточно хрупкий металл, поэтому обладает низкой технологичностью и применяется только для стационарной прокладки;
- повышенное электрическое сопротивление самого металла;
- оксидная плёнка приводит к высокому переходному сопротивлению.

Виды изоляции кабелей, проводов

Изоляционные покровы могут изготавливаться:

- из поливинилхлоридного пластиката;
- из электроизоляционной резины;
- из кремнийорганической резины;
- из сшитого полиэтилена;
- из пропитанной кабельной бумаги;
- из полиэтилена;
- из политетрафторэтилена.

Поливинилхлоридный пластикат

Наиболее распространённым изоляционным материалом является **поливинилхлоридный** (аббревиатура ПВХ) пластикат. Варьируя составом полимера добиваются его различных технических характеристик.

Материал имеет высокое электрическое сопротивление при комнатной температуре, но при повышении температуры до $+70^{\circ}\text{C}$ оно снижается на 3 порядка. В связи с этим свойством, рабочая температура токопроводящей жилы составляет $+70^{\circ}\text{C}$, а это влияет на номинальную токовую нагрузку.

Специализация: наиболее распространённая изоляция общепромышленного применения, задействуется в кабелях для стационарной прокладки.

Преимущества:

- низкая цена;
- доступность всех компонентов для изготовления полимера;
- химическая стойкость ко многим реагентам;
- низкая гигроскопичность (поглощение влаги); □ обеспечивает герметичность; □ не распространяет пламени. Недостатки:
- потеря электрического сопротивления при повышении температуры до $+70^{\circ}\text{C}$ и выше;
- небольшой допускаемый радиус изгиба по сравнению с резиной (применяется в проводниках неподвижного присоединения).

Резиновая изоляция

Резиновая изоляция может применяться только с шланговой резиновой оболочкой (если такая имеется). Так как резина из натурального каучука достаточно дорогостоящая, то практически вся применяемая резина в кабельной промышленности является искусственной. К каучуку добавляют:

- вулканизирующие вещества (элементы позволяющие преобразовать линейные связи в каучуке в пространственные связи в изоляции, например, сера);
- ускорители вулканизации (снижают расход времени);

- наполнители (снижают цену материала без существенного снижения технических характеристик);
- мягчители (повышают пластические свойства);
- противостарители (добавляются для оболочек с целью стойкости к солнечной радиации); ☐ красители (для придания нужного цвета).

Резина позволяет назначать большие радиусы изгиба кабельных изделий, поэтому совместно с многопроволочной жилой применяется в проводниках для подвижного присоединения (кабели марки КГ, КГЭШ, провод РПШ).

Специализация: применяется в общепромышленных кабелях для подвижного подсоединения потребителей.

Положительные свойства:

- дешевизна искусственного каучука;
- хорошая гибкость;
- высокие электроизоляционные характеристики (в 6 раз превышают значение для ПВХ пластика);
- практически не впитывает водяные пары из воздуха. Отрицательные качества:
- снижение электрического сопротивления при повышении температуры до +80°C;
- подверженность солнечной радиации (фотоокисление) с последующим характерным растрескиванием поверхностного слоя (при отсутствии оболочки);
- требуется ввод в состав специальных веществ для получения определённой химической стойкости;
- распространяет горение. Кремнийорганическая изоляция

Кремнийорганическая изоляция обладает стойкостью к пониженным и повышенным температурам (ориентировочный эксплуатационный диапазон от -60 до +180°C). Благодаря силоксановым связям их большому числу проявляется термостойкость, а также стойкость к окислителям.

Предел прочности кремнийорганических резин при доведении температуры до +250°C понижается в 2 раза, для органических резин это значение упадёт в 8 раз. Разрушительное влияние оказывают щёлочи и кислоты.

Электрическая прочность не меняется при старении в температуре +275°C в течение 135 дней и снижается всего на 10% при восьмимесячном кипячении в воде.

Учитывая описанные свойства, нашла главное применение в термостойких проводах.

Специализация: применяется для проводов, которые эксплуатируются при высоких температурах.

Плюсы:

- высокие электроизоляционные свойства в широком диапазоне температур;
- хорошая гибкость;
- улучшенная прочность по сравнению с обычной резиной. Минусы:
- относительно высокая цена;
- низкая сопротивляемость истиранию (требуются защитные покрытия); ☐ легко разрушаются под действием кислот и щелочей.

Изоляция из сшитого полиэтилена

Сшитый полиэтилен (аббревиатура СПЭ) современный материал, который помимо связи молекул в цепи имеет связи между соседними цепями. Применяется в высоковольтных кабелях для стационарной прокладки в земле.

Специализация: используется в высоковольтных кабелях для эксплуатации в грунте. Преимущества: ☐ высокая гибкость;

- допускает немного больший нагрев жилы (без серьёзного понижения электрического сопротивления), чем назначен для кабелей с бумажной изоляцией;
- низкая гигроскопичность, из-за чего не требуются дорогостоящие металлические оболочки.

Недостатки:

- высокая стоимость; ☐ сложность изготовления; ☐ зарубежное оборудование. Бумажно-пропитанная изоляция

Бумажно-пропитанная изоляция (аббревиатура БПИ) изготавливается из лент кабельной бумаги, которая пропитывается вязким составом либо нестекающим составом (для прокладки кабелей практически без перепада высоты до 25 метров или с незначительным перепадом по вертикали соответственно).

Основное применение – высоковольтные кабели для прокладки в грунте. Более современной разработкой для тех же целей, являются высоковольтные проводники с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Специализация: применяется в высоковольтных кабелях для прокладки в земле.

- Плюсы:
- низкая стоимость производства;

- хорошие диэлектрические свойства;
- допускает маленькие радиусы изгиба проводника.

Минусы:

- может впитывать влагу, из-за чего снижаются диэлектрические характеристики (поэтому необходима оболочка);
- применяемая пропитка имеет хорошую текучесть, особенно при повышении температуры (кабели практически для горизонтальной прокладки);
- высокая пожароопасность;
- низкая механическая прочность (требуется защитные покровы).

Полиэтиленовая изоляция

Существует два вида полиэтилена, которые применяются для кабельных изделий в композициях:

- полиэтилен низкой плотности (ПЭНП);
- полиэтилен высокой плотности (ПЭВП).

Производятся при высоком и низком давлении соответственно в трубчатых реакторах. Разница в свойствах ПЭНП и ПЭВП:

- размягчение происходит при 105⁰С и 140⁰С;
- влагопроницаемость хуже в 3 раза для ПЭ низкой плотности; □ предел текучести до 1130 и 245 мПа.

При +20⁰ полимер не растворяется ни в одном растворителе. При повышении температуры до +70⁰С растворяется в четырёххлористом углероде, толуоле, хлороформе и ксилоле. Большинство агрессивных сред не наносит никакого вреда.

Полиизобутилен совмещённый с полиэтиленом, стеариновой кислотой и ацетиленовой сажой применяют для создания экранов (электропроводящая композиция).

Специализация: общепромышленные кабели и провода для стационарной прокладки. Положительные качества:

- высокие диэлектрические свойства (в 300 раз превышают электрическое сопротивление ПВХ пластиката);
- стойкость к химическим реагентам; □ низкая гигроскопичность. Отрицательные свойства:
- относительно высокая стоимость;
- потеря сопротивления при повышении температуры;
- слабая гибкость (применяется только в кабелях стационарной прокладки).

Политетрафторэтиленовая изоляция

Политетрафторэтилен (аббревиатура ПТФЭ) при +20⁰С на 90% состоит из кристаллической фазы, оставшаяся часть – аморфное состояние (молекулы расположены в хаосе). Обладает хорошими механическими характеристиками при различных температурных условиях от -90 до +250⁰С. При растяжении кристаллы перестраиваются по направлению усилия.

Повышение температуры до +327⁰С приводит к увеличению объёма на 25% из-за перехода части молекул в аморфную фазу. При достижении +400⁰С начинается разложение с образованием ядовитых газов. Прекрасно противостоит большей части химических реагентов.

При рабочих температурах вступает в реакцию только с расплавленным калием, натрием и несколькими фтористыми соединениями.

Специализация: эксплуатация в широком диапазоне температур в среде с механическим нагрузками.

Преимущества:

- высокое противостояние механическим воздействиям до 250⁰С; □ низкая химическая активность.
- Недостатки:
- высокая стоимость;
 - содержит токсичные вещества.

Экран

Электромагнитные экраны применяются для выравнивания электрического поля в кабелях и проводах. В основном задействованы в высоковольтных кабелях и кабелях управления. Производятся:

- из металлизированной бумаги (при бумажно-пропитанной изоляции);
- из медных проволок (при изоляции их ПВХ и резины);
- из электропроводящей резины (при резиновой изоляции);
- из оцинкованной стальной проволоки (единовременное бронирование и экран).

Экран может быть обособленным (для каждой жилы) либо общим (защищает пучок жил).

Специализация: защита сигнала, проходящего по жиле, от электромагнитных помех. Плюсы:

- достаточная гибкость;
- нужно мало материала;
- попутно может включать функцию механической протекции. Минусы:
- требуются дорогостоящие материалы с высокой электропроводностью.

Виды оболочек кабелей и проводов Основные

функции оболочки: □ протекция от солнечной радиации;

- защита от воды и влаги;
- протекция от агрессивных веществ; □ защита от механических повреждений.

Так как бумажно-пропитанная изоляция обладает высокой влагопроницаемостью, то для высоковольтных кабелей применяют алюминиевую либо свинцовую оболочку. Оболочку для ПВХ или резиновой изоляцией изготавливают из ПВХ пластика или шланговой резины соответственно.

Металлические оболочки

Основное применение металлических оболочек высоковольтные кабели (например, марки ААБл, АСБ – алюминиевая и свинцовая оболочки соответственно).

Применение свинца вызвано его простотой обработкой – податливый металл с низкой температурой плавления, кроме того обладает хорошей гибкостью, стойкостью к агрессивным средам, легко спаивается в полевых условиях при монтаже кабельной линии. Однако при вибрационных нагрузках и воздействии тепла возникают трещины. Так как свинец имеет высокую ползучесть, то при сильных наклонах трассы могут возникать необратимые растяжения оболочки, вплоть до её разрыва. Присадки сурьмы (около 0.6%) повышают вибростойкость, присадка меди (до 0.08%) снижает ползучесть.

Алюминиевые оболочки в 2 - 2.5 раза прочнее свинцовых оболочек, имеют меньшую массу, обладают стойкостью к вибрациям. В некоторых случаях заменяют бронирование. Кроме того оболочка может служить экраном, имея хорошую электрическую проводимость. Существенным недостатком является низкая стойкость к электрохимической и почвенной коррозии, а также высокая стоимость материала.

Специализация: высоковольтные кабели с бумажной изоляцией для прокладки в земле. Преимущества:

- высокая технологичность;
- управление свойствами при внедрении различных добавок; □ попутное экранирование жил. Недостатки:
- необходимость защиты от коррозии;
- дорогостоящие металлы;
- свинец очень пластичен, поэтому легко теряет первоначальную форму.

Оболочки из ПВХ пластика

Шланговый пластикат для оболочки имеет другой состав, в сравнении с изоляционным ПВХ пластикатом. Для полимера требуется защита от светового старения, высокая механическая прочность, иногда стойкость к контакту с маслами и бензином, стойкость к сильным морозам.

При нарушении нижнего предела рабочей температуры, ПВХ пластикат становится жёстким и рассыпается при ударе (после восстановления нормальной температуры свойства возвращаются).

В процессе эксплуатации из-за улетучивания пластификатора снижаются характеристики полимера.

Специализация: общепромышленные проводники для неподвижного подключения, получила широкую распространённость.

Плюсы:

- дешевизна;
- стойкость к химическим веществам; □ достаточная механическая прочность;
- обеспечение герметичности. Минусы:
- плохая гибкость (по сравнению с резиной);
- не допустимы серьёзные механические нагрузки.

Резиновые оболочки

Основные отличия шланговой резины – хорошая восприимчивость растягивающих, крутящих и ударных нагрузок. Существует несколько типов резиновой оболочки (разнообразие определяется факторами): для тяжёлых, средних и лёгких условий работы, обладающих стойкостью к маслу, отрицательным температурам, имеющих свойство не распространения горения.

Вулканизирующим веществом для искусственного каучука является сера (2 - 3 %), наполнителем выступает сажа (технический углерод, причём, чем меньше его частицы, тем более высокие механические параметры резины), ускорителем вулканизации выбирают тиурам.

Классическим представителем кабеля с резиновой изоляцией и резиновой оболочкой является гибкий кабель КГ для подвижной эксплуатации.

Специализация: в проводниках для подвижного подсоединения токоприёмников. Положительные свойства:

- хорошая гибкость;
- умеренная стоимость искусственного каучука; □ практическая герметичность. Отрицательные качества:
- подверженность одновременному воздействию солнечного облучения и кислорода с последующим разрушением поверхности;
- слабая стойкость к химическим веществам.

Защитные покровы

Защитный покров заменяет оболочку и может включать: подушку, бронь и внешний покров.

Подушка применяется с целью защиты изоляции от стальных лент или проволоки, которая наматывается для бронирования проводника. Бронирование производится из стальных или алюминиевых лент либо проволоки (элемент служащий для предохранения внутренних частей кабеля от ударов и других механических воздействий). Внешний покров должен обладать герметичностью и стойкостью к атмосферным (или внешним) факторам и по сути является оболочкой.

Подушки состоят:

- из крепированной бумаги (специальная структура бумаги с высоким относительным удлинением до разрыва);
- из битумного состава либо битума (склеивающее вещество);
- из пластмассовых лент (применяются вместо лент крепированной бумаги).

Бронирование:

- стальными лентами (накладывают два слоя с перекрытием, ленты могут защищаться от коррозии оцинкованием, работают на механические повреждения и не воспринимают растягивающие нагрузки);
- проволокой (накладываются сплошным повивом против скрутки изолированных жил, чтобы не допускать раскручивания; хорошо работают на растяжение и не защищают от ударов и вибраций). Внешние покровы:
- из кабельной пряжи или стекловолокна с пропиткой битумом (могут изготавливать негорючим); □ из пластмассы (полиэтилен или поливинилхлоридный пластикат, тип покрова Шв).

Защитные покровы свойственны высоковольтным кабелям с бумажно-пропитанной изоляцией.

Лёгкие защитные покровы применяются для проводов, применяются для защиты изоляции от несущественных механических воздействий. Могут складываться из хлопчатобумажной пряжи, льняной нити, швейной нитки, стекловолокна.

Оплётка может обрабатываться противогнильным составом (угнетает развитие грибов, микроорганизмов, защищает от термитов) или атмосферостойким составом. При эксплуатации в высоких температурах применяются лаковые покрытия, которые препятствуют проникновению влаги и жидкости, не реагируют с некоторыми химическими активными веществами.

Для проводников с кремнийорганической изоляцией (провод РКГМ) применяется кручёное стекловолокно, которое имеет высокую механическую прочность (в сравнении с пряжей). Для защиты от распространения вредной стеклянной пыли при поломке волокна, такие покровы вскрывают лаками.

Практическое занятие № 4

Тема: Определение марки кабеля

Цель работы: Ознакомиться с маркировкой кабелей и научиться определять марки кабелей.

Методические указания:

Силовые кабели

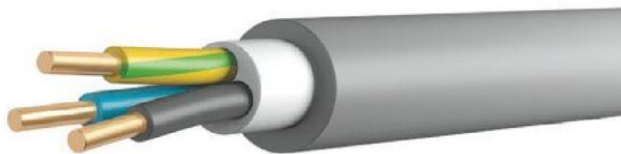
Среди наиболее популярных в последнее время видов кабелей можно назвать кабель ВВГ и его модификации.

ВВГ — обозначается силовой кабель с изоляцией ТПЖ из ПВХ, оболочкой (кембриком) из ПВХ, медным материалом жилы, не имеющий внешней защиты. Используется для передачи и распределения электрического тока, рабочее напряжение — 660–1000 В, частота — 50 Гц. Количество жил может варьироваться от 1 до 5. Сечение — от 1,5 до 240 мм².

В бытовых условиях используется кабель сечением 1,5–6 мм², могут быть как одно-, так и многопроволочными.

ВВГ применяется при широком диапазоне температур: от –50 до +50 °С. Выдерживает влажность до 98 % при температуре до +40 °С. Кабель достаточно прочен на разрыв и изгиб, стоек к агрессивным химическим веществам.

При монтаже следует помнить, что каждый кабель или провод имеет определенный радиус изгиба. Это означает, что для поворота на 90 °С в случае с ВВГ радиус изгиба должен быть не меньше 10 диаметров сечения кабеля.



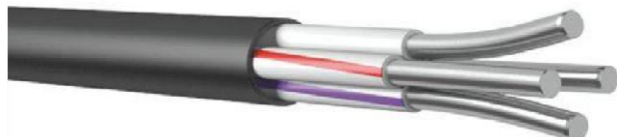
по 100 и 200 м. Иногда встречаются

Количество жил — от 2 до 5, сечение — от 1,5 до 16 мм². Предназначен для проведения

Токопроводящая жила
Изоляция из ПВХ-пластиката
Оболочка из ПВХ-пластиката

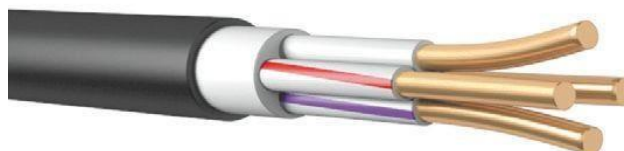


Разновидности кабеля ВВГ:



АВВГ — те же характеристики, только вместо медной жилы используется алюминиевая;

ВВГнг — кембрик с повышенной негорючестью;

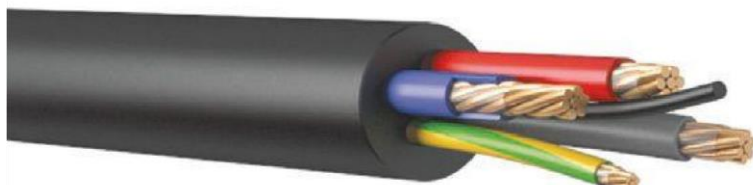


ВВГп — наиболее часто встречающаяся разновидность, сечение кабеля не круглое, а В случае с плоским кабелем или проводом считается ширина плоскости. Внешняя оболочка, как правило, черного цвета, хотя иногда можно встретить и белого. Не распространяет горение. Изоляция ТПЖ маркирована различными цветами: голубым, желтозеленым, коричневым, белым с синей полоской, красным и черным. Кабель упакован в бухты

плоское;

ВВГз — пространство между изоляцией ТПЖ и кембриком заполнено жгутами из ПВХ или резиновой смеси. *НУМ* не имеет российской расшифровки буквенного обозначения. Это медный силовой кабель с изоляцией ТПЖ ПВХ, внешняя оболочка из негорючего ПВХ. Между слоями изоляции находится наполнитель в виде мелованной резины, что придает кабелю повышенную прочность и термостойкость. Жилы многопроволочные, всегда медные осветительных и силовых сетей с напряжением 660 В. Обладает высокой влаго- и термостойкостью. Может применяться для прокладки на открытом воздухе. Диапазон рабочих температур — от -40 до +70 °С. Недостаток: плохо выдерживает воздействие солнечного света, поэтому кабель необходимо укрывать. По сравнению с ВВГ любого вида более стоек и удобен в работе. Однако бывает только круглого сечения и существенно дороже ВВГ. Радиус изгиба — 4 диаметра сечения кабеля.

КГ расшифровывается очень просто — кабель гибкий. Это проводник с рабочим переменным напряжением до 660 В, частотой до 400 Гц или постоянного напряжения 1000 В. Жилы медные, гибкие или повышенной гибкости.



Их количество варьируется от 1 до 6. Изоляция ТПЖ — резина, внешняя оболочка из того же материала. Диапазон рабочих температур — от -60 до +50 °С. Кабель применяется в основном для подсоединения различных переносных устройств. Чаще всего это сварочные аппараты, генераторы, тепловые пушки и т. д. Есть разновидность КГнг с негорючей изоляцией.

ВББШв — бронированный силовой кабель с медными жилами. Последние бывают как однопроволочными, так и многопроволочными. Количество жил — от 1 до 5.

Сечение — от 1,5 мм² до 240 мм². Изоляция ТПЖ, внешняя оболочка, пространство между изоляцией и кембриком — во всех этих местах используется ПВХ. Затем идет броня из двух лент, накрученных таким образом, что внешняя перекрывает границы витков нижней. Поверх брони кабель заключен в защитный шланг из ПВХ, а в модификации ВББШвнг использован этот материал пониженной горючести.



ВВБШв предназначен для переменного номинального напряжения 660 и 1000 В. Одножильные модификации применяются для проведения постоянного тока. Прокладывается в трубах, земле и на открытом воздухе с защитой от солнца. Диапазон рабочих температур — от -50 до $+50$ °С. Влагоустойчив: при температуре $+35$ °С выдерживает влажность 98 %. Применяется при проведении электроэнергии для стационарных установок, а также подведении электричества к отдельно стоящим объектам. Радиус изгиба — не менее 10 диаметров сечения кабеля. ВВБШв прекрасно подойдет для подземного подведения электричества к отдельно стоящему строению.

Модификации:

АВББШв — кабель с алюминиевой жилой;

ВББШвнг — негорючий кабель;

ВББШвнг-LS — негорючий кабель с низким газо- и дымовыделением при повышенных температурах.

Практическое занятие №5

Тема: Ознакомление с основными типами полупроводниковых приборов и их конструкцией

Цель работы: ознакомиться с различными типами полупроводниковых приборов и их конструкцией. **Методические указания:**

К полупроводникам относятся вещества, занимающие по величине удельной электрической проводимости промежуточное положение между металлами и диэлектриками. Полупроводники представляют собой достаточно многочисленную группу веществ. К ним относятся химические элементы: германий, кремний, бор, углерод, фосфор, сера, мышьяк, селен, серое олово, теллур, йод, некоторые химические соединения и многие органические вещества. В электронике находят применение ограниченное количество полупроводниковых материалов. Это, прежде всего, кремний, германий, и арсенид галлия. Ряд веществ, таких как бор, мышьяк, фосфор, используются как примеси. Применяемые в электронике полупроводники имеют совершенную кристаллическую структуру. Их атомы размещены в пространстве в строгой последовательности на постоянных расстояниях друг от друга, образуя кристаллическую решетку. Решетка наиболее распространенных в электронике полупроводников — германия и кремния — имеет структуру алмазного типа.

Силы возникают за счет обмена валентными электронами. Подобная связь атомов носит название ковалентной связи, для ее создания необходима пара электронов.

Электрический ток в полупроводниках обусловлен движением сравнительно небольшого количества электронов. Эта характерная особенность полупроводников объясняется тем, что валентные электроны атомов, из которых состоят полупроводники, прочно связаны со своими атомами и не могут двигаться, т. е. не являются свободными.

Отрыв их от атомов может произойти в результате нагревания полупроводников внешним источником тепла, а для некоторых полупроводников — освещением. Это увеличивает энергию электронов, в результате чего электроны переводятся в более высокое энергетическое состояние, которое позволяет им отрываться от атомов и перемещаться под действием приложенного напряжения. Чем выше температура проводника, тем более высокие энергетические состояния приобретают электроны и тем большее количество их освобождается.

Полупроводники чувствительны к различного рода внешним воздействиям — свету, облучению ядерными частицами, электрическому и магнитному полям, давлению. Специфичность свойств полупроводниковых материалов обусловила широкое техническое применение их для различных приборов — п/п диодов, транзисторов, тиристоров, фотодиодов, фототранзисторов, светодиодов, п/п-вых лазеров, а также датчиков давлений, температур, излучений. Использование п/п-ков вызвало коренные преобразования в радиотехнике, кибернетике, автоматике, телемеханике.

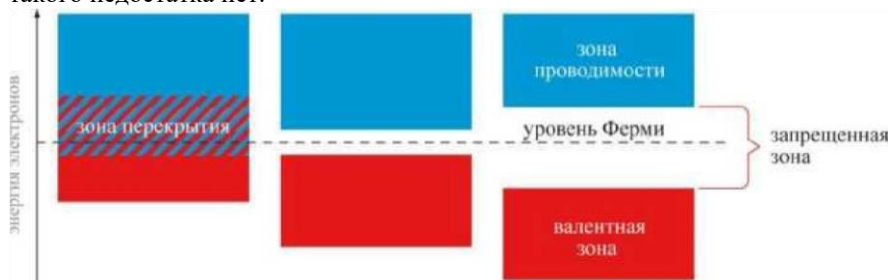
Электропроводность полупроводников

Область энергетических состояний электронов, находясь в которой они могут создавать ток, носит название *зоны проводимости*.

У полупроводников между *валентной зоной* и зоной проводимости имеется *запрещенная зона*. При температуре абсолютного нуля и в отсутствие внешнего воздействия их валентная зона полностью заполнена, а зона проводимости свободна от электронов.

Электропроводность в полупроводниках обуславливается электронами. Она называется *электронной электропроводностью* или *n-типа*. В данном случае электроны, создающие ток, принадлежат атомам самого полупроводника, а не атомам примеси, поэтому такую электропроводность называют *собственной*.

У атома, электрон которого перешел в зону проводимости, образовался недостаток одного электрона. Такие атомы превращаются в положительные ионы, которые, однако, закреплены на месте и не в состоянии двигаться и принимать участие в создании тока. Место отсутствующего электрона может занять электрон с соседнего атома, у которого такого недостатка нет.



Полупроводник диэлектрик

Рис. 1. Упрощенная зонная диаграмма для проводников, полупроводников и диэлектриков

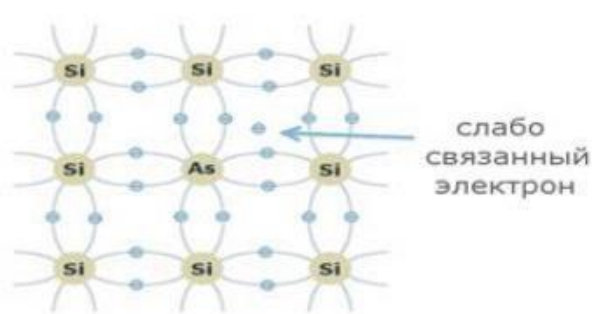


Рис. 2. Электронная проводимость

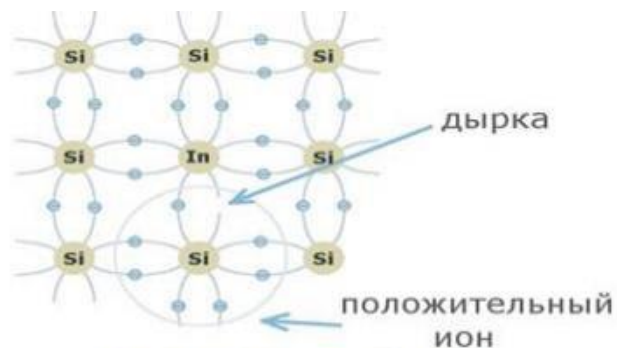


Рис. 3. Дырочная проводимость

Если приложить электрическое напряжение, перескок электронов с одних атомов на другие (соседние) примет характер направленного перемещения их в одну сторону.

Одновременно с этим образующиеся положительно заряженные атомы будут возникать в направлении, противоположном движению электронов. Это будет похоже на движущиеся положительные заряды, т. е. на ток, создаваемый положительными электрическими зарядами, которые движутся в направлении, противоположном движению электронов.

Отсутствие в атоме электрона в результате перехода его в зону проводимости получило название «дырки».

Электрический же ток, образующийся при движении дырок, называют дырочным током. Электропроводность, обусловленная этим дырочным током, называется дырочной электропроводностью или р-типа.

Полупроводники, не содержащие донорные и акцепторные примеси, называют собственными полупроводниками, а содержащие — примесными.

Основные характеристики и свойства полупроводниковых материалов

Каждый полупроводниковый материал, как это выяснено выше, обладает электронной и дырочной электропроводностями. Под действием приложенного электрического напряжения свободные электроны движутся от отрицательного полюса к положительному, а дырки возникают в направлении, противоположном движению электронов.

Свойства полупроводников характеризуются следующими параметрами:

- концентрация носителей тока;
- удельное электрическое сопротивление;
- температурный коэффициент удельного сопротивления;
- подвижность носителей;
- время жизни неосновных носителей;
- фотопроводимость;

-термоэлектрические явления.

Электронно-дырочный переход

При легировании одной области полупроводника акцепторной примесью, а другой области — донорной, возникает тонкий переходный слой, обладающий особыми свойствами. В этом слое, в результате диффузии носители заряда перемещаются оттуда, где их концентрация больше, туда, где их концентрация меньше. Таким образом, из полупроводника р-типа в полупроводник n-типа диффундируют дырки, а из полупроводника n-типа в полупроводник р-типа диффундируют электроны.

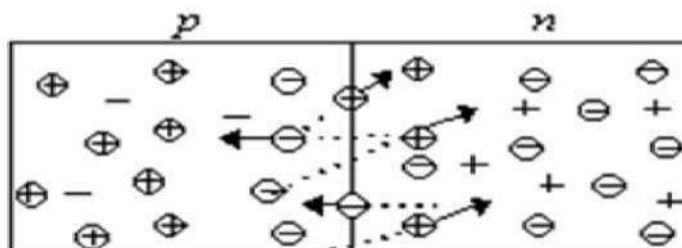


Рис. 4. Р-n переход при отсутствии внешнего напряжения

Р-n переход увеличится, его сопротивление возрастет и в цепи полупроводникового диода электрического тока практически не будет. Однако незначительному количеству не основных носителей зарядов (положительных) из n-области и (отрицательных) из р-области, имеющих большие скорости, удастся проскочить р-n-переход, и в цепи будет протекать весьма небольшой ток, называемый обратным током.

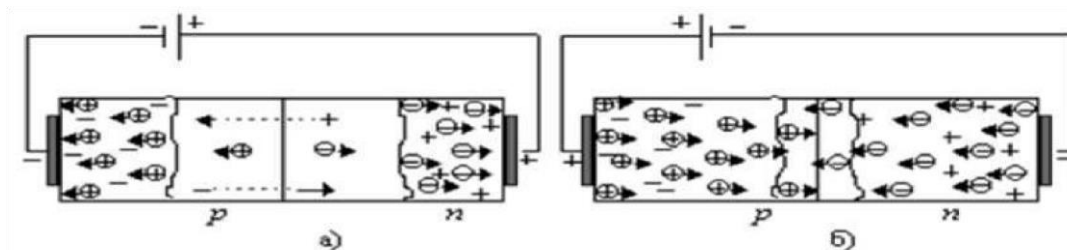


Рис. 5. Принцип работы перехода а) при прямом и б) обратном напряжении

Основные полупроводниковые материалы и изделия

Полупроводники составляют обширную область материалов, отличающихся друг от друга большим многообразием электрических и физических свойств, а также большим многообразием химического состава, что и определяет различные назначения при их техническом использовании.

По химической природе современные полупроводниковые материалы можно распределить на группы:

1. Кристаллические полупроводниковые материалы, построенные из атомов и молекул одного элемента. Такими материалами являются широко используемые в данное время германий (Ge), кремний (Si), селен (Se), карбид кремния (SiC), а также те одноатомные вещества, которые могут быть введены в основные материалы в качестве активных примесей: фосфор (P), мышьяк (As), бор (B), олово (Sn), индий (In), галлий (Ga).

2. Окисные кристаллические полупроводниковые материалы, т. е. материалы из окислов металлов. Главные из них закись меди (Cu_2O), окись цинка (ZnO), окись кадмия (CdO), двуокись титана (TiO_2), окись никеля (NiO) и др. В эту же группу входят материалы, изготавливаемые на основе титаната бария, стронция, цинка и другие неорганические соединения с различными малыми добавками.

3. Кристаллические полупроводниковые материалы на основе соединений атомов третьей и пятой групп системы элементов Менделеева, которые можно обозначить общей формулой $\text{AIII}^{\text{I}}\text{B}^{\text{V}}$, где буквы означают атомы, а римские цифры — номера групп. Примерами таких материалов являются антимониды индия (In), галлия (Ga) и алюминия (Al), т.е. соединения сурьмы (Sb) с индием, галлием и алюминием.

Практическое занятие №6

Тема: Изучение конструкции и принципа действия силового электромагнита.

Цель работы: Исследовать влияние рабочего зазора на тяговое усилие электромагнита.

Методические указания

Силовые электромагниты находят применение в электромагнитных приводах различных устройств. Многие из них благодаря механизации и автоматизации производственных процессов выпускаются серийно большими партиями до сотен тысяч штук в год. Конструкции электромагнитов разнообразны и могут быть классифицированы по ряду признаков, например:

- по способу действия: удерживающие — для удержания грузов или деталей, например, электромагнитные столы станков, грузоподъемные электромагниты; притягивающие — совершают механическую работу, притягивая свой якорь;
- по способу включения: с параллельной катушкой — ток в катушке определяется параметрами самого электромагнита и напряжения сети; с последовательной катушкой — ток в катушке определяется параметрами устройств (машин, аппаратов), в цепь которых включена катушка;
- по роду тока: постоянного тока, переменного тока;
- по характеру движения якоря: поворотные — якорь совершает поворот относительно некоторой фиксированной точки (опоры) или оси; прямоходовые — якорь перемещается поступательно.

Магнитные системы электромагнитов отличаются большим разнообразием форм конструктивных решений (рис.1), диапазоном развиваемых тяговых усилий и перемещений подвижных частей.

Во многих руководствах электромагниты классифицируются по конструктивным признакам: плоские или цилиндрические, то есть имеющие прямоугольное П - или Ш - или Е - образное ядро и прямоугольный якорь или цилиндрический корпус и якорь; короткоходовые или длинноходовые в зависимости от размера перемещений якоря по отношению к высоте обмотки возбуждения; с втяжным якорем, с внешним поперечно движущимся якорем, с комбинированным якорем; со стопом (ограничителем хода якоря) или со свободным выбегом якоря (бойка) для электромагнитов ударного действия и т.п.

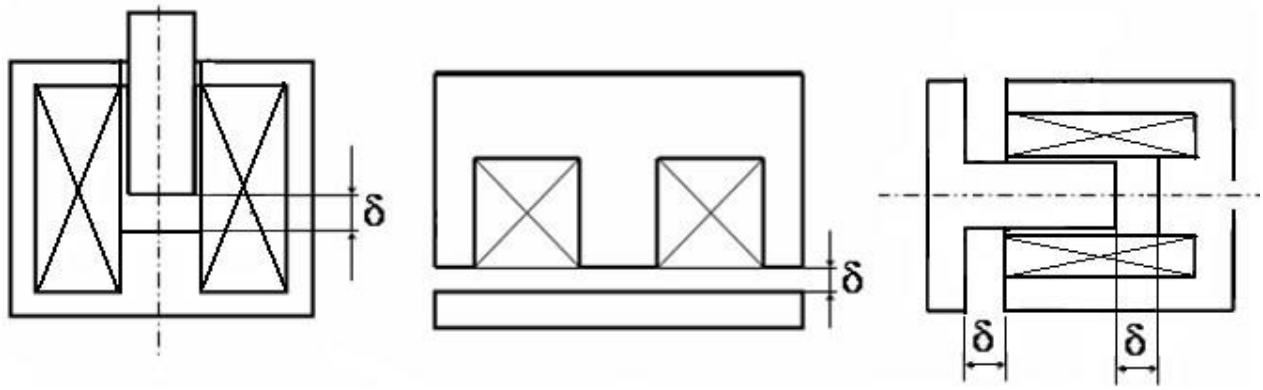


Рис. 1. Разновидности конструкций магнитных систем силовых электромагнитов с втяжным якорем (а), с внешним притягивающимся якорем (б), с комбинированным якорем (в)

При прохождении тока по обмотке электромагнита возникает магнитный поток, который распространяется в пространстве по замкнутому контуру. В электромагнитах такие замкнутые контуры образуются ферромагнитными и неферромагнитными элементами их конструкций, и называются магнитными цепями. Магнитная цепь электромагнита состоит из магнитопровода и воздушных зазоров. Изменяющейся при движении якоря электромагнита зазор называется рабочим. Постоянные воздушные зазоры на пути магнитного потока являются паразитными или технологическими. Магнитный поток, замыкающийся через рабочий зазор, называется основным. Все остальные потоки, замыкающиеся вне рабочего зазора, представляют собой потоки рассеяния.

Между уравнениями, определяющими электромагнитные процессы в магнитных и электрических цепях, имеется аналогия в записи уравнений, если принять следующие соответствия:

$$E \leftrightarrow F, I \leftrightarrow \Phi, U \leftrightarrow U_M, R \leftrightarrow R_M,$$

где E - ЭДС источника электрической энергии, а F - намагничивающая (магнитодвижущая) сила; I - электрический ток, а Φ - магнитный поток; U - электрическое напряжение, а U_M - магнитное напряжение; R - электрическое сопротивление, а R_M - магнитное сопротивление.

В этом можно убедиться, сопоставив следующие уравнения:

для электрической цепи

$$\vec{J} = \gamma \vec{E}, \quad I = \int_S \vec{J} d\vec{S}, \quad \text{div} \vec{J} = 0, \quad U = \int_{\vec{\ell}} \vec{E} d\vec{\ell};$$

для магнитной цепи

$$\vec{B} = \mu_a \cdot \vec{H}, \quad \Phi = \int_S \vec{B} d\vec{S}, \quad \text{div} \vec{B} = 0, \quad U_M = \int_{\vec{\ell}} \vec{H} d\vec{\ell},$$

где $\vec{J}$ - вектор плотности электрического тока; $\vec{E}$ - вектор напряженности электрического поля; γ - электропроводность материала обмоточного провода; $\vec{B}$ - вектор индукции магнитного поля; $\vec{H}$ - вектор напряженности магнитного поля; μ_a - абсолютная магнитная проницаемость среды.

Аналогия в записи уравнений позволяет заменить магнитную цепь электромагнита эквивалентной схемой замещения (рис. 2) и использовать для ее расчета известный аппарат теории электрических цепей. Однако при переходе от магнитных цепей к их схемам замещения возникают существенные трудности. Они обусловлены различиями свойствами сред по отношению к электрическому току и магнитному потоку. Если электрическая цепь может быть составлена из проводников, причем окружающая среда (воздух) в обычных условиях является изолятором, то магнитная цепь состоит из отдельных участков и включает воздушные зазоры, где образуется магнитное поле рассеяния. При этом удельные электрические сопротивления проводников и изоляторов отличаются на 15 порядков и более.

Состояние магнитопровода сильно зависит от технического насыщения, и отличается не более, чем на 6 порядков от абсолютной магнитной проницаемости вакуума $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м. Так, например, для электротехнической стали марки 3421 максимальная магнитная проницаемость $\mu_{a \max} = 1,25 \cdot 10^2$ Гн/м, для пермаллоя марки 79 НМ соответственно 0,19 Гн/м.

При построении схем замещения магнитных цепей резистивный элемент является аналогом трубки магнитного потока. Трубкой магнитного потока называют часть пространства, ограниченную трубчатой поверхностью и совокупностью силовых линий магнитного поля. В любом сечении такой трубки, нормальном к ее оси, магнитный поток один и тот же. Если магнитная индукция в пределах сечения трубки распределена равномерно, то можно принять: где S – площадь сечения трубки, Φ – соответственно магнитный поток и магнитная индукция в сечении трубки.

Для участка магнитной цепи длиной ℓ , характеризую $\Phi = B \cdot S$ постоянной магнитной проницаемостью ($\mu = \text{const}$), магнитное сопротивление R_M и магнитная проводимость G_M рассчитываются по формулам:

$$R_M = \frac{\ell}{\mu_0 \cdot \mu \cdot S}, \quad G_M = \frac{1}{R_M}.$$

Учет магнитного сопротивления материала магнитопровода оказывает существенное влияние на расчет магнитной цепи. При значительных зазорах магнитная система электромагнита является ненасыщенной. Поэтому магнитным сопротивлением стали, как правило, пренебрегают. При малых зазорах магнитная система насыщается и при расчете магнитной цепи применяется графоаналитический метод.

Для определения магнитного потока требуется знание геометрии магнитной системы электромагнита, обмоточных данных и основной кривой намагничивания магнитопровода $B = B(H)$. В правильно спроектированной конструкции электромагнита магнитная индукция на участке цепи не должна быть чрезмерно большой, насыщение стали не должно превышать допустимого значения $1,2 \div 1,3$ Тл, а для пермаллоев $1,8 \div 2,2$ Тл.

При учете магнитного сопротивления стали расчет магнитной цепи удобнее вести непосредственно, определяя магнитное напряжение на участке цепи по формуле

$$U_M = H\ell,$$

где H – напряженность магнитного поля, определяемая по основной кривой намагничивания и $B = B(H)$ у значению магнитной индукции B .

По найденному из расчета магнитной цепи электромагнита распределению магнитного потока на различных участках вычисляется потокоцепление обмотки.

Если неразветвленную магнитную цепь электромагнита (рис. 2) без учета потоков рассеяния привести к схеме замещения с двумя участками (рис. 4), моделирующими ферромагнитный участок и участок воздушного зазора, то при наличии в цепи намагничивающей силы обмотки и постоянства магнитной проницаемости

ферромагнетика $\mu_a = \mu_0 \cdot \mu$ магнитный поток $F = I \cdot W$ и второго закона Кирхгофа будет:

$$\text{где } \mu - \text{относительная проницаемость стали; } \ell - \text{длина средней линии}$$

магнитной цепи; S – сечение магнитной цепи; δ – длина воздушного зазора.

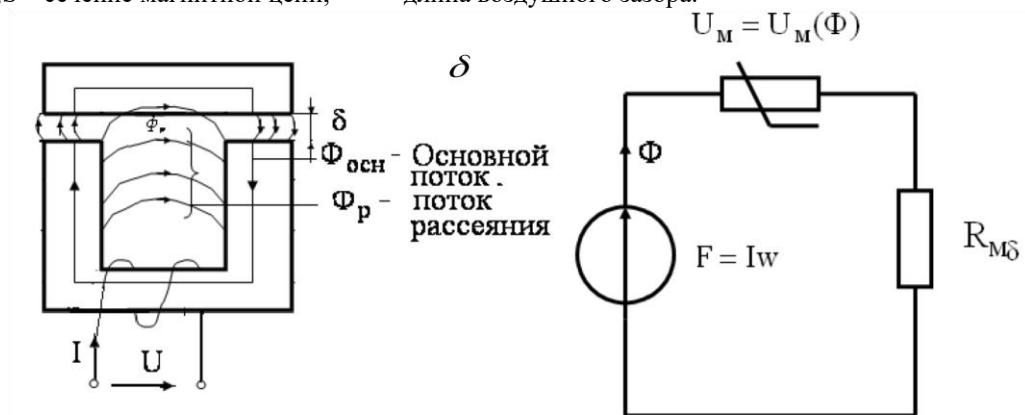


Рис. 2 Рис. 3

Потокоцепление обмотки электромагнита будет:

$$\psi = \Phi W = \frac{(IW)^2 \cdot S \cdot \mu_0 \mu}{\ell + \delta \cdot (\mu - 1)}$$

Взаимосвязь потокоцепления и тока принято характеризовать статической индуктивностью

$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{W^2 \cdot S \cdot \mu_0 \mu_{\square}}{\ell + \delta \cdot (\mu_{\square} - 1)}.$$

Индуктивность обмотки электромагнита является функцией одной переменной, аргументом которой служат длина воздушного зазора. Зависимость индуктивности обмотки

электромагнита от рабочего зазора называется статической характеристикой.

Определив зависимость $L = L(\delta)$ расчетным или экспериментальным путем, можно найти тяговое усилие электромагнита в функции от величины рабочего зазора

$$F_{\text{эм}} = F_{\text{эм}}(\delta) = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\delta}.$$

Характеристика $F_{\text{эм}} = F_{\text{эм}}(\delta)$, построенная при неизменном значении тока в обмотке, получила название статическая тяговая характеристика.

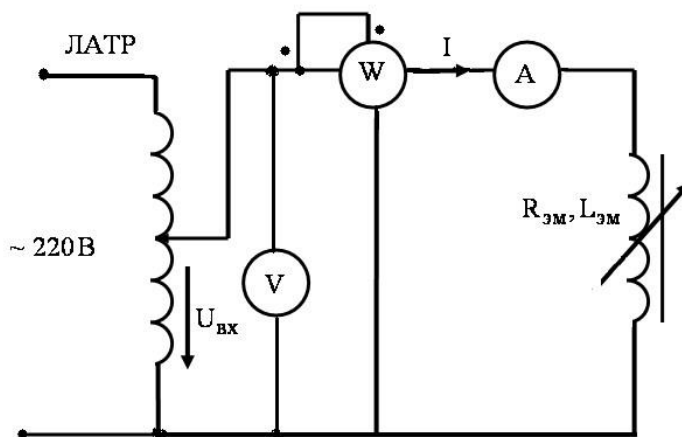


Рис.4

Практическое занятие №7

Тема: Изучение конструкции режущего инструмента (токарного резца)

Цель работы: практическое изучение конструкции токарных резцов, освоение методов контроля геометрических параметров токарных резцов.

Методические указания:

При обработке металлов резанием изделие получается в результате срезания с заготовки слоя припуска, который удаляется в виде стружки. Готовая деталь ограничивается вновь образованными обработанными поверхностями. На обрабатываемой заготовке в процессе резания различают обрабатываемую и обработанную поверхности. Кроме того, непосредственно в процессе резания режущей кромкой инструмента образуется и временно существует поверхность резания.

Для осуществления процесса резания необходимо и достаточно иметь одно взаимное перемещение детали и инструмента. Однако для обработки поверхности одного взаимного перемещения, как правило, недостаточно. В этом случае бывает необходимо иметь два или более, взаимосвязанных движений обрабатываемой детали и инструмента. Интенсивность процесса резания определяется режимами резания, свойствами режущего инструмента.

К конструкции резцов предъявляются следующие требования:

1. Инструмент должен соответствовать своему технологическому назначению (черновая, чистовая обработка, растачивание резьбы и т. п.).
2. Конструкция резца должна обеспечить наибольшую производительность, для чего:
 - а) резцы должны обладать высокой износостойкостью, что определяется правильным выбором марки режущей части инструмента;
 - б) резцы должны иметь достаточную прочность и жесткость для предотвращения вибраций и обеспечения точности обработки;
 - в) резцы должны иметь оптимальную геометрию, обеспечивающую наименьшие силы резания, и допускать наибольшие скорости резания при заданном периоде стойкости.
3. Резец должен допускать возможно большее количество переточек.

4. В серийном производстве желательно, чтобы резец был пригоден для возможно более разнообразных работ (универсальность резца).

Резцы классифицируют по виду выполняемой операции, по направлению подачи, по форме и расположению головки. В зависимости от выполняемой операции на токарных станках резцы разделяются на проходные, проходные упорные, подрезные, отрезные, расточные проходные, расточные

Кроме того, резцы подразделяются на резцы с оттянутыми (рис.2г) и с обычными головками (рис. 2а).

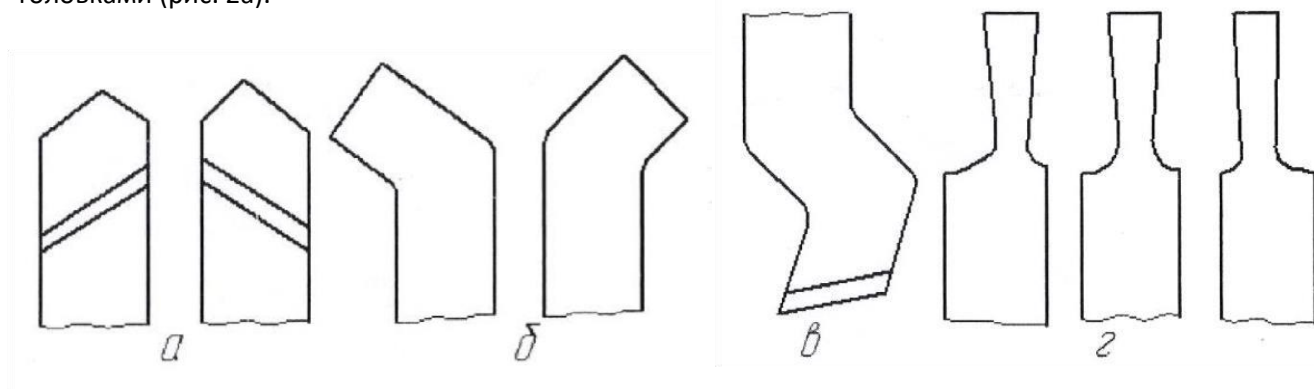


Рис. 2 Классификация резцов по форме головки и ее расположению

упорные, резьбонарезные.

По направлению подачи резцы разделяются на правые и левые. Метод определения резцов по подаче представлен на рис. 1.

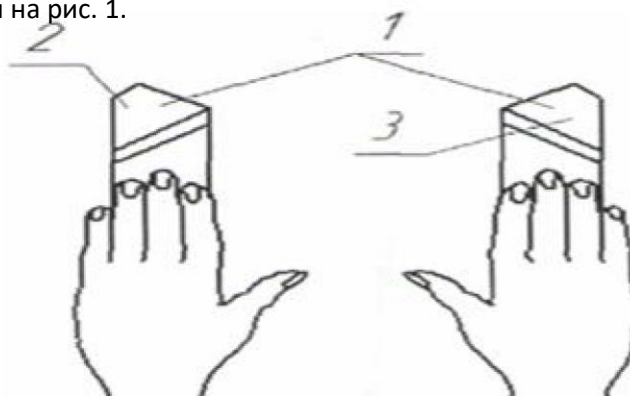


Рис. 1 Метод определения резцов по подаче

Если при наложении правой руки на резец большой палец направлен к главной режущей кромке, то такой резец называется правым, если палец левой руки, то это будет левый резец. На токарных станках правыми резцами работают справа налево (по направлению к передней бабке станка), а левыми - слева направо (по направлению к задней бабке станка).

По форме головки и её расположению резцы разделяются на:

-прямые (рис. 2а); -отогнутые (рис. 2б); -изогнутые (рис. 2в).

По характеру установки резца относительно обрабатываемой детали резцы разделяют на радиальные (рис.3а), и тангенциальные (рис.3б).

По применяемости на станках:

-токарные (рис.3а, рис.3б);

-резцы для автоматов и полуавтоматов (рис.3а, рис.3б); - специальные для специальных станков; - фасонные (рис. 3в). По виду обработки:

-проходные (рис.3а);
-подрезные (рис.3г); -отрезные (рис. 3д);
-расточные (рис.3е); - резьбонарезные (рис. 3и).

По характеру обработки:

-черновые;
-чистовые;
-для тонкого точения.

Эти резцы могут входить в любой из трех названных выше типов резцов и отличаются между собой либо геометрическими параметрами, либо точностью и классом шероховатости рабочей поверхности, либо инструментальным материалом режущей части.

По конструкции головки:

-прямые (рис. 3а);
-отогнутые (з); -изогнутые (в);
-оттянутые (и).

По направлению подачи: -правые (а); -левые (м).

По способу изготовления:

-с головкой сделанной за одно целое со стержнем (а...д, з..м, о);
-с головкой в виде сменной вставки, снабженной пластинкой режущего материала (н, р);
-с приваренной встык головкой и т.д.

По роду инструментального материала:

-из быстрорежущей стали (а...в);
-с пластинками твердого сплава (з); -с пластинками из минералокерамики (н); -с алмазными вставками (и).

Главные элементы резцов.

Резец состоит из двух основных частей:

-головки 1;
-тела 5 или стержня (рис.4).

Головка является рабочей частью резца. Стержень служит для закрепления резца в резцедержателе.

Рабочую часть резца выполняют из инструментальных сталей, металлокерамических твердых сплавов, минералокерамики, кермета или алмаза. Рабочая часть резца (головка) ограничена тремя поверхностями: передней 4, задней главной 6 и задней вспомогательной 8.

Передней поверхностью называется поверхность, по которой сходит стружка. На передней поверхности срезаемый слой деформируется и формируется в стружку: удельная сила деформации в среднем составляет около 150 кг/ .

Режущие кромки получаются в результате пересечения трех указанных выше поверхностей.

Главная режущая кромка 3, выполняющая основную работу резания, образуется от пересечения передней и главной задней поверхностей, а вспомогательная режущая кромка-от пересечения передней и вспомогательной задней поверхности.

Следует учесть, что некоторые резцы могут иметь по несколько вспомогательных режущих кромок или дополнительные и переходные режущие кромки.

Вершина резца представляет собой место сопряжения главной режущей кромки с вспомогательной. Вершина резца в плане может быть острой, закругленной или в виде фаски.

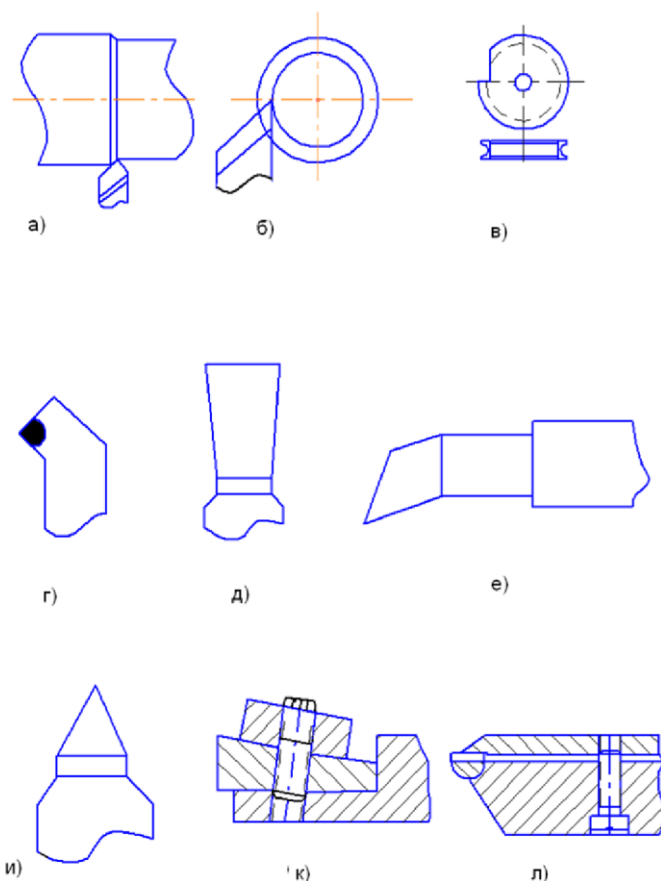


Рис. 3 Типы резцов

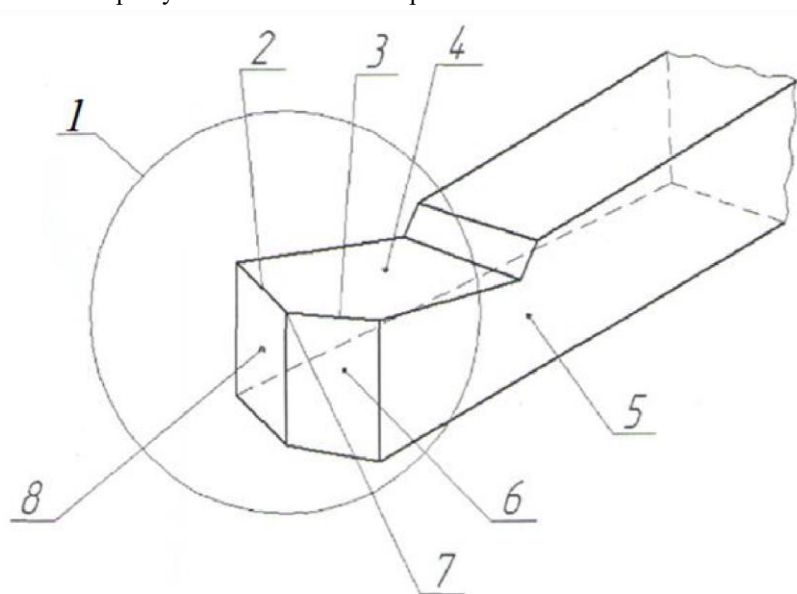


Рис. 4 Элементы резца