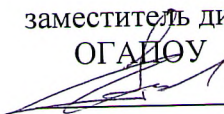


**ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВАЛУЙСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ТЕХНИКУМ»**

Согласовано:  
заместитель директора по УМР  
ОГАПОУ «ВИТ»  
  
Рябинин А.Н.

**КОМПЛЕКТ  
КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ  
СРЕДСТВ**

**по учебной дисциплине  
«Основы материаловедения»**

**для обучающихся профессии:**

**15.01.20 Слесарь по контрольно – измерительным приборам и  
автоматике**

г. Валуйки

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств .....	4
2. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.....	6
3. Оценка освоения учебной дисциплины .....	12
3.1. Формы и методы оценивания .....	12
3.2. Типовые задания для оценки освоения учебной дисциплины.....	15
4. Контрольно-оценочные материалы для итоговой аттестации по учебной дисциплине.....	22
5. Приложения. Задания для оценки освоения дисциплины.....	33

## 1. Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств

В результате освоения учебной дисциплины ОП.05. Основы материаловедения обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС по профессии 15.01.20. Слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике следующими умениями, знаниями, которые формируют профессиональную компетенцию, и общими компетенциями:

- У1. Определять свойства конструкционных и сырьевых материалов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их;
  - У2. Определять твёрдость материалов;
  - У3. Определять режимы отжига, закалки и отпуска стали;
  - У4. Подбирать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации;
  - У5. Подбирать способы и режимы обработки металлов (литьём, давлением, сваркой, резанием) для изготовления различных деталей;
  - З1. Виды механической, химической и термической обработки металлов и сплавов;
  - З2. Виды прокладочных и уплотнительных материалов;
  - З3. Закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, защиты от коррозии;
  - З4. Классификацию. основные виды. маркировку, область применения и виды обработки конструкционных материалов, основные сведения об их назначении и свойствах, принципы их выбора для применения в производстве;
  - З5. Методы измерения параметров и определения свойств материалов;
  - З6. Основные сведения о кристаллизации и структуре расплавов;
  - З7. Основные сведения о назначении и свойствах металлов и сплавов, о технологии их производства;
  - З8. Основные свойства полимеров и их использование;
  - З9. Особенности строения металлов и сплавов;
  - З10. Свойства смазочных и абразивных материалов;
  - З11. Способы получения композиционных материалов;
- сущность технологических процессов литья, сварки, обработки металлов давлением и резанием;.

ОК1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ОК 10. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий и лабораторных работ, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий, проектов, исследований.



## 2. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

2.1. В результате аттестации по учебной дисциплине осуществляется комплексная проверка следующих умений и знаний, а также динамика формирования общих компетенций:

### Основные показатели оценки результатов

Таблица 1

Результаты обучения(освоенные умения, усвоенные знания)	Показатели оценки результата	Форма, методы контроля и оценивания результатов обучения
<p><b>Умения:</b>                      У1. Определять свойства конструкционных и сырьевых материалов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их;.                      ОК2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.                      ОК3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.                      ОК4. Осуществлять поиск и использование информации,необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.</p>	<p>Выбор наиболее оптимальных материалов для выплавки сталей, чугунов и сплавов цветных металлов.</p> <p>Распознавание характерных признаков и свойств материалов.</p> <p>Использование различных источников информации для сравнения образца: фотографии, микрошлифы, справочные материалы, образцы.</p>	<p><i>Лабораторные и практические работы, опрос</i></p>
<p>У2. Определять виды конструкционных материалов                      ОК3. Принимать решения в стандартных</p>	<p>Определен ие видов и свойств</p>	<p><i>Лабораторные и практические</i></p>

<p>и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.</p> <p>ОК4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.</p> <p>ОК5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности</p>	<p>конструкционных материалов по маркировке и характеристикам</p> <p>Определять марку материала, исходя из условий работы аналогичных деталей и узлов машин и механизмов.</p> <p>Использование справочной и технической литературы, ГОСТов для определения вида материала.</p>	<p><i>работы, опрос</i></p>
<p>У3. Выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации</p> <p>ОК3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.</p> <p>ОК4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.</p> <p>ОК5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности</p>	<p>Рациональный выбор конструкционных материалов, исходя из их свойств, для работы в различных условиях.</p> <p>Осуществление выбора по техническим характеристикам материалов, исследованиям</p>	<p>Лабораторные и практические работы, опрос</p>

	<p>аналогов в определенных условиях</p> <p>Использование справочной и технической литературы, ГОСТов для определения вида материала, способного работать в заданных условиях эксплуатации.</p>	
<p>У4. Проводить исследования и испытания материалов</p> <p>ОК3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.</p> <p>ОК4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.</p> <p>ОК5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности</p> <p>ОК6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.</p> <p>ОК7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.</p> <p>У5. Подбирать способы и режимы обработки металлов (литьём, давлением, сваркой, резанием) для изготовления различных деталей;</p> <p>ОК 8. Самостоятельно определять задачи</p>	<p>Определение количественных характеристик свойств материалов с использованием испытательного оборудования.</p> <p>Грамотный подбор оборудования для испытания материалов изделий</p> <p>Овладение информацией о современных способах и методах исследований свойств материалов.</p> <p>Изучение конструкций и области применения современного испытательного оборудования.</p> <p>Способность выполнять испытания в</p>	<p>Лабораторные и практические работы, опрос</p>

<p>профессионального и личного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации</p> <p>ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности</p> <p>ОК 10. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей)</p>	<p>команде</p> <p>Развитие навыков принятия решения, выдачи задания и отчетности за работу</p> <p>Подборка способов и режимов обработки металлов для изготовления различных деталей</p> <p>Планирование обучающимся, повышение личного и квалификационного уровня</p> <p>Проявление интереса к инновациям в области профессиональной деятельности</p> <p>Владение и использование современных технологий в профессиональной деятельности</p> <p>Демонстрация готовности к исполнению воинской обязанности</p> <p>Демонстрация готовности применения профессиональных знаний при</p>	<p>Лабораторные и практические работы, опрос</p>
--	---	--

	исполнении воинской обязанности	
<p><b>Знания:</b></p> <p>31. Виды механической, химической и термической обработки металлов и сплавов;</p> <p>32. Виды прокладочных и уплотнительных материалов;</p> <p>33. Закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, защиты от коррозии;</p> <p>34. Классификацию. основные виды. маркировку, область применения и виды обработки конструкционных материалов, основные сведения об их назначении и свойствах, принципы их выбора для применения в производстве;</p> <p>35. Методы измерения параметров и определения свойств материалов;</p> <p>36. Основные сведения о кристаллизации и структуре сплавов;</p> <p>37. Основные сведения о назначении и свойствах металлов и сплавов, о технологии их производства;</p> <p>38. Основные свойства полимеров и их использование;</p> <p>39. Особенности строения металлов и сплавов;</p> <p>310. Свойства смазочных и абразивных материалов;</p> <p>311. Способы получения композиционных материалов;</p>	<p>Рациональный выбор вида термообработки металлов и сплавов по заданным условиям</p> <p>Выбор оптимальных способов защиты от коррозии, исходя из структуры и свойств металлов и сплавов</p> <p>Способы защиты от коррозии</p> <p>Выбор конструкционных материалов для применения их в производстве</p> <p>Определение свойств материалов</p> <p>Кристаллизация металлов и сплавов. Форма кристаллов и строение слитков</p> <p>Маркировка углеродистых и легированных сталей. Маркировка цветных металлов</p>	<p>Лабораторные и практические работы, опрос</p>

	<p>Классификация пластмасс в зависимости от поведения их при нагревании  Элементы кристаллографии.  Методы испытания материалов  Использование абразивного инструмента в машиностроении</p> <p>Рациональный выбор композиционных и конструкционных материалов, исходя из потребностей и условий эксплуатации деталей машин и оборудования на производстве</p>	<p>Лабораторные и практические работы, опрос</p>
--	---	--

### 3. Оценка освоения учебной дисциплины

#### 3.1. Формы и методы оценивания

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

Контроль и оценка освоения учебной дисциплины по темам (разделам)

Таблица 2

Вид текущего контроля	Объект оценивания	Аудиторная (А) или внеаудиторная (В)	Умения				Знания			
			У1	У2	У3	У4	З1	З2	З3	З4
<b>Лабораторные и практические работы</b>										
Л.Р: Механические свойства материалов. Методы испытания материалов.	1.Создание презентации 2.Представление и защита работы	А/В				+				+
ПЗ: Диаграмма состояния железо- углерод.	1.Создание презентации 2.Представление и защита работы	А/В				+				+
ПЗ: Маркировка углеродистых и легированных сталей.	1.Оформленный письменный отчет 2. Ответы на контрольные вопросы			+	+		+		+	+
ПЗ: Маркировка цветных металлов.	1.Оформленный письменный отчет 2. Ответы на контрольные вопросы	А/В		+	+				+	+
ПЗ: Маркировка алюминиевых и магниевых сплавов.	1.Оформленный письменный отчет 2. Ответы на	А/В		+	+				+	+

	контрольные вопросы										
Л.Р: Определение удельных электрических сопротивлений твердых диэлектриков.	1.Оформленный письменный отчёт 2. Ответы на контрольные вопросы	A/B		+	+					+	+
П.3: Практическое применение припоев и флюсов.	1.Оформленный письменный отчёт 2. Ответы на контрольные вопросы	A/B		+	+					+	+
<b>Самостоятельная работа</b>											
Подготовка к выполнению лабораторных работ	Оформление шаблона лабораторных работ	B		+	+					+	+
Подготовка сообщений о назначении и свойствах материалов	Письменное или устное сообщение	B	+	+							+
Подготовка сообщений о способах обработки материалов	Письменное или устное сообщение	B				+				+	
Подготовка презентаций по темам л.р.№№1, 2, 3	Презентация	B				+					+
<b>Текущий контроль:</b>											
Тема 1.2 Формирование структуры материалов.	Контрольная работа	A		+	+					+	
Тема 2.2 Стали с особыми свойствами	Контрольная работа	A		+	+					+	+
Тема 2.6 Неметаллические материалы	Контрольная работа	A									
<b>Зачёт</b>	По текущей успеваемости с учетом оценок за лабораторные работы	A	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Итого максимум:</b>		66 часа									



Изучение дисциплины заканчивается дифференцированным зачетом

### **3.2. Типовые задания для оценки освоения учебной дисциплины**

#### **3.2.1. Типовые задания для оценки знаний 31,32, 33, умений У2 , У3 (текущий контроль)**

Задание для проведения контрольной работы №1.

##### Вариант 1.

1. В чем отличие кристаллических веществ от аморфных.
2. Показать на диаграмме сплава железо-углерод линию солидус и описать фазы состояния сплава выше и ниже линии.
3. Дать определение деформации: упругой и пластической.

##### Вариант 2.

1. Назовите известные вам кристаллические решетки.
2. Показать на диаграмме сплава железо-углерод и описать фазовые превращения сплава при содержании углерода 1%.
3. Диаграмма растяжения металлов.

##### Вариант 3.

1. Назовите типы сплавов.
2. Показать на диаграмме сплава железо-углерод и описать аллотропные изменения железа при содержании углерода 0%, назвать виды кристаллических решеток.
3. Свойства пластически деформированных металлов.

##### Вариант 4.

1. Написать схему строения слитка.
2. Показать на диаграмме сплава железо-углерод и описать какие фазы сплава существуют при температуре +1147 градусов С и содержании углерода 2,14% и более.
3. Как меняется структура и свойства металлов при наклепе.

## Краткие ответы на контрольную работу №1.

### Вариант 1.

1. Известны два различных вида затвердевания:

1) кристаллизация вещества. В этом случае в жидкости, охлажденной до определенной температуры, появляются мельчайшие кристаллы, т. е. области упорядоченно расположенных и прочно связанных между собой частиц (молекул, атомов, ионов). Кристаллы являются центрами кристаллизации, которые при дальнейшем отводе теплоты от вещества разрастаются за счет присоединения к ним частиц из жидкой фазы и охватывают весь объем вещества;

2) затвердевание вследствие сравнительно быстрого повышения вязкости жидкости с понижением температуры. Известны две разновидности этого процесса. У некоторых веществ (воск, битум, смолы) кристаллизация совсем не наблюдается; они называются аморфными телами.

Таким образом, кристаллическими называют тела, в которых атомы и молекулы расположены в правильном геометрическом порядке, а аморфными - в которых атомы и молекулы расположены беспорядочно. Стеклообразные тела также относятся к разряду аморфных, так как внутри них нет кристаллов.

2. Линия  $ABCD$  является линией ликвидуса, а  $ANIECF$  — линией солидуса. Выше линии солидуса существует жидкий сплав (Ж) — жидкий раствор углерода в железе. Ниже линии только твердый сплав, кристаллическая решетка аустенита: ГЦК, в остальных сплавах ОЦК.

3. *Деформацией* называется изменение размеров и формы тела под действием внешних усилий. Деформации подразделяют на упругие и пластические. Упругие деформации исчезают, а пластические остаются после окончания действия приложенных сил. В основе упругих деформаций лежат обратимые смещения атомов металлов от положений равновесия; в основе пластических — необратимые перемещения атомов на значительные расстояния от исходных положений равновесия.

### Вариант 2.

1. Кристаллическую решетку металла можно представить в виде системы простых геометрических фигур. В металлах чаще всего встречаются три типа расположения атомов; 1) в углах и в центре куба - кубическая объемноцентрированная решетка; 2) по углам куба и в середине каждой его грани - кубическая гранецентрированная решетка; 3) в углах и в центре на

шестигранных основаниях призмы и три атома внутри ее - плотно упакованная гексагональная решетка.

2. Выше линии ликвидуса ABCD жидкое состояние, ниже – начало кристаллизации, образование аустенита с ГЦК решеткой. Ниже линии солидуса ANJECF твердый аустенит. Ниже линии GSE образуется вторичный цементит с ОЦК решеткой до линии PSK. Ниже линии превращения кристаллической решетки прекращаются, образуется цементит и перлит, сплав приобретает магнитные свойства.

3.  $F$  - продольная растягивающая сила, [Н];

$\Delta l$  - абсолютное удлинение рабочей части образца, [мм]

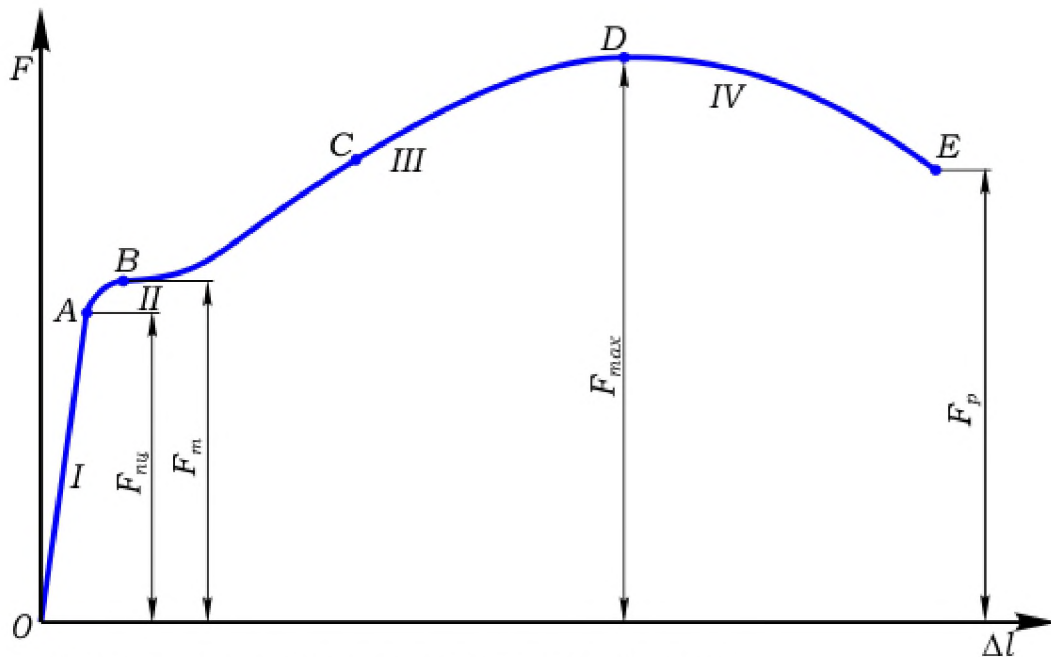


Диаграмма растяжения стального образца

Как видно из рисунка, диаграмма имеет четыре характерных участка:

*I* - участок пропорциональности;

*II* - участок текучести;

*III* - участок самоупрочнения;

*IV* - участок разрушения.

### Вариант 3.

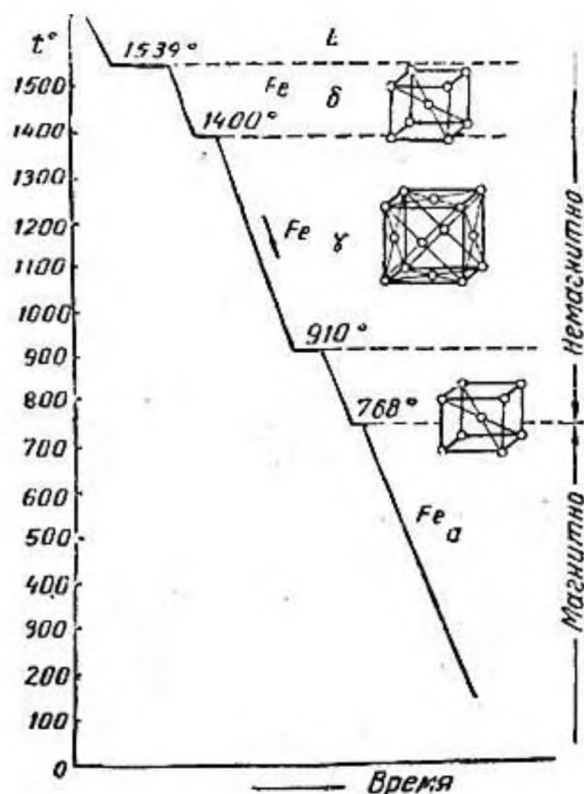
1. Если два компонента в жидком состоянии образуют однородный жидкий раствор, то при затвердевании получается сплав. При этом, в зависимости от природы компонентов, составляющих сплав, могут образоваться сплавы одного из трех типов:

1) сплав — механическая смесь компонентов;

2) сплав твердый раствор компонентов;

3) сплав — химическое соединение компонентов.

2. На кривой охлаждения железа, приведенной на рис. 8, показаны аллотропические превращения, претерпевающие железом при очень медленном охлаждении.



При охлаждении железо затвердевает при температуре 1539°. При этом образуется Fe<sub>δ</sub>, т.е. железо с «объемноцентрированной решеткой».

При последующем охлаждении при температуре 1400° Fe<sub>δ</sub> превращается в Fe<sub>γ</sub>, т.е. в железо с «гранецентрированной решеткой».

При температуре 910° Fe<sub>γ</sub> превращается в Fe<sub>α</sub>, т.е. в железо с «объемноцентрированной решеткой».

Остановка на кривой охлаждения, имеющая место при 768°, не связана с перестройкой кристаллической решетки, а

вызывается изменением магнитных свойств.

Ниже этой температуры железо магнитно, выше — немагнитно (немагнитное железо иногда обозначается Fe<sub>β</sub>).

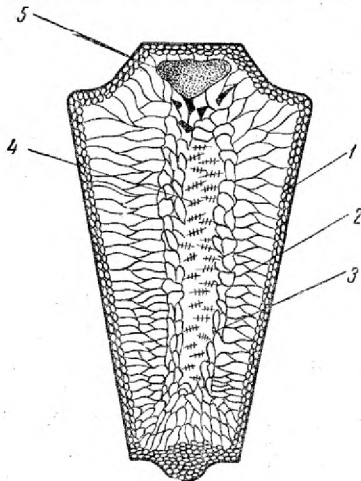
3. В результате холодного пластического деформирования металл упрочняется, изменяются его физические и механические свойства. Свойства наклепанного металла изменяются тем сильнее, чем больше степень деформации.

При деформировании:

- увеличиваются прочностные характеристики (твёрдость, пределы прочности, текучести и упругости);
- уменьшаются пластичность и вязкость;
- возрастают удельное электрическое сопротивление коэрцитивная сила;
- понижаются магнитная проницаемость, остаточная намагниченность и плотность металла.

#### Вариант 4.

1. Залитая в изложницы сталь охлаждается неравномерно (см. рис.4). В местах, соприкасающихся со стенками изложницы, сталь быстро охлаждается, затвердевая в виде мелкозернистой плотной корки (1). По направлению к центру слитка охлаждение происходит медленнее, в результате чего образуются длинные столбчатые кристаллы, располагающиеся перпендикулярно стенкам изложницы (2). В центральной (осевой) части слитка (3) охлаждение происходит еще медленнее. Эта часть слитка состоит из равноосных кристаллов, расположенных беспорядочно, и мелких древовидных кристаллов - дендритов (4). Дендриты возникают из-за недостатка жидкого металла для образования сплошного кристалла. В верхней части слитка образуется усадочная раковина (5).



2. По линии ECF, соответствующей температуре +1147 градусов С и содержанию углерода 2,14% и более (чугуны) образуется эвтектика, образование ледебурита, жидкая фаза полностью кристаллизуется.

3. Наклёпанные металлы легче подвергаются коррозии и склонны к коррозионному растрескиванию. Образование текстуры деформации вызывает анизотропию свойств.

Несмотря на снижение пластичности, наклёп широко используют для повышения прочности деталей, изготовленных методами холодной обработки давлением. Снижение пластичности при наклёпе улучшает обрабатываемость резанием вязких и пластичных материалов (латуней, сплавов алюминия и др.).

## Задание для проведения контрольной работы №2.

### Вариант 1.

1. Виды термической обработки стали. Способы закалки.
2. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей.
3. Общие требования к конструкционным материалам.

### Вариант 2.

1. Цементация стали.
2. Легированные стали.
3. Стали с высокой технологической пластичностью и свариваемостью.

### Вариант 3.

1. Азотирование, цианирование стали.
2. Железоуглеродистые сплавы с высокими литейными свойствами.
3. Стали с улучшенной обрабатываемостью резанием.

### Вариант 4.

1. Поверхностное упрочнение стали.
2. Материалы с высокой твердостью поверхности.
3. Рессорно-пружинные стали.

Задание для проведения контрольной работы №3.

Вариант 1.

1. Пластмассы.
2. Общие свойства стекла.
3. Процесс вулканизации.

Вариант 2.

4. Каучук.
5. Ситаллы: структура и применение.
6. Простые и термопластичные пластмассы.

Вариант 3.

3. Стекло.
4. Сложные пластмассы.
5. Разновидности древесных материалов.

Вариант 4.

4. Древесина.
5. Состав стекла.
6. Полиэтилен, полистирол, полихлорвинил.

**Время на подготовку и выполнение контрольной работы:**

Выполнение 45 мин.

В контрольной работе оцениваются:

1, 2 вопросы – по 1 баллу, 3 вопрос - 2 балла

Оценка образовательных достижений по результатам текущей аттестационной работы

#### **4. Контрольно-оценочные материалы для итоговой аттестации по учебной дисциплине ОП.05. Основы материаловедения**

Предметом оценки являются умения и знания. Контроль и оценка осуществляются с использованием следующих форм и методов:

контрольная работа, защита лабораторных работ , устный опрос

Оценка освоения дисциплины предусматривает использование накопительной системы оценки и проведение дифференцированного зачета

##### **Вариант 1**

- 1. Что является главным материалом в приборостроении и машиностроении?**
  - а) пластик и пластины;
  - б) металлы и сплавы;
  - в) высокополимерные твердые материалы;
  - г) электроизоляционные резины.
- 2. Как называется переход металла из твёрдого состояния в жидкое состояние:**
  - а) рекристаллизация;
  - б) плавление;
  - в) кристаллизация.
- 3. Основными показателями свойств материалов являются:**
  - а) прочность; твердость;
  - б) вязкость; ломкость;
  - в) твердость; термостойкость.
- 4. Сколько основных видов кристаллических решеток имеют вещества в твердом состоянии?**
  - а) 4;
  - б) 5;
  - в) 3.
- 5. Какие металлы подвержены вторичной кристаллизации?**
  - а) марганец, цинк, медь;
  - б) тантал, ванадий, вольфрам;
  - в) железо, олово, кобальт;
- 6. Укажите способ определения дефектов на большой глубине:**
  - а) микроскопический;
  - б) рентгеновский;
  - в) макроскопический.



**7. Как называется способность металла отражать падающие на него световые лучи:**

- а) цвет;                                    б) плотность;                                    в) прочность.

**8. Укажите технологические свойства металлов и сплавов:**

- а) ковкость; свариваемость; обрабатываемость;  
б) свариваемость; пластичность; гибкость;  
в) обрабатываемость; гибкость; хрупкость.

**9. Укажите металл, который обладает магнитными свойствами:**

- а) никель;                                    б) цинк;                                    в) алюминий.

**10. Как называется способность металла при нагревании поглощать определённое количество теплоты:**

- а) теплопроводность;  
б) теплоёмкость;  
в) тепловое расширение.

**11. В каких целях строят диаграммы состояния сплавов:**

- а) для определения температуры плавления сплава;  
б) получения полного представления о кристаллизации сплава;  
в) определение структуры сплава.

**12. Укажите сплав железа с углеродом, содержащий 0...2,14 % углерода, остальное – железо:**

- а) сталь;                                    б) чугун;                                    в) бронза.

**13. Укажите самую твёрдую структуру железоуглеродистого сплава:**

- а) аустенит;                                    б) цементит;                                    в) перлит.

**14. Укажите структуру, обладающую магнитными свойствами:**

- а) аустенит;                                    б) цементит;                                    в) перлит.

**15. Основной чугун – это.....**

- а) сплав железа с углеродом, содержание которого от 2,14 до 6,67 %;  
б) сплав железа с углеродом, содержание которого до 2,14 %;  
в) сплав железа с углеродом, содержание которого более 6, 67 %.

**16. Какие стали по содержанию углерода С относятся к низкоуглеродистым:**

- а) 08Х;                                    б) 40Х;                                    в) 8Х.

**17. По качественным признакам конструкционная углеродистая сталь делится на:**

- а) инструментальную;  
б) сталь обыкновенного качества;  
в) легированную.

**18. В маркировке легированных сталей буква Г означает:**

- а) марганец;                                    б) молибден;                                    в) кремний.

**19. Укажите кристаллическое вещество, полученное соединением нескольких металлов или металлов с неметаллами:**

- а) сплав;                                    б) металл;                                    в) неметалл.

**20. Укажите, какой металл относится к чёрным?**

- а) цинк;                                    б) олово;                                    в) железо.

## Вариант 2

### 1. Материаловедение -- это:

- а) наука, изучающая связь между физико-химическими признаками воздействия на тепловые реакции;
- б) наука, изучающая связь между составом, строением и свойствами металлических сплавов и неметаллических материалов, а также рассматривающая закономерности их изменения под влиянием механических, физико-химических и других видов воздействий;
- в) наука о техническом использовании электромагнитных явлений.

### 2. Как называются твёрдые вещества, атомы которых располагаются в пространстве хаотично:

- а) кристаллическими;
- б) аморфными;
- в) смешанными.

### 3. Укажите самый лёгкий цветной металл:

- а) вольфрам;
- б) алюминий;
- в) магний.

### 4. Укажите цветной металл, который будет находиться в жидком состоянии при комнатной температуре:

- а) олово;
- б) цинк;
- в) ртуть.

### 5. Как называется свойство металла медленно и непрерывно удлиняться под действием приложенных к нему постоянных рабочих напряжений в условиях повышенных и высоких температур:

- а) выносливость;
- б) пластичность;
- в) ползучесть.

### 6. При помощи, каких установок выполняют испытания металлических образцов на ударную вязкость:

- а) разрывной машины МПБ – 2;
- б) маятникового копра;
- в) пресса Роквелла.

### 7. Укажите способ, с помощью которого исследуют ферромагнитные материалы:

- а) спектральный анализ;
- б) ультразвуковая дефектоскопия;
- в) магнитная дефектоскопия.

### 8. Какие металлы относятся к цветным:

- а) железо;
- б) медь;
- в) цинк.

### 9. Какой металл имеет самую высокую температуру плавления:

- а) железо;
- б) ртуть;
- в) вольфрам.

### 10. Как называется переход из жидкого состояния в твёрдое состояние:

- а) аллотропия;                      б) кристаллизация;                      в) полиморфизм.
- 11. При каком соотношении компонентов образуется сплав типа твёрдый раствор:**
- а) при любом соотношении компонентов;  
б) при заданном соотношении компонентов;  
в) в зависимости от назначения сплава?
- 12. Укажите самую твёрдую структуру железоуглеродистого сплава:**
- а) аустенит;                      б) цементит;                      в) перлит.
- 13. Каково максимальное количество компонентов в сплаве:**
- а) один;  
б) четыре;  
в) количество компонентов зависит от вида сплава и его назначения.
- 14. Укажите многокомпонентные сплавы:**
- а) сталь;                      б) чугун;                      в) оловянная бронза.
- 15. Какие стали по содержанию углерода С относятся к высокоуглеродистым**
- а) 08Х;                      б) 40Х;                      в) 8Х.
- 16. В маркировке легированных сталей буква М означает:**
- а) марганец                      б) молибден                      в) кремний.
- 17. Сталь марки 45 содержит углерода:**
- а) 4, 5 %;                      б) 45 %;                      в) 0,45%.
- 18. К сталям с особыми свойствами относят:**
- а) жаростойкие;                      б) общего назначения;                      в) углеродистые.
- 19. Буква А в конце марки означает «что сталь»:**
- а) сталь обыкновенного качества;  
б) качественная;  
в) высококачественная.
- 20. Какие легирующие элементы входят в состав чугуна ЧН2МТ**
- а) ниобий, медь, титан;  
б) никель, молибден, титан;  
в) водород, марганец, тантал.

### Вариант 3

- 1. Какие металлы подвержены вторичной кристаллизации?**
- а) марганец, цинк, медь;  
б) тантал, ванадий, вольфрам;  
в) железо, олово, кобальт.
- 2. Как называются твёрдые вещества, атомы которых располагаются в пространстве хаотично:**
- а) кристаллическими;                      б) аморфными;                      в) смешанными.
- 3. Укажите цветной металл, который будет находиться в жидком состоянии при комнатной температуре:**
- а) олово;                      б) цинк;                      в) ртуть.

**4. Буква А в конце марки означает «что сталь»:**

- а) сталь обыкновенного качества;
- б) качественная;
- в) высококачественная.

**5. Что является главным материалом в приборостроении и машиностроении?**

- а) пластик и пластины;
- б) металлы и сплавы;
- в) высокополимерные твердые материалы;
- г) электроизоляционные резины.

**6. К сталям с особыми свойствами относят:**

- а) жаростойкие;
- б) общего назначения;
- в) углеродистые.

**7. Сталь марки 45 содержит углерода:**

- а) 4, 5 %;
- б) 45 %;
- в) 0,45%.

**8. Как называется способность металла при нагревании поглощать определённое количество теплоты:**

- а) теплопроводность;
- б) теплоёмкость;
- в) тепловое расширение.

**9. Укажите структуру, обладающую магнитными свойствами:**

- а) аустенит;
- б) цементит;
- в) перлит.

**10. Укажите самый лёгкий цветной металл:**

- а) вольфрам;
- б) алюминий;
- в) магний.

**11. Укажите способ, с помощью которого исследуют ферромагнитные материалы:**

- а) спектральный анализ;
- б) ультразвуковая дефектоскопия;
- в) магнитная дефектоскопия.

**12. В марке чугуна ВЧ 100 цифра 100 обозначает:**

- а) предел прочности;
- б) предел при растяжении;
- в) предел текучести.

**13. Укажите физические свойства металлов:**

- а) плавкость;
- б) свариваемость;
- в) твёрдость;
- г) цвет.

**14. Основной чугун – это.....**

- а) сплав железа с углеродом, содержание которого от 2,14 до 6,67 %;
- б) сплав железа с углеродом, содержание которого до 2,14 %;
- в) сплав железа с углеродом, содержание которого более 6, 67 %.

**15. Укажите, какие типы сплавов образуют новую кристаллическую решётку с новыми физико-химическими и механическими свойствами:**

- а) твёрдый раствор;
- б) химическое соединение;
- в) механическая смесь;

**16. Основными показателями свойств материалов являются:**

- а) прочность; твёрдость;

- б) вязкость; ломкость;  
в) твердость; термостойкость.
- 17. В маркировке легированных сталей буква Г означает:**  
а) марганец; б) молибден; в) кремний.
- 18. Укажите, какой металл относится к чёрным?**  
а) цинк; б) олово; в) железо.
- 19. Какие стали по содержанию углерода С относятся к низкоуглеродистым:**  
а) 08Х; б) 40Х; в) 8Х.
- 20. Буква А в конце марки означает «что сталь»:**  
а) сталь обыкновенного качества;  
б) качественная;  
в) высококачественная.

#### Вариант 4

- 1. Сколько основных видов кристаллических решеток имеют вещества в твердом состоянии?**  
а) 4; б) 5; в) 3.
- 2. Как называется переход металла из твёрдого состояния в жидкое состояние:**  
а) рекристаллизация; б) плавление; в) кристаллизация.
- 3. Укажите сплав железа с углеродом, содержащий 0...2,14 % углерода, остальное – железо:**  
а) сталь; б) чугун; в) бронза.
- 4. В маркировке легированных сталей буква Г означает:**  
а) марганец; б) молибден; в) кремний.
- 5. Какие легирующие элементы входят в состав чугуна ЧН2МТ**  
а) ниобий, медь, титан;  
б) никель, молибден, титан;  
в) водород, марганец, тантал.
- 6. Укажите самую твёрдую структуру железоуглеродистого сплава:**  
а) аустенит; б) цементит; в) перлит.
- 7. Латунь – это:**  
а) сплав меди с цинком;  
б) сплав железа с никелем;  
в) сплав меди с оловом;  
г) сплав алюминия с кремния.
- 8. Как называется свойство металла медленно и непрерывно удлиняться под действием приложенных к нему постоянных рабочих напряжений в условиях повышенных и высоких температур:**  
а) выносливость; б) пластичность; в) ползучесть.

**9. Белым называется чугун, в котором:**

- а) весь углерод или часть его содержится в виде графита
- б) весь углерод находится в химически связанном состоянии
- в) металлическая основа состоит из феррита;
- г) наряду с графитом содержится ледебурит

**10. Баббиты – это:**

- а) латунь
- б) литейный алюминиевый сплав
- в) антифрикционный сплав
- г) бронза, упрочненная железом и марганцем

**11. Способность металлов сопротивляться воздействию внешних сил характеризуется:**

- а) механическими свойствами
- б) магнитными свойствами
- в) химическими свойствами

**12. Количество вещества, содержащееся в единице объёма – это:**

- а) плотность;
- б) вес;
- в) давление.

**13. Какие установки применяют для получения жидкого чугуна:**

- а) доменные печи;
- б) мартеновские печи;
- в) конверторы;
- г) электродуговые печи

**14. В маркировке легированных сталей буква В означает:**

- а) фосфор;
- б) вольфрам;
- в) ванадий.

**15. Укажите самую твёрдую структуру железоуглеродистого сплава:**

- а) аустенит;
- б) цементит;
- в) перлит.

**16. Укажите кристаллическое вещество, полученное соединением нескольких металлов или металлов с неметаллами:**

- а) сплав;
- б) металл;
- в) неметалл.

**17. В маркировке легированных сталей буква Г означает:**

- а) марганец;
- б) молибден;
- в) кремний.

**18. Какие стали по содержанию углерода С относятся к высокоуглеродистым**

- а) 08Х;
- б) 40Х;
- в) 8Х.

**19. При каком соотношении компонентов образуется сплав типа твёрдый раствор:**

- а) при любом соотношении компонентов;
- б) при заданном соотношении компонентов;
- в) в зависимости от назначения сплава?

**20. Укажите многокомпонентные сплавы:**

- а) сталь;
- б) чугун;
- в) оловянная бронза.

**ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ**

Номер	Ответ 1	Ответ 2	Ответ 3	Ответ 4
-------	---------	---------	---------	---------

вопроса	вариант	вариант	вариант	вариант
1	б	б	в	в
2	б	б	б	б
3	а	в	в	а
4	в	в	в	а
5	в	в	б	б
6	б	б	а	б
7	а	в	в	а
8	а	б,в	б	в
9	а	в	б	б
10	б	б	в	в
11	в	а	в	а
12	а	б	б	а
13	б	в	б	а
14	б	а,б,в	а	б
15	а	б	б	б
16	а	б	а	а
17	б	в	а	а
18	а	а	в	б
19	а	в	а	а
20	в	б	в	а,б,в

Критерии оценки:

19-20 баллов – «5»

17-18 баллов – «4»

13-16 баллов - «3»

12 и менее- «2»

## 5. Приложения

### Список приложений

1. Вопросы для тестирования
2. Список литературы и интернет –ресурсы

### Приложение 1

Тест-контроль знаний по материаловедению  
Физико-химические закономерности формирования структуры материалов

Вариант 1

1. Какие из свойств металлов и сплавов относятся к физическим ?
  - а) пластичность, твёрдость;
  - б) температура плавления, электропроводность;
  - в) свариваемость, способность обрабатываться режущим инструментом.
2. Укажите степень тетрагональности тетрагональной кристаллической решётки:
  - а)  $c/a=1,689$ ;
  - б)  $c/a > 0,5$ ;
  - в)  $c/a > 1$ .
3. На каком оборудовании производят испытания на растяжение?
  - а) разрывная машина;
  - б) копёр;
  - в) прибор Бринелля.
4. Какие параметры определяют при испытании материала на усталость?
  - а) временное сопротивление разрыву;
  - б) предел выносливости;
  - в) ударная вязкость.
5. Укажите методы определения твёрдости:
  - а) температурное воздействие;
  - б) вдавливание, царапание, упругая отдача;
  - в) разрыв образца.



6. Что называется анизотропией?
- а) поверхностные несовершенства решётки;
  - б) расположение атомов в различных плоскостях кристаллической решётки с различной плотностью;
  - в) модификация зёрен структуры.
7. Что называется кристаллизацией?
- а) расположение атомов в различных плоскостях кристаллической решётки с различной плотностью;
  - б) несовершенства на границах зёрен и блоков металлов;
  - в) переход металла из жидкого в твёрдое состояние.
8. Назовите характерные особенности механической смеси:
- а) элементы, входящие в состав сплава, не растворимы друг в друге в твёрдом состоянии, не вступают в химическую реакцию, образуя соединение;
  - б) образование общей кристаллической решётки;
  - в) полная растворимость элементов друг в друге.
9. Что показывает линия солидус диаграммы состояния сплавов?
- а) эвтектические превращения;
  - б) появление жидкости;
  - в) конец кристаллизации.
10. Как называются сплавы железа с углеродом с содержанием углерода до 2,14%?
- а) стали;
  - б) феррит;
  - в) чугун.

Тест-контроль знаний по материаловедению  
Физико-химические закономерности формирования структуры материалов

#### Вариант 2

1. Какие из свойств металлов и сплавов относятся к технологическим?
  - а) свариваемость, ковкость,
  - б) способность противостоять коррозии,
  - в) удельный вес, коэффициент линейного расширения.
2. Какими свойствами обладают сплавы, имеющие гексагональную плотно упакованную решётку?
  - а) твёрдость, жёсткость;
  - б) легко деформируются при сдвиговых нагрузках;
  - в) имеют низкую температуру плавления.
3. На каком оборудовании проводят испытания на ударный изгиб?
  - а) маятниковый копёр;
  - б) прибор Роквелла;
  - в) разрывная машина.
4. Какие параметры определяют при испытании материала на разрыв?

- а) ударная вязкость;
  - б) предел выносливости;
  - в) предел текучести, предел прочности.
5. Что называется твёрдостью:
- а) способность материала сопротивляться внедрению в него другого, более твёрдого тела;
  - б) наименьшее напряжение, при котором без заметного увеличения нагрузки продолжает течь образец;
  - в) наибольшее напряжение, которое может выдержать материал, не разрушаясь.
6. Что называется аллотропией (полиморфизмом)?
- а) способность металлов в твёрдом состоянии иметь различное кристаллическое строение и свойства при различных температурах;
  - б) рост зёрен структуры;
  - в) линейные несовершенства решётки.
7. Что называется модификацией?
- а) рост зерна с неравномерной скоростью;
  - б) искусственное регулирование размеров зёрен;
  - в) полиморфизм.
8. Назовите характерные особенности твёрдых растворов:
- а) при кристаллизации сохраняется однородность распределения атомов различных элементов;
  - б) образуется кристаллическая решётка, отличная от решёток образующих элементов;
  - в) элементы полностью растворимы друг в друге.
9. Что показывает линия ликвидус диаграммы состояния сплавов?
- а) выделение цементита;
  - б) начало кристаллизации при охлаждении;
  - в) образование механической смеси.
10. Как называются сплавы железа с углеродом с содержанием углерода более 2,14%?
- а) чугун;
  - б) латунь;
  - в) сталь.

Ключ к тест-контролю знаний по материаловедению

Вариант 1

1-б, 2-в, 3-а, 4-б, 5-б, 6-б, 7-в, 8-а, 9-в, 10-а

Вариант 2

1-а, 2-б, 3-а, 4-в, 5-а, 6-а, 7-б, 8-а, 9-б, 10-а

Тест

Закалённые стали

- 1) Что является основной структурой закалённой стали?
- а. Феррит
  - б. Цементит
  - в. Мартенсит
- 2) От чего зависят размеры зерен аустенита?
- а. от температуры нагрева стали
  - б. от размера стали
  - в. от местоположения на глобусе
- 3) Какие стали из перечисленных относятся к легированным?
- а. Углеродистые стали
  - б. Устойчивые стали
  - в. Инструментальные стали
- 4) Стали с содержанием углерода до 0.25% относятся к :
- а. высокоуглеродистым сталям
  - б. низкоуглеродистым сталям
  - в. среднеуглеродистым сталям
- 5) Какова толщина листов у качественных сварных соединений?
- а. от 50 до 200 мм
  - б. от 20 до 100 мм
  - в. от 10 до 70 мм
- 6) Чем мельче аустенита, тем меньше получаются ... мартенсита
- а. ножи
  - б. иглы
  - в. ручки
- 7) Микроструктура троостита отпуска, образуется после отпуска при ... С ?
- а. 600 -750 С
  - б. 150 - 300 С
  - в. 350 - 450 С
- 8) Микроструктура сорбита отпуска, образуется после отпуска при ...градусах С ?
- а. 15 - 70 С
  - б. 500 - 600 С
  - в. 200 - 300 С
- 9) Какие стали классифицируются по назначению, составу, количеству, легирующих элементов и структуре?
- а. Легированные стали
  - б. Низкоуглеродистые стали
  - в. Все стали

- 10) В какой стали содержание углерода уменьшается от поверхности к сердцевине?
- а. В цементованной
  - б. В низкоуглеродистой
  - в. В легированной

Ключ к тесту

- 1) А 2) А 3) В 4) Б 5) Б 6) Б 7) В 8) Б 9) А 10) А

Тест-контроль (срез знаний) по материаловедению

Углеродистые стали и сплавы

1) .... - это сплавы железа с углеродом, содержащие до 2,14% углерода при малом содержании других элементов.

- а. низкоуглеродистые стали
- б. углеродистые стали
- в. Чугун

2) Классификация углеродистых сталей

- а. по маркировке
- б. по качеству
- в. по весу

3) Сколько групп сталей обыкновенного качества?

- а. 2
- б. 3
- в. 4

4) Какая группа поставляется только по механическим свойствам?

- а. группа А
- б. группа Г
- в. группа В

5) Сколько углерода содержат низкоуглеродистые стали?

- а. 0.1 % С
- б. до 0.25 % С
- в. 0.34 - 14 % С

6) Классификация по способу раскисления :

- а. бурлящие
- б. кипящие
- в. громкие

7) Какие стали содержат от 0.05 - 0.15% кремния?

- а. Спокойные высокоуглеродистые стали
- б. Полуспокойные высокоуглеродистые стали
- в. Спокойные низкоуглеродистые стали

8) Компоненты отожженных сталей?

- а. Железо и Цементит
- б. Руда и Медь
- в. Латунь и Сталь

9) Как называется эта диаграмма?

- а. Железо - Углерод
- б. Феррит - Цементит
- в. сурьма-железо

10) Какое химическое соединение железа с углеродом (карбид железа) содержит 6.67 % углерода ?

- а. Аустенит
- б. Ледебурит
- в. Цементит

Ключ к тесту

1) А 2) Б 3) Б 4) А 5) 6) Б 7) 8) А 9) А 10) В

Тест-контроль знаний

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЧУГУНОВ

1 Влияние фосфора на литейные свойства чугуна

- а. Ухудшает
- б. Улучшает
- с. Не меняет

2 Какой чугун называется белым?

- а. Чугун, в котором весь углерод или часть его содержится в виде графита
- б. Чугун, в котором весь углерод находится в химически связанном состоянии
- с. Чугун, в котором металлическая основа состоит из феррита

d. Чугун, в котором наряду с графитом содержится ледебурит

3 Чугуны - это железоуглеродистые сплавы, отличающиеся от сталей:

- a. большим содержанием углерода
- b. меньшим содержанием углерода
- c. меньшим содержанием вредных примесей
- d. меньшим содержанием кислорода

4 Структура ковкого чугуна получают путем графитизирующего отжига отливок из:

- a. серого чугуна (СЧ)
- b. белого чугуна (БЧ)
- c. высокопрочного чугуна (ВЧ)
- d. антифрикционного чугуна

5 При модифицировании жидкого чугуна магнием при кристаллизации образуется структура:

- a. белого чугуна (БЧ)
- b. ковкого чугуна (КЧ)
- c. серого чугуна (СЧ)
- d. высокопрочного чугуна (ВЧ)

6 Структуру белых чугунов в отливках получают:

- a. добавлением в расплав магния
- b. замедленным охлаждением расплава
- c. графитизирующим отжигом отливок
- d. ускоренным охлаждением расплава и отливки
- e. увеличением содержания кремния (Si) в расплаве

7 Чугунами называют:

- a. сплавы железа с углеродом, содержащие до 0,02 % углерода

- b. сплавы железа с углеродом, содержащие от 0,02 % до 2,14 % углерода
- c. сплавы железа с углеродом, содержащие от 2,14 до 6,67 % C
- d. сплавы железа с углеродом, содержащие 0,8 % C

8 Доэвтекктическим чугуном называют:

- a. сплав железа с углеродом, содержащие до 2,14 % углерода
- b. сплав железа с углеродом, содержащие от 2,14 % до 4,3 % углерода
- c. сплав железа с углеродом, содержащие от 4,3 до 6.67 % углерода
- d. сплав железа с углеродом, содержащие 4.3 % углерода

9 Эвтекктическим чугуном называют:

- a. сплав железа с углеродом, содержащие до 2,14 % углерода
- b. сплав железа с углеродом, содержащие от 2,14 % до 4,3 % углерода
- c. сплав железа с углеродом, содержащие от 4,3 до 6.67 % углерода
- d. сплав железа с углеродом, содержащие 4.3 % углерода

10 Чугуны, в которых графит имеет шаровидную форму называются:

- a. серыми
- b. ковкими
- c. белыми
- d. высокопрочными

Ключ к тесту

1 A 2 B 3 A 4 B 5 D 6 D 7 C 8 B 9 D 10 D

## Приложение 2

### **Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

Основные источники:

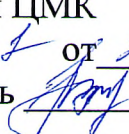
1. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка). Федеральный учебник 6-е изд. стереотипное. Москва "Академия", 2011г. , 288 с.
2. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология обработки материалов, М., ФОРУМ:ИНФРА –М, 2013г., 336с.

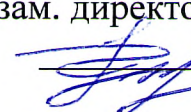
Интернет-ресурсы ..... <http://cnsexpert.ru/m001.htm>





ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВАЛУЙСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ТЕХНИКУМ»

Рассмотрено:  
на заседании ЦМК  
Протокол № 4 от 31.02.2020 г.  
Председатель  Зайцев С.Е.

Согласовано:  
зам. директора по УМР  
 Рябинин А. Н.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**по учебной дисциплине  
«Основы материаловедения»**

**для обучающихся по профессии**

15.01.20 Слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике

Валуйки 2020г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	3
<b>1. Лабораторные работы.</b>	
1.1. Лабораторная работа №1. Определение электрической прочности твёрдых диэлектриков.	6
1.2. Лабораторная работа №2. Определение удельных электрических сопротивлений твёрдых диэлектриков.	9
1.3. Лабораторная работа №3. Механические испытания электроизоляционных материалов на растяжение и сжатие.	17
1.4. Лабораторная работа №4. Изучение устройства выключателей и предохранителей.	26
1.5. Лабораторная работа №5. Определение магнитных свойств материалов, намагничиваемость.	38
<b>2. Практические работы.</b>	
2.1. Практическая работа №1. Выбор установочных и монтажных проводов для монтажа электропроводок.	49
2.2. Практическая работа №2. Механическое соединение и оконцевание проводов.	55
<b>3. Критерии оценок выполнения лабораторных и практических работ.</b>	
Заключение.	60
Список рекомендуемой литературы.	62

## ВВЕДЕНИЕ

В результате освоения дисциплины Основы материаловедения обучающийся должен уметь:

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- строение и свойства машиностроительных материалов;
- методы оценки свойств машиностроительных материалов;
- области применения материалов;
- классификацию и маркировку основных материалов;
- методы и способы защиты от коррозии;
- способы обработки материалов.

Лабораторные и практические работы - важнейшая составная часть обучения основам материаловедения, направленная на гармоничное развитие личности студента. Они имеют большое теоретическое и практическое значение. Основной целью лабораторных и практических работ является углубление и закрепление знаний, полученных на теоретических занятиях по основам материаловедения. Лабораторные и практические занятия должны вооружить студентов практическими навыками исследования, расчета и контроля.

Методические указания по выполнению лабораторных и практических работ по основам материаловедения разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Содержание методических указаний по выполнению лабораторных и практических работ по основам материаловедению соответствует требованиям Федерального государственного стандарта среднего профессионального образования.

По учебному плану в соответствии с рабочей программой на изучение основ материаловедения обучающимися предусмотрено аудиторных занятий 32 часа, из них лабораторных занятий – 10 часов, практических занятий – 4 часа.

Пособие включает 5 лабораторных работы по 2 академических часа. 4 часа, отведенных по рабочей программе согласно тематического планирования, практических работ по темам курса основы материаловедения. Практические работы проводятся по 2 академических часа. Каждая лабораторная и практическая работа содержит сведения о цели ее проведения, о необходимых для проведения работы материалах, приборах, инструментах, приспособлениях; включает описание работы и нормативные данные об испытываемых материалах.

К выполнению лабораторных и практических работ студенты приступают после подробного изучения соответствующего теоретического

материала и техники безопасности. Перед проведением лабораторной и практической работы необходимо ознакомиться с устройством оборудования и приборов, ознакомиться с правилами обращения с ними. При проведении испытаний необходимо соблюдать правила техники безопасности. Нельзя без разрешения преподавателя включать рубильники и пускатели, приводить в действие лабораторные машины и оборудование, использовать реактивы не по назначению.

После окончания занятий студенты приводят в порядок лабораторное оборудование и рабочее место. В процессе выполнения лабораторной и практической работы и после окончания ее студент должен показать преподавателю полученные им опытные результаты и вытекающие из них выводы. После утверждения преподавателем указанных результатов выводов каждый студент оформляет отчет по работе, который представляется на проверку и подпись преподавателю в тот же день либо на следующем лабораторном занятии.

### **1. Правила техники безопасности.**

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо:

1. Пройти инструктаж по ТБ и ПП и расписаться в специальном журнале.
2. К выполнению лабораторных и практических работ допускаются студенты прошедшие противопожарный инструктаж и проверку знаний требований ТБ на рабочем месте и при наличии их подписи в Журнале регистрации инструктажа.
3. Занятия со студентами по выполнению лабораторных работ проводятся в помещениях учебных лабораторий с наличием электроприборов, электроустановок и оргтехники, отвечающим требованиям пожарной безопасности.

В лаборатории запрещается:

1. Выполнять операции на оборудовании и стендах с неисправностями, которые могут привести к пожарам.
2. Переносить включенные электроприборы.
3. Ремонтировать электроприборы самостоятельно.
4. Загромождать свое рабочее место одеждой и другими вещами, не относящимися к работе.

Студенты обязаны:

1. Соблюдать требования ТБ и ПБ и поддерживать противопожарный режим, установленный в лаборатории.
2. Знать места нахождения средств пожаротушения, самоспасения, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре.
3. Знать пути безопасной эвакуации в случае пожара.

## Лабораторная работа №1

**Тема: Определение электрической прочности твердых диэлектриков**  
**Цель работы:**

ознакомить учащихся с определением электрической прочности различных материалов и научить их испытанию этого параметра.

**Приборы и оборудование.**

Электрическую прочность диэлектриков определяют на установке переменного тока промышленной частоты (50 Гц). Изменение подводимого напряжения осуществляют регулирующим устройством — лабораторным автотрансформатором Л А Т Р. Испытываемый образец Ос двумя электродами включают последовательно с резистором R, который служит для ограничения тока в цепи при пробое образца диэлектрика. Защитное сопротивление выбирают по высшему напряжению  $U_B$  трансформатора Т:  $R = 0,2 U_B$ .

Электрическую прочность диэлектриков также определяют и на установке постоянного тока.

О — испытываемый образец. P<sub>ш</sub> — шаровой разрядник. Т — испытательный трансформатор, В — выпрямитель высокого напряжения, Огр — заземленное ограждение, K<sub>ф</sub> — конденсатор фильтра, Л — неоновая лампа, R1, R2, R3 — защитные резисторы

В качестве источника питания используют выпрямитель, номинальное напряжение которого должно быть не менее высшего номинального напряжения  $U_B$  трансформатора, а ток насыщения не менее 100 мА. Резисторы R1 и R2 должны иметь сопротивления:  $R_1 = 0,2 U_B$ ;  $R_2 = 0,5 U_B$ .

Мощность повышающего трансформатора S<sub>т</sub> в испытательных установках выбирают в зависимости от наибольшего напряжения установки.

Наибольшие напряжения установки, кВ ..... 1; 5; 50; 80; 150

Мощность трансформатора, кВ-А, не менее..... 0,5; 1; 2,5; 5; 10

Напряжение измеряют электростатическим вольтметром высокого напряжения, присоединенным параллельно испытываемому образцу, или с помощью измерительного трансформатора напряжения.

В учебных лабораториях профессионально-технических учебных заведений испытания твердых диэлектриков на пробой можно проводить с помощью аппарата АМИ-60, обычно применяемого для определения электрической прочности трансформаторного масла.

T<sub>и</sub> — испытательный трансформатор, Сэ — сосуд с электродами, В — высоковольтные выводы для присоединения испытываемых образцов твердых диэлектриков, К — блок-контакты крышки, Тр — регулировочный трансформатор, ПА — автоматический переключатель

Образцы для определения электрической прочности твердого диэлектрика в однородном поле выполняют в виде квадратных или круглых пластин, стороны или диаметры (D) которых могут быть от 25 до 150 мм.

Если толщина образца не позволяет определить электрическую прочность в направлении, перпендикулярном слоям, испытания следует проводить на образцах с цилиндрическим вырезом.

$T_{II}$  — повышающий трансформатор.  $T_p$  — регулировочный трансформатор, Гн — гнездо для включения контрольного вольтметра, К — блок-контакты крышки (контакт с механической связью),  $C_3$  — сосуд с электродами, ВА — автоматический выключатель, К — корпус аппарата, Лкр., Лзел — лампы красная и зеленая

Электрическую прочность керамических материалов можно определять на плоских образцах, но предпочтительной формой являются плоские пластины со сферической лункой. Толщина слоя диэлектрика в месте пробоя должна быть не более 2 мм.

Электроды можно изготовить из меди, латуни или нержавеющей стали. Их рабочие поверхности должны быть отшлифованы и плотно прижаты к образцам, чтобы обеспечить хороший контакт. При определении электрической прочности образцов в направлении, перпендикулярном поверхности образца, или у слоистых пластиков, перпендикулярно слоям, применяют два цилиндрических электрода одинакового размера или два цилиндрических электрода разных размеров, причем диаметр нижнего электрода  $D_1$  должен превышать диаметр верхнего электрода  $D$  не менее чем в 3 раза. Диаметр верхнего электрода 50, 25 и 15 мм. Радиус закругления краев электрода  $R = 2,5$  и 1 (для электрода меньшего диаметра).

Предпочтительными являются электроды следующих размеров: верхний —  $\varnothing$  25 мм и высотой не менее 25 мм, нижний —  $\varnothing$  75 мм и высотой не менее 15 мм; радиус закругления краев электрода 3 мм. Форма и геометрические размеры электродов должны соответствовать сферическим лункам и цилиндрическим вырезам в образцах. Электроды таких же размеров применяются для определения электрической прочности изоляционных слоистых материалов. Для испытаний изоляции микаленты, которую поставляют в роликах, используют электроды в виде прямоугольных пластин длиной 100 мм, шириной 5 мм и высотой 9,5 мм. Электроды должны быть прижаты к образцу грузом в 2 кг. Вследствие большой электрической прочности твердых диэлектриков ( $E_{пр} = 15 \div 50$  МВ/м) возникает вероятность поверхностного пробоя образцов в воздухе (искровой разряд) испытываемого образца. Поэтому иногда приходится производить пробой твердого диэлектрика в среде электроизоляционной жидкости (трансформаторное масло). Для этого образец твердого диэлектрика вместе с закрепленными на нем электродами погружают в сосуд с электроизоляционной жидкостью, в которой испытываемый образец доводят до пробоя.

### **Общие сведения**

При увеличении напряжения в электрической установке может произойти пробой ее изоляции. В результате этого диэлектрик оказывается непригодным для дальнейшего применения. Напряжение, при котором происходит пробой, называется пробивным, обозначается  $U_{пр}$  и выражается в

киловольтгах. Способность электроизоляционных материалов противостоять пробую называется **электрической прочностью**. Электрическая прочность  $E_{пр}$ , МВ/м, определяется отношением пробивного напряжения к толщине диэлектрика в месте пробоя. Электрическая прочность твердых диэлектриков зависит от их структуры, толщины, окружающей температуры и других факторов. Диэлектрическая прочность диэлектрика может быть повышена пропиткой его маслами, лаками или компаундами. Для обеспечения надежности работы электрических установок рабочее напряжение  $U_{раб}$  электроизоляционных материалов должно быть значительно ниже пробивного напряжения  $U_{пр}$ .

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с принципиальной схемой установки и принципиальной схемой аппарата АМИ-60.
2. Изучить правила техники безопасности при работе на установках высокого напряжения.
3. До включения аппарата в сеть выполнить следующее:
  - а) соединить зажим заземления аппарата, находящийся на его каркасе, с заземляющей шиной лаборатории. Проверить надежность заземляющего провода;
  - б) снять крышку аппарата, проверить наличие и исправность блок-контактов (контактов с механической связью);
  - в) установить, открыв крышку аппарата, два высоковольтных ввода высокого напряжения взамен фарфорового сосуда, предназначенного для испытания жидких диэлектриков (вводы прилагаются к аппарату);
  - г) проверить размеры образцов, подлежащих испытанию, и установить их;
  - д) поместить переключки на доске с зажимами в положение, соответствующее напряжению сети (127 или 220 В);
  - е) перевести движок регулировочного автотрансформатора в крайнее левое положение (повышать напряжение следует от нуля).Только проверив выполнение учащимися всех указанных операций, преподаватель разрешает включить аппарат в сеть. Первое испытание должно проводиться в присутствии преподавателя.
4. Подать напряжение сети  $U_c$  на аппарат, включив вилку в штепсельную розетку. При этом должна загореться зеленая лампа, сигнализирующая о наличии напряжения на автотрансформаторе.
5. Включить автоматический выключатель ВА. При этом загорается красная лампа, что указывает на наличие напряжения на первичной обмотке повышающего трансформатора.
6. Пользуясь регулировочным трансформатором  $T_r$ , плавно увеличивать напряжение со скоростью 1 кВ/с до наступления пробоя. Время повышения напряжения не менее 10 с. В момент пробоя диэлектрика автоматический выключатель должен срабатывать, разрывая цепь первичной обмотки испытательного трансформатора.



7. Записать показание вольтметра в момент пробоя. Это напряжение является пробивным  $U_{пр}$ . Для каждого образца измерить пробивное напряжение не менее 3 раз и взять среднее его значение.
8. Зная среднее пробивное напряжение  $U_{пр}$  и среднюю толщину диэлектрика, вычислить электрическую прочность [МВ/м] .
9. После проведенных испытаний необходимо:
  - а) переместить ручку регулировочного трансформатора в исходное положение;
  - б) разомкнуть блок-контакты;
  - в) извлечь испытываемый образец и обнаружить место пробоя.
10. Результаты измерений и вычислений записать в табл. 1.

Номер п/п	Наименование испытуемого материала	Измеряются				Вычисляются
		h, м	U <sub>пр</sub> , МВ	U <sub>с</sub> , В	U <sub>пр.ср</sub> , МВ	
1						
2						

### Контрольные вопросы

1. Почему у твердых диэлектриков, пропитанных электроизоляционными жидкостями, увеличивается электрическая прочность?
2. В каких единицах измеряют пробивное напряжение и электрическую прочность? Какова связь между этими параметрами?
3. Зависит ли электрическая прочность твердых диэлектриков от скорости повышения напряжения?

## Лабораторная работа №2

### Тема: Определение удельных электрических сопротивлений твердых диэлектриков

**Цель работы:** Ознакомление со стандартными методами измерений на постоянном токе удельного объемного  $R_v$  и удельного поверхностного  $\gamma_s$  сопротивлений твердых диэлектриков. Определение зависимостей  $R_v$  и  $\gamma_s$  от напряжения и температуры.

**Общие положения.** Отличительным свойством диэлектриков, используемым в электроизоляционной технике, является очень слабая способность проводить электрический ток. Низкая электропроводность диэлектриков обусловлена тем, что при обычных условиях (низких температурах и напряженностях электрического поля) в них имеется весьма малое количество носителей заряда по сравнению с проводниками и полупроводниками. По своему характеру электропроводность диэлектриков является главным образом ионной.

Под действием приложенного постоянного напряжения через электрическую изоляцию протекает ток утечки, который состоит из объемного и поверхностного токов. Объемный ток проходит через внутренние области изоляции и обусловлен величиной объемного сопротивления  $R_v$ . Поверхностный ток утечки проходит через поверхностные слои изоляции и обусловлен величиной поверхностного сопротивления изоляции  $R_s$ . Понятие поверхностного сопротивления вводят применительно к твердой изоляции, так как в результате внешних воздействия внешних загрязнений, например, влаги, электропроводность наружных слоев изоляции может быть значительно большей по сравнению с проводимостью внутренних областей. В таких случаях низкое значение электрического сопротивления изоляции определяется большим поверхностным током утечки.

Для оценки качества диэлектриков с точки зрения их способности препятствовать прохождению через них электрического тока пользуются такими характеристиками как удельное объемное сопротивление  $\rho_v$  и удельное поверхностное сопротивление  $\rho_s$ , которые являются величинами, обратными удельной объемной проводимости  $\gamma_v$  и удельной поверхностной проводимости  $\gamma_s$ .

При повышении температуры удельные сопротивления электроизоляционных материалов уменьшаются. У твердых диэлектриков это явление объясняется главным образом увеличением числа носителей заряда при нагревании. Для ограниченного интервала температур зависимость удельного объемного сопротивления от температуры достаточно точно выражается формулой

$$\rho_{vt} = \rho_{v0} \cdot e^{-\alpha t}$$

где  $\rho_{vt}$  - удельное объемное сопротивление при температуре  $t$  °С;

$\rho_{v0}$  - удельное объемное сопротивление при температуре 0 °С;

$\epsilon$  - коэффициент, зависящий от природы материала, характеризующий скорость снижения сопротивления диэлектрика с ростом температуры.

Сопротивление диэлектриков в ряде случаев зависит также от величины приложенного напряжения, уменьшаясь при ее возрастании. Эта зависимость обнаруживается при неплотном прилегании электродов к поверхности изоляции. Она также наблюдается и у пористых материалов в результате перераспределения влаги в капиллярах под действием приложенного напряжения, а также в случае образования объемных зарядов в диэлектрике, создающих электродвижущую силу высоковольтной поляризации. Следует отметить, что здесь подразумеваются такие напряжения, значения которых далеки от пробивного напряжения изоляции.

### Описание виртуальной лабораторной установки

Определение удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений производится обычно на одном и том же образце, снабженном тремя электродами. Форма и расположение этих электродов для случая плоского образца показаны на рис. 1.

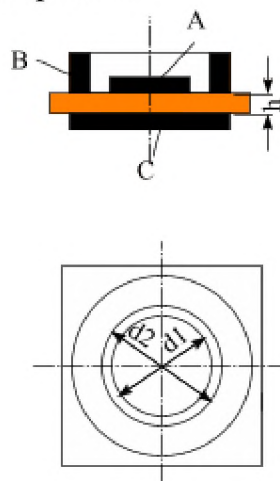


Рис. 1. Схема расположения электродов для измерения удельных сопротивлений плоского образца диэлектрика.

Верхний дисковый электрод А имеет диаметр  $d_1$ , внутренний диаметр кольцевого электрода  $d_2 = d_1 + 4$  мм. Таким образом, зазор между этими электродами составляет 4 мм. Нижний дисковый электрод С имеет диаметр, примерно равный наружному диаметру кольцевого электрода. При измерении объемного сопротивления образца следует пропускать ток сквозь толщу образца между верхним и нижним дисковыми электродами А и С, а при измерении поверхностного сопротивления - через поверхностный слой образца, расположенный в кольцевом зазоре между электродами А и В.

В принципе измерение этих сопротивлений образцов не представляет трудностей, однако на практике далеко не всегда является простым делом,

так как вследствие большой величины удельных сопротивлений, особенно в случае высококачественных диэлектриков, в схеме протекают настолько слабые токи, что их измерение оказывается затруднительным.

В настоящей работе измерение удельного сопротивления осуществляется с помощью цифрового тераомметра. Схема измерения объемного сопротивления плоского образца диэлектрика представлена на рис. 2.

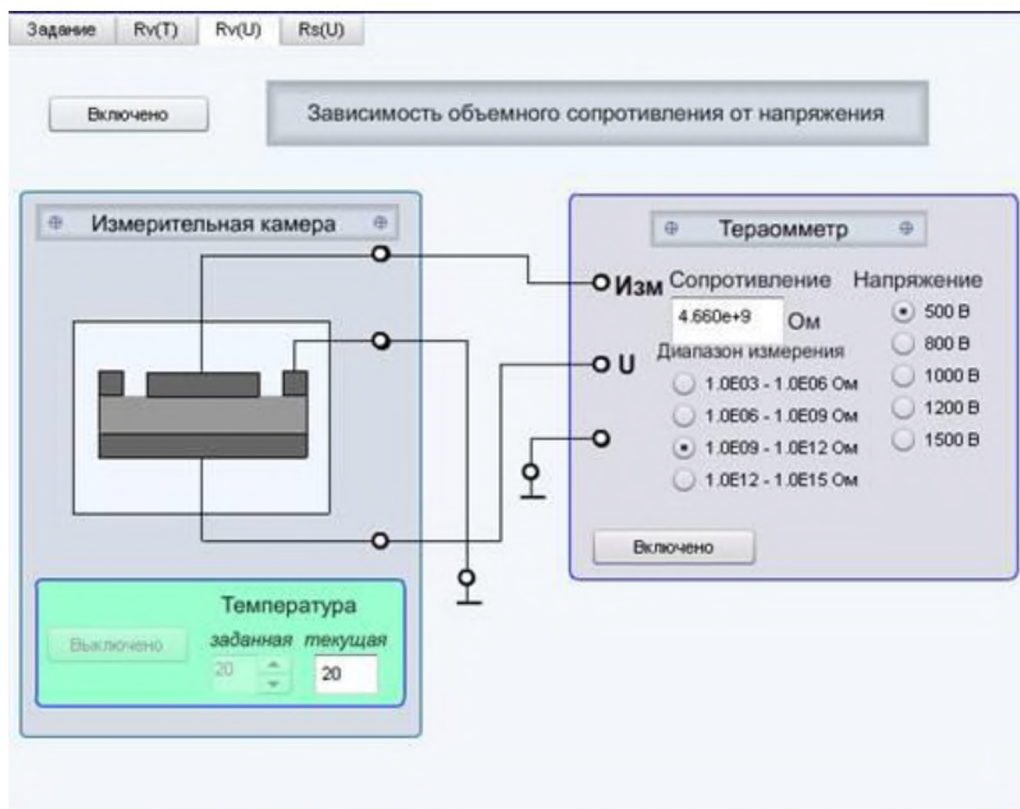


Рис. 2. Виртуальный стенд для измерения удельного объемного сопротивления диэлектриков.

Ток от источника питания пропускается сквозь толщу образца между нижним дисковым электродом (так называемым высоковольтным электродом, поскольку к нему приложен высокий потенциал) и верхним дисковым электродом (так называемым измерительным электродом) и измеряется цифровым тераомметром.

Измеряемый ток является объемным током утечки, так как поверхностный ток утечки с электрода С не попадет на электрод А и “собирается” кольцевым электродом В, выполняющим роль охранного кольца и далее отводится на землю, минуя гальванометр. Охранный электрод, имея практически тот же потенциал, что и измерительный электрод А, способствует устранению краевого эффекта у этого электрода и тем самым создает практически однородное электрическое поле в образце между электродами А и С. Измерив вольтметром приложенное к образцу



напряжение  $U$  (в вольтах) и ток, протекающий через образец, можно определить объемное сопротивление образца  $R_V$ :

$$R_V = \frac{U}{I_V} = \frac{U}{\alpha \cdot C_D \cdot n} [\text{Ом}] \quad (2)$$

Пользуясь известным соотношением

$$R_V = \rho_V \cdot \frac{h}{S} \quad (3)$$

где  $\rho_V$  - удельное сопротивление образца, ом\*м;

$h$  - толщина образца, м;

$S$  - площадь электрода А, м<sup>2</sup>,

и выражая  $S$  через диаметр электрода А

$$S = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$$

получим формулу для определения величины удельного объемного сопротивления испытуемого образца:

$$\rho_V = \frac{\pi \cdot U \cdot d_1^2}{4 \alpha \cdot C_D \cdot n \cdot h} [\text{Ом} \cdot \text{м}] \quad (4)$$

На рис. 3 показан виртуальный стенд измерения поверхностного сопротивления плоского образца. От предыдущей схемы ее отличает способ включения образца.

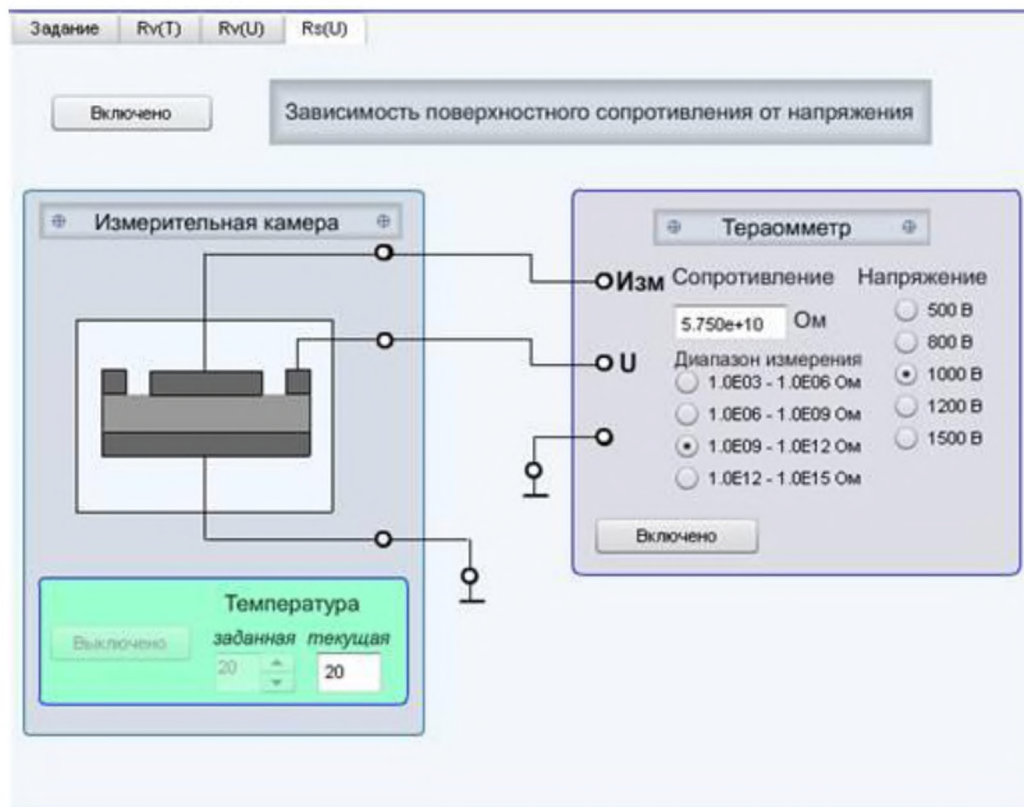


Рис. 3. Виртуальный стенд для измерения удельного поверхностного сопротивления диэлектриков.

Если электрод А опять является измерительным, т. е. остается соединенным с гальванометром, то другие электроды поменялись ролями: кольцевой электрод В стал высоковольтным, а электрод С - охранным. При этом гальванометр измеряет поверхностный ток в кольцевом зазоре между электродами А и В, а объемный ток утечки, который мог бы также проходить от электрода В к электроду А, отводится электродом С на землю и минует гальванометр. Измерив напряжение  $U$  (в вольтах), приложенное к образцу, и поверхностный ток утечки

$$I_s = \alpha \cdot C_D \cdot n \quad (5)$$

можно определить поверхностное сопротивление образца  $R_s$ :

$$R_s = \frac{U}{I_s} = \frac{U}{\alpha \cdot C_D \cdot n} [\text{Ом}] \quad (6)$$

Для круглых электродов связь между поверхностным сопротивлением образца  $R_s$ , удельным поверхностным сопротивлением диэлектрика  $\rho_s$  и размерами электродов  $d_1$  и  $d_2$  выражается следующим соотношением:

$$R_s = \rho_s \cdot \frac{d_2 - d_1}{\pi \cdot (d_2 + d_1)} \quad (7)$$

где  $\rho_s$  измеряется в Омах, а  $d_1$  и  $d_2$  - в любых одинаковых единицах длины.

Измерив  $R_s$  и зная диаметры  $d_1$  и  $d_2$ , можно вычислить величину удельного поверхностного сопротивления испытуемого образца:

$$\rho_s = \frac{\pi \cdot U \cdot (d_2 + d_1)}{\alpha \cdot C_D \cdot n \cdot (d_2 - d_1)} \quad (8)$$

### **Рабочее задание и порядок проведения работы**

Лабораторная работа проводится по следующей схеме:

1. Получить от преподавателя и ознакомиться с заданием. Данный пункт подразумевает, что обучаемый должен перейти к вкладке «Задание» на виртуальном лабораторном стенде и ознакомиться с выданным для выполнения заданием.

2. Собрать схему, перетаскивая соответствующие клеммы на виртуальном стенде. Вы должны собрать схему и подтвердить ее ввод, нажав кнопку «Завершить ввод схемы». Если Вы ошиблись и хотите повторить ввод, то нажмите кнопку «Отменить ввод». Помните, что до тех пор, пока Вы правильно не соберете схему кнопка включения стенда будет заблокирована, и Вы не сможете приступить к измерениям. После сборки схемы необходимо включить стенд, источник постоянного напряжения, цифровой тераометр. Необходимо правильно выбрать диапазон измерения. Для измерения температурной зависимости объемного сопротивления необходимо включить термостат. Обучаемый должен правильно собрать схему, нажать кнопку. Включить включения стенда (единственную доступную в начале работы),

после этого нажатием кнопок. Включить включить приборы, задействованные для текущего измерения.

3. Снять зависимость удельного объемного сопротивления от температуры для материала, диапазона и шага изменения по температуре, указанных в задании.

4. Снять зависимости удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений от напряжения для материалов, диапазона и шага изменения по напряжению, указанных в задании. Для расчета удельных объемного и поверхностного сопротивлений воспользоваться соотношениями (2)-(8). Построить графики указанных зависимостей от напряжения.

5. Сделать письменные выводы по проделанной работе. Подготовить отчет по проделанной работе в соответствии с установленными требованиями. Отчет должен включать в себя:

конкретное задание;

основные формулы и соотношения, по которым проводился расчет;

таблицы (протоколы) с результатами экспериментов;

графики, выполненные в соответствии с требованиями преподавателя;

краткие письменные выводы, объясняющие соответствие (или несоответствие) полученных зависимостей теоретическим.

### **Домашнее задание**

1. Изучите физические основы и характерные черты явления электропроводности твердых диэлектриков. Влияние различных факторов на электропроводность диэлектриков.

2. Ознакомьтесь со стандартными методами определения удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений на постоянном токе.

3. Ознакомьтесь с порядком проведения работы, обработкой полученных результатов и правилами оформления отчета о выполненной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Чем вызвана электропроводность диэлектриков? Что является носителями заряда в твердых диэлектриках? В чем состоит природа сквозного тока (тока утечки), тока смещения, тока абсорбции? Что такое удельное поверхностное и удельное объемное сопротивление?

2. Какой общей закономерности подчиняется изменение удельного сопротивления диэлектриков от температуры?

3. От каких факторов зависит удельное поверхностное сопротивление диэлектриков?

4. В чем состоит методика измерений удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений?

### Лабораторная работа №3

#### Тема: Механические испытания электроизоляционных материалов на растяжение и сжатие.

**Цель работы:** на практике уметь испытывать на растяжение образцы с различной площадью поперечного сечения.

**Общие положения.** При растяжении стандартных образцов с площадью поперечного сечения  $F_0$  и рабочей (расчетной) длиной  $L_0$  строят диаграмму растяжения в координатах нагрузка — удлинение образца. На диаграмме выделяют три участка: упругой деформации до нагрузки  $P(\text{упр.})$ ; равномерной пластической деформации от  $P(\text{упр.})$  до  $P(\text{макс})$  и сосредоточенной пластической деформации от  $P(\text{макс.})$  до  $P(\text{критич.})$ . Прямолинейный участок сохраняется до нагрузки, соответствующей пределу пропорциональности  $P(\text{пц})$ . Тангенс угла наклона прямолинейного участка характеризует модуль упру-гости первого рода  $E$ . На небольшом участке от  $P(\text{пц})$  до  $P(\text{упр})$  нарушается линейная зависимость между  $P$  и  $(\Delta)L$  из-за упругих несовершенств материала, связанных с дефектами решетки. Пластическое деформирование выше  $P(\text{упр})$  идет при возрастающей нагрузке, так как металл в процессе деформирования упрочняется. Упрочнение металла при деформировании называется наклепом. Наклеп металла увеличивается до момента разрыва образца, хотя растягивающая нагрузка при этом уменьшается от  $P(\text{макс})$  до  $P(\text{критич})$ . Это объясняется появлением в образце местного утонения — шейки, в которой в основном сосредотачивается пластическая деформация. Несмотря на уменьшение нагрузки, растягивающие напряжения в шейке повышаются до тех пор, пока образец не разорвется. При растяжении образец удлиняется, а его поперечное сечение непрерывно уменьшается. Истинное напряжение определяется делением действующей в определенный момент нагрузки на площадь, которую образец имеет в этот момент. Истинные напряжения в повседневной практике не определяют, а пользуются условными напряжениями, считая, что поперечное сечение  $F_0$  образца остается неизменным. Напряжения  $(\sigma)_{\text{Упр}}$ ,  $(\sigma)_T$  и  $(\sigma)_B$  — стандартные характеристики прочности. Каждая получается делением соответствующей нагрузки  $P(\text{упр})$ ,  $P(T)$  и  $P(\text{макс})$  на начальную площадь поперечного сечения  $F_0$ . Пределом упругости  $(\sigma)_{\text{Упр}}$  называют напряжение, при котором пластическая деформация достигает заданного значения, установленного условиями. Обычно используют значения остаточной деформации 0,005; 0,02 и 0,05%. Соответствующие пределы упругости обозначают  $(\sigma)_{0.005}$ ,  $(\sigma)_{0.02}$  и  $(\sigma)_{0.05}$ . Предел упругости — важная характеристика пружинных материалов, которые используют для упругих приборов и машин. Условный предел текучести — это напряжение, которому соответствует пластическая деформация 0,2%; его обозначают  $(\sigma)_{0.2}$ . Физический предел текучести  $(\sigma)_T$  определяют по диаграмме растяжения, когда на ней имеется площадка текучести. Однако при испытаниях на растяжение большинства сплавов площадки текучести на диаграммах нет. Выбранная пластическая деформация 0,2 % достаточно точно характеризует переход от



упругих деформаций к пластическим, а напряжение (сигма) $\sigma_{0.2}$  несложно определить при испытаниях независимо от того, имеется или нет площадка текучести на диаграмме растяжения. Допустимое напряжение, которое используют в расчетах, выбирают меньше (сигма) $\sigma_{0.2}$  (обычно в 1,5 раза) или меньше (сигма) $\sigma_B$  (в 2,4 раза). Для малопластичных материалов испытания на растяжения вызывают значительные затруднения. Незначительные перекосы при установке образца вносят существенную погрешность в определение разрушающей нагрузки. Такие материалы, как правило, подвергают испытанию на изгиб.

**Испытание на растяжение**— это относительно простой для понимания и объяснения метод испытания материала, и, возможно, его используют чаще остальных. При проведении этого испытания, образец материала растягивают вдоль продольной оси с помощью растягивающего приспособления испытательной машины (Рис. 1). Испытание проводят с постоянной скоростью, (т.е. с постоянной скоростью растяжения образца), а нагрузку измеряют с помощью датчика нагрузки. Одновременно с этим измеряют удлинение, соответствующее прилагаемой нагрузке. Удлинение можно измерить несколькими способами, в том числе, по пути движения подвижной траверсы, или путем прикрепления к материалу тензодатчика при очень низких величинах деформации.

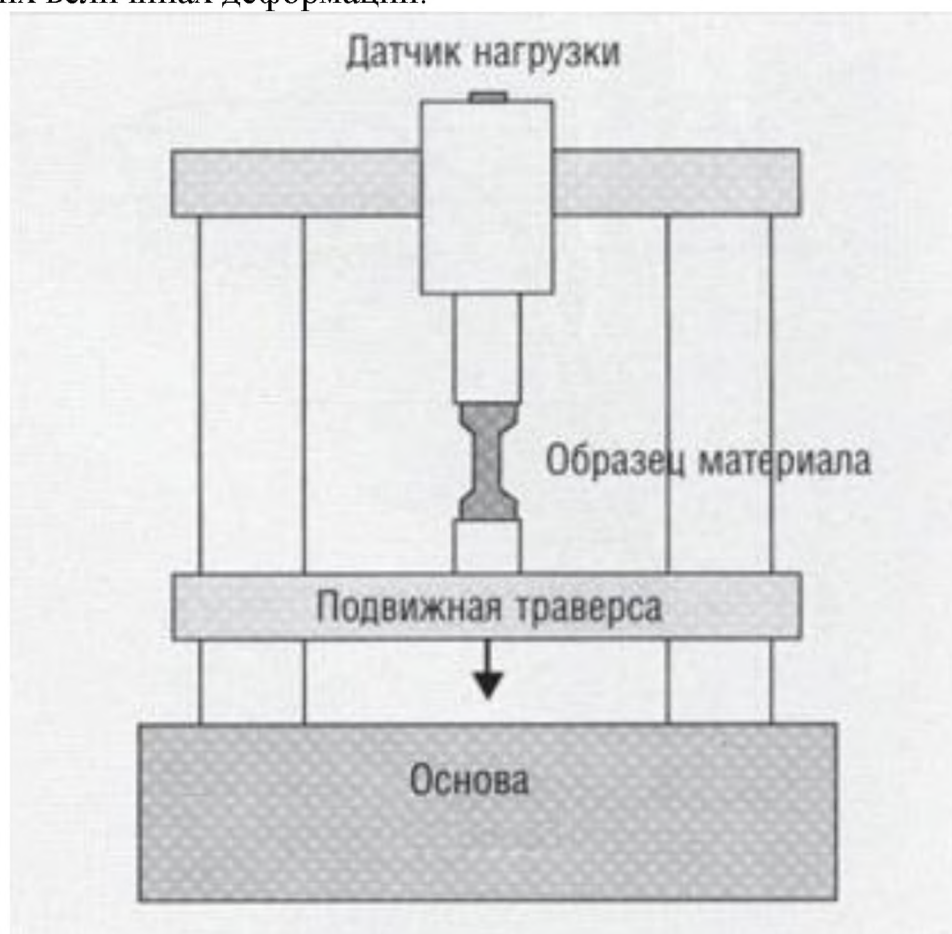


Рис. 1. Схема испытания образца для определения прочности на растяжение.

Напряжение и соответствующая ему деформация могут быть рассчитаны по приведенным выше формулам. По этим данным можно

построить кривую напряжение — деформация, а по этой кривой можно определить ряд свойств. Типичные примеры кривых напряжения-деформации для некоторых материалов представлены на Рис. 2.

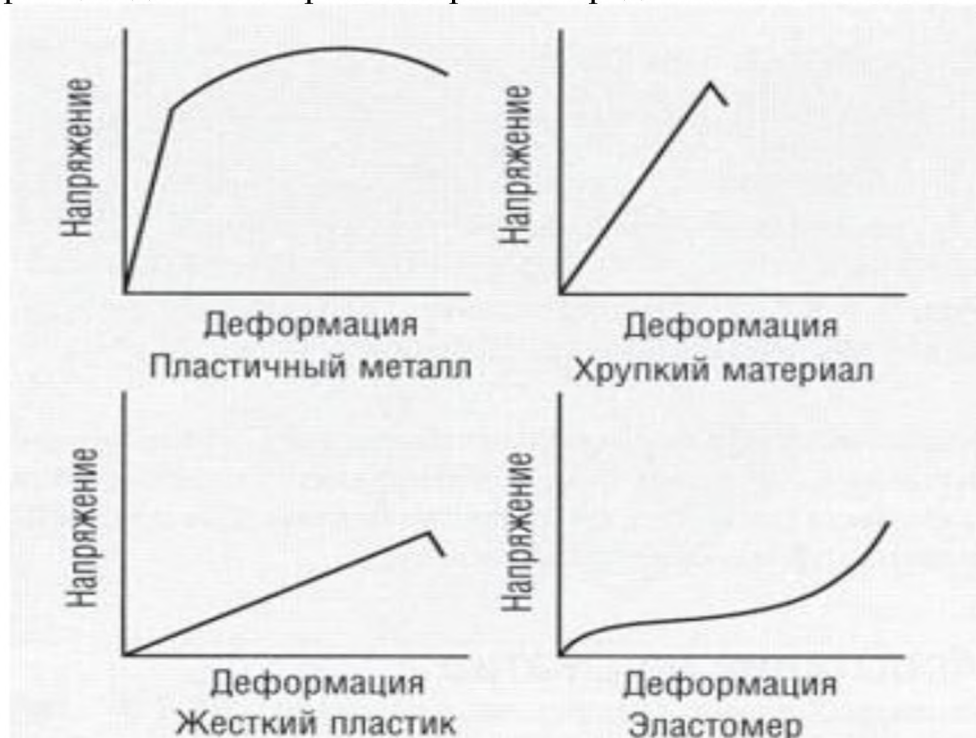


Рис. 2. Вид кривых напряжение-деформация для материалов различного типа. Кривые представлены не в масштабе.

Примером пластичного или ковкого материала является мягкая сталь, на графике напряжение-деформация для которой показаны: область линейной упругости, четко определяемая точка предела текучести и высокая степень пластичности материала. И, напротив, на графике такого твердого материала, как гипс, видна только линейная область упругости, а затем происходит разрушение без каких-либо признаков пластической деформации.

Многие пластмассы, такие, как полиметилметакрилат, также являются жесткими материалами, однако они обладают меньшей хрупкостью, чем гипс. Поведение эластомера, примером которого является силиконовый оттискной материал, очень необычно по сравнению с другими материалами. Оказывается на графике напряжение-деформация у него отсутствует область линейной упругости, а область упругого восстановления у эластомера очень обширна. Относительное удлинение у него значительно выше, чем, например, у стали или гипса. Эластомер эластичен по своей природе, и, подобно резине, он восстанавливает свои исходные размеры сразу же после снятия напряжения. Кроме того, резина обладает крайне низкой прочностью при растяжении.

#### **Образование шейки при испытании на растяжение.**

При упругой деформации наблюдается небольшое увеличение объема материала за счет того, что расстояние между атомами, из которых состоит твердое тело, удлиняется при растяжении. Однако при пластической деформации таких изменений объема не наблюдается. При такой



деформации увеличение длины материала может привести к уменьшению площади его поперечного сечения. Это в свою очередь приведет к возникновению локализованной области материала, которая представлена на Рис. 3. Эта область уменьшения поперечного сечения образца называется шейкой. Часто такое явление наблюдается при растяжении материалов с повышенной вязкостью (пластичных материалов).

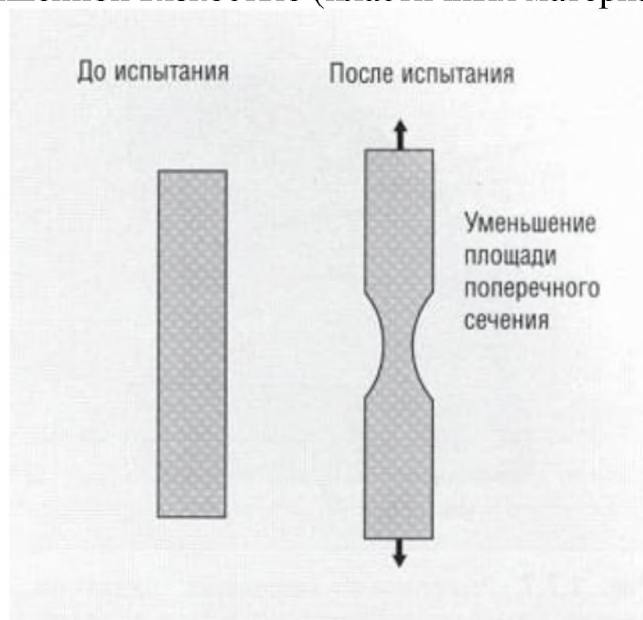


Рис. 3. Образование «шейки» при растяжении пластичного материала.

Результаты испытаний на растяжение могут быть очень полезными при создании новых конструкций, поскольку для того, чтобы предсказать поведение конструкции, находящейся под нагрузкой, необходимо знание параметров упругой деформации материала. Максимальное напряжение, которое может безопасно выдержать материал, определяется пределом текучести. Следовательно, от предела текучести зависит максимальная нагрузка, которой этот материал способен противостоять, хотя благоразумнее было бы включить в расчеты некоторый коэффициент запаса прочности. Жесткость материала можно рассчитать по модулю упругости. Например, сочетание этих двух свойств (предела текучести и жесткости) позволит легко определить упругость или пружинистость металлической проволоки. Если в технологический процесс изготовления продукции включены такие операции, как прокатка, протяжка проволоки или прессование, необходимо знать величину пластической деформации, которую материал сможет выдержать без разрушения. Если материал обладает высокой пластичностью, то ему можно придавать нужную форму, однако если пластичность материала невысока, то создание формы путем воздействия нагрузки будет невозможным.

#### **Испытание на сжатие.**

Испытания на растяжение проводить сложно, особенно, если материал хрупкий — в таких случаях наблюдается большой разброс результатов. Альтернативным методом оценки прочности материала является испытание на сжатие, которое легче провести, если материал хрупкий, так как в этом

случае разброс результатов будет меньшим. Другой причиной, по которой хрупкие образцы следует испытывать на сжатие, является тот факт, что эти материалы используются в условиях, где действуют сжимающие нагрузки.

При испытании на сжатие образец удерживается за счет трения в точках контакта с опорными пластинами испытательного прибора, здесь наблюдается увеличение площади поперечного сечения в середине образца, и одновременно с этим материал приобретает форму бочонка. Этот эффект «приобретения формы бочонка» приводит к возникновению очень сложной модели распределения напряжений в материале (также представленной на Рис. 4). Анализировать такую модель очень сложно. Это затрудняет интерпретацию результатов испытаний на сжатие.

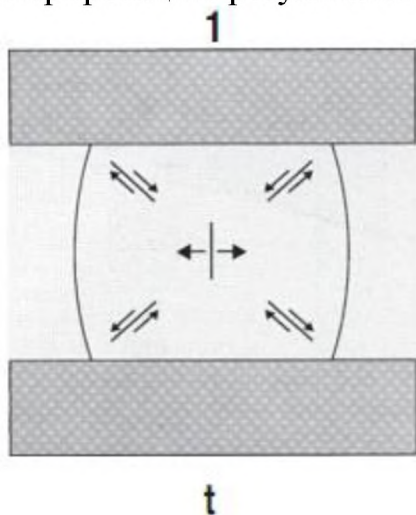


Рис. 4. Распределение напряжений растяжения и сдвига в образце при определении прочности материала на сжатие.

Компромиссным испытанием является измерение так называемой диаметральной прочности, в который изготовленный из испытываемого материала диск подвергают воздействию сжимающей нагрузки. В результате приложения этой нагрузки к диску, в направлении, перпендикулярном направлению приложения сжимающей нагрузки, возникают напряжения растяжения, что схематически представлено на Рис. 5.

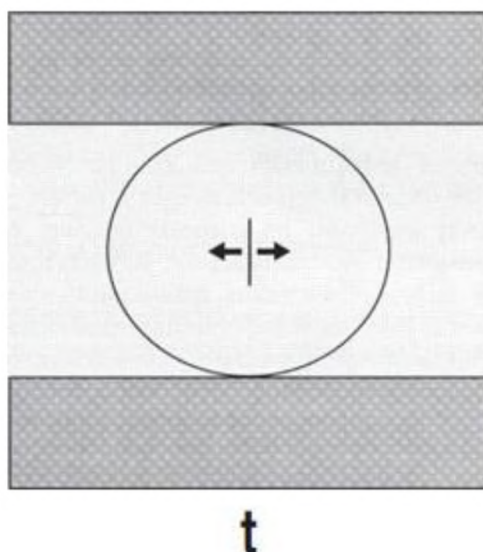




Рис. 5. Схема испытания образца для определения прочности материала на диаметральный разрыв.

Растягивающее напряжение,  $a$ , рассчитывают по формуле:  $a = 2P/JT.DT$ , где  $P$  — нагрузка,  $D$  — диаметр диска,  $T$  — толщина диска. Обычно этот метод используют для испытаний хрупких стоматологических материалов, поскольку он прост и позволяет получать более воспроизводимые результаты, чем в случае испытаний на растяжение.

### **Испытание твердости.**

Испытание твердости — это измерение сопротивления поверхности материала воздействию инструмента, внедряемого или вдавливаемого в поверхность (индентеров), или режущего инструмента. Испытание твердости проводят для определения сопротивления материала царапанию или стиранию. Кроме того, существует приближенная зависимость между твердостью материала и пределом прочности на растяжение.

Для испытаний используют индентер в форме шарика (при испытании твердости по Бринеллю), пирамидки (при испытании твердости по Виккерсу или по Кнуппу) или конуса (при испытании твердости по Роквеллу). Разумеется, твердость самого индентера должна быть выше твердости испытываемого материала. Образец вдавливают в поверхность материала в течение определенного периода времени, и на поверхности материала остается отпечаток шарика, пирамидки или конуса (Рис. 6).



Рис. 6. Вид отпечатка индентера на поверхности образца для различных видов твердомеров.

Размер полученного отпечатка будет зависеть от твердости испытываемого материала. Размеры отпечатка можно измерить и подсчитать из них эмпирическое значение числа твердости. Выбор метода испытания твердости до некоторой степени зависит от природы материала, который будет подвергнут испытанию.

### **Испытание на ударную прочность.**

Испытание на ударную прочность — это оценка сопротивления материала мгновенному приложению нагрузки. Стандартный образец в виде балки с насечками подвергают воздействию импульсной нагрузки, создаваемой маятниковым копром. Схематическое изображение испытания на ударную прочность представлено на Рис. 7.

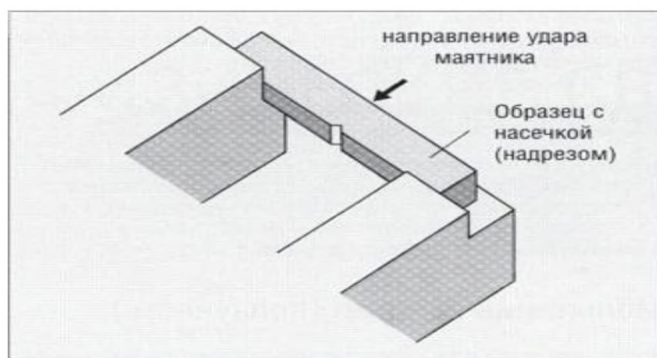


Рис. 7. Расположение образца при определении прочности на удар по Шарли. Маятник с ударником, который падает с определенной высоты.

Маятниковый копер отпускают с определенной высоты, он ударяет и разрушает образец, который установлен на параллельных опорах. Часть энергии маятника используется для разбивания образца. Если будут известны начальная высота, на которой находился маятник, и высота, на которую он поднялся после разрушения образца, то нетрудно будет рассчитать разницу энергий. Эта разница является мерой количества энергии, которая была поглощена образцом, что и вызвало его разрушение. Несмотря на то, что результаты этого испытания являются эмпирическими, его можно применять для оценки ударной прочности ряда материалов. Присутствие насечек на образце делает условия проведения испытания очень жесткими, а также является показателем чувствительности материала к присутствию надрезов на его поверхности.

#### **Испытание на усталостную прочность.**

Во многих практических ситуациях материалы подвергаются воздействию переменных нагрузок чаще, чем статических, о которых говорилось выше. Постепенное накопление незначительных количеств пластической деформации, возникающих в результате воздействия цикла переменных напряжений, известно под названием усталости материала.

Усталость может стать причиной разрушения материала при напряжениях, величина которых значительно ниже предела текучести. Для проведения испытания на усталостную прочность образцы материала подвергают воздействию циклических нагрузок в некотором их диапазоне. В каждом случае подсчитывают число циклов, требуемых для разрушения образцов.

Величину напряжения выражают графически в виде логарифмической зависимости от соответствующего числа циклов напряжений, которое требуется для разрушения образца. Кривая зависимости напряжения от числа циклов (кривая Н — Ч) представлена на Рис. 8.





Рис. 8.

Существуют две формы поведения материалов. Для некоторых материалов по мере увеличения числа циклов нагрузки происходит снижение напряжений, которые способен выдержать материал. Однако для других материалов существует уровень напряжений, называемый пределом выносливости, ниже которого материал можно подвергать неопределенному числу циклов нагрузки, не вызывая его разрушения. Усталостная прочность в значительной степени определяется характеристиками поверхности материала. Улучшение качества обработки поверхности или создание на поверхности напряжений сжатия механическими, термическими или химическими методами, приводит к повышению усталостной кривой Н - Ч. Кроме того, на характер кривой Н — Ч выраженное влияние оказывает среда, в которой проходит эксперимент. Например, в коррозионных средах усталостная прочность материала снижается.

#### **Порядок выполнения работы:**

- 2.1. Измерение твердости металлов методом Бринелля.
  1. Подготовить твердомер к работе.
  2. Испытуемый образец установить на лабораторный столик.
  3. При помощи твердомера Бринелля приложить нагрузку к образцу.
  4. После остановки твердомера освободить образец и измерить диаметр отпечатка отсчетным микроскопом в двух перпендикулярных плоскостях с определением средней величины.
  5. Каждый образец испытать трижды. За конечный результат принять среднее арифметическое из трех измерений. Результаты занести в таблицу.
  6. Найти числа твердости и результаты занести в таблицу.

#### **Содержание отчета:**

1. Описание цели работы.
2. Физическая сущность единиц твердости при измерении методом Бринелля.
3. Заполнение таблицы результатов испытаний твердости сталей различных марок.
4. График зависимости твердости стали от содержания углерода.
5. Вывод по результатам исследований.

### Контрольные вопросы.

1. Что такое твердость?
2. Что принимается за единицу твердости по Бринеллю?
3. Как осуществляется выбор нагрузки?
4. Условия выбора диаметра шарика.
5. Как определяется твердость по методу Бринелля?
6. Способ записи числа твердости по Бринеллю?
7. Каковы преимущества метода Бринелля?
8. Каковы недостатки метода Бринелля?
9. Что принимается за единицу твердости по Роквеллу?
10. Как записывается твердость по Роквеллу?
11. Почему определение твердости получило наибольшее распространение в промышленности?

**Приложение 1.** Таблица результатов испытаний.

М арка стали	Испытания методом Бринелля							
	Д иаметр шарика , мм	Н агруз ка, кгс	В ремя выдер жки, с	Результаты измерений				Тв ердость НВ
				1	2	3	Среднее значение	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

### Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка). Федеральный учебник 6-е изд. стереотипное. Москва "Академия", 2013г. , 288 с.
2. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология обработки материалов, М., ФОРУМ:ИНФРА –М, 2013г., 336с.
3. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И.. Материаловедение, ХИМИЗДАТ, 2007.
4. Чумаченко Ю.Т., Чумаченко Г.В., Материаловедение, Феникс, 2013 , 320стр.

Дополнительные источники:

5. Лахтин М.Ю., Леонтьева В.П., М., «Машиностроение», 1990г. Интернет-ресурсы ..... <http://cnsexpert.ru/m001.htm>



## Лабораторная работа №4

**Тема: Изучение устройства выключателей и предохранителей.**

**4.1.Цель работы:** изучение конструкций и принципа действия

предохранителей и автоматических выключателей. Исследование защитных свойств самовосстанавливающихся предохранителей и автоматического выключателя с комбинированным расцепителем.

**4.2.Предмет изучения.**

Предохранители — это электрические аппараты, предназначенные для отключения защищаемой цепи посредством разрушения специально предусмотренных для этого токоведущих цепей под действием тока, превышающего определенное значение. В большей части конструкций цепь отключается путем расплавления плавкой вставки, которая нагревается током защищаемой цепи. После срабатывания предохранителя необходимо или заменить перегоревшую вставку на новую, или заменить весь предохранитель. Предохранители с плавкими вставками имеют следующие преимущества: простота конструкции, малые габариты, высокая отключающая способность, низкая цена. Предохранители с плавкой вставкой изготавливаются на токи от миллиампер до нескольких тысяч ампер.

К предохранителям предъявляются следующие требования:

1. времятоковая характеристика предохранителя должна проходить ниже, но возможно ближе к времятоковой характеристике защищаемого объекта;
2. время срабатывания предохранителя при КЗ должно быть минимально возможным, особенно при защите полупроводниковых приборов. Предохранители должны работать с токоограничением;
3. при КЗ в защищаемой цепи предохранители должны обеспечивать селективность защиты;
4. характеристики предохранителя должны быть стабильными, а технологический разброс их параметров не должен нарушать надежность защиты;
5. в связи с возросшей мощностью установок предохранители должны иметь высокую отключающую способность.

Несмотря на разнообразие конструкций предохранителей, все они имеют следующие основные части: корпус из электроизоляционного материала, плавкую вставку, клеммы для подключения к защищаемой цепи. Для изготовления плавких вставок применяют медь, серебро, цинк, свинец. Плавкая вставка выполняется либо в виде тонкого проводника круглого сечения либо в виде ленты. Для обеспечения токоограничивающих свойств плавкая вставка имеет сужения. При номинальном токе избыточная теплота

успевают распространиться к более широким частям вставки, при протекании по 40 вставке токов короткого замыкания цепи, тепло не успевает отводиться от суженных участков и вставка быстро перегорает в местах малых сечений. После перегорания вставки загорается дуга, нагревающая среду внутри предохранителя. Наличие нескольких разрывов электрической цепи (за счет нескольких сужений вставки) в сочетании с высоким давлением внутри корпуса предохранителя способствует быстрому гашению дуги, что дает эффект токоограничения — ток короткого замыкания не успевает увеличиться до установившегося значения  $I_{к,уст}$ .

Более совершенные предохранители (например, типа ПН–2) имеют фарфоровый или стеатитовый корпус, ленточные плавкие вставки. Плавкие вставки выполняют из медной ленты и разделяют на несколько параллельных ветвей для лучшего охлаждения. Использование меди, имеющей низкое удельное электрическое сопротивление, позволяет уменьшить сечение вставки, что облегчает дугогашение (поскольку дуга загорается в парах металла расплавившейся вставки, чем меньше этих паров в дуговом промежутке, тем легче погасить дугу). Вставка имеет вырезы, чем достигается эффект токоограничения за счет ускоренного перегорания вставки при протекании сверхтоков.

Внутренний объем предохранителя заполнен мелкозернистым кварцевым песком. Это улучшает охлаждение вставки и продлевает срок службы предохранителя. При перегорании вставки дуга горит в узком канале, образованном наполнителем. Высокое давление в канале и интенсивный отвод тепла стенками канала обеспечивают быстрое гашение дуги. Для снижения температуры плавления вставки и, следовательно, температуры всего предохранителя на медную ленту наносят оловянные полоски. При нагреве олово расплавляется гораздо раньше, чем медь. В месте соприкосновения олова с лентой начинается процесс растворения меди и уменьшение сечения ленты (металлургический эффект). Это вызывает увеличение сопротивления ленты на этом участке и увеличение потерь в нем. Процесс заканчивается расплавлением медной ленты в месте расположения олова. При этом температура плавления вставки в несколько раз меньше, чем температура плавления меди, что позволяет получить лучшее согласование времятоковой характеристики предохранителя с характеристиками защищаемых объектов.

Времятоковая характеристика предохранителя должна быть согласована с характеристикой защищаемой цепи. Правильно подобранный предохранитель имеет времятоковую характеристику, пересекающую характеристику объекта при токе  $(1,5–2)I_{ном}$ . При этом цепь не отключается при

токах близких к номинальному значению и отключается в случае значительных перегрузок.

При выборе предохранителя по условиям селективности руководствуются следующим соотношением:  $t_{срб} > 3t_{срм}$ ,

где  $t_{срб}$ ,  $t_{срм}$  — времена срабатывания предохранителя на больший и меньший номинальные токи соответственно. Приведенное выражение учитывает производственный разброс по времени срабатывания предохранителей  $\pm 50\%$ . Таким образом, селективность защиты обеспечивается правильным согласованием времен срабатывания предохранителей различных уровней.

### **Параметры и характеристики предохранителей**

Номинальный ток предохранителя ( $I_{ном}$ ) — который может протекать через предохранитель бесконечно долго без перегрева его отдельных частей. Величина этого тока обусловлена теплофизическими и геометрическими параметрами предохранителя и выражается при переменном токе — действующим значением периодической составляющей тока синусоидальной формы номинальной частоты, при постоянном токе (при наличии пульсации) — средним значением. Номинальный ток вставки ( $I_{в.ном}$ ) — ток, при котором вставка длительно работает, не нагреваясь выше допустимой температуры.

В один и тот же предохранитель могут быть установлены плавкие вставки на разные номинальные токи (но не больше номинального тока предохранителя). Условный ток неплавления  $I_{нпл}$  — ток, при протекании которого в течение определенного времени плавкая вставка не должна перегорать.

Условный ток плавления  $I_{пл}$  — ток, при протекании которого в течение определенного времени плавкая вставка должна гарантированно перегорать.

Номинальное напряжение предохранителя — максимальное напряжение электрической цепи (действующее значение), при котором обеспечивается надежное срабатывание предохранителя. На переменном токе номинальное напряжение предохранителя выражается действующим значением периодической составляющей тока синусоидальной формы номинальной частоты, при постоянном токе при наличии пульсации — средним значением.

Время плавления плавкого элемента предохранителя  $t_{пл}$  — интервал времени от момента начала протекания через предохранитель сверхтока до момента достижения наиболее нагретым участком плавкого элемента температуры плавления материала.

### **Самовосстанавливающиеся предохранители**

Для защиты слаботочных цепей широко используются самовосстанавливаю-

щиеся предохранители. Они находят широкое применение в телекоммуникационном оборудовании, компьютерах и периферийных устройствах, аккумуляторных батареях, низковольтных источниках питания, измерительной аппаратуре и устройствах управления, системах речевого оповещения и аварийной сигнализации, электрооборудовании автомобилей и во многих других различных типах электронного оборудования. В отличие от предохранителей традиционных конструкций, самовосстанавливающийся предохранитель не имеет плавкой вставки, перегорающей при срабатывании, и способен автоматически восстановить проводящие свойства, что сокращает время и расходы на обслуживание и ремонт электроустановки.

Самовосстанавливающиеся предохранители изготавливают из материалов, подверженных фазовым изменениям при колебаниях температуры. Сопротивление таких материалов может очень резко возрастать (изменение сопротивления лежит в диапазоне от  $10^4$  Ом до  $10^7$  Ом) в узком диапазоне температур. Подобная характеристика свойственна определенным типам токопроводящих полимеров. Полимерный предохранитель токовой защиты с положительным температурным коэффициентом сопротивления (ПТК) включается в электрическую цепь последовательно с нагрузкой так же, как и обычный предохранитель. Он обеспечивает защиту цепи, переходя из состояния с низким сопротивлением в состояние с высоким сопротивлением, реагируя таким образом на перегрузку по току. Этот процесс называется «срабатыванием» самовосстанавливающегося предохранителя. Полимерный материал с ПТК имеет кристаллическую решетку органического полимера, содержащую цепочки рассеянных токопроводящих частиц. В нормальном режиме работы, т.е. в холодном состоянии, материал является в основном кристаллическим, причем его токопроводящие частицы «втиснуты» в аморфные области между мелкими кристаллами и образуют пути для протекания токов. Тепло, генерируемое элементом, и тепло, рассеиваемое в окружающую среду, находятся в равновесии. При возрастании тока, проходящего через элемент, при сохранении постоянной температуры окружающей среды, температура элемента увеличивается. Если, однако, это увеличение тока не слишком велико, вся генерируемая теплота может быть рассеяна, и элемент останется в устойчивом состоянии при более высокой температуре. Если возрастает не ток, а температура окружающей среды, элемент также стабилизируется в устойчивом состоянии при более высокой температуре. Если скорость генерации тепла в элементе превышает возможную скорость его рассеивания в окружающую среду, возрастает объем аморфной фазы полимера и разрушается структура токопроводящих цепочек, что приводит к резкому увеличению

сопротивления элемента. На этой стадии даже небольшое изменение температуры приводит к очень значительному увеличению сопротивления, что вызывает в свою очередь соответствующее снижение тока в цепи и ее защиту от повреждения.

После срабатывания к элементу подводится энергия источника питания равная  $V^2/R$ . В течение времени, пока приложенное напряжение достаточно высоко, для того чтобы результирующая энергия компенсировала рассеивание тепла в окружающую среду, элемент остается в состоянии с высоким сопротивлением (то есть элемент остается «защелкнутым» в состоянии, обеспечивающем защиту). После отключения напряжения питания прекращается выделение мощности в элементе. Благодаря продолжающемуся рассеянию тепла в окружающую среду элемент начинает остывать. При достижении температуры фазового перехода происходит восстановление кристаллической структуры полимерного материала и восстановление в нем токопроводящих цепей. При этом сопротивление элемента быстро возвращается к исходному уровню. Начиная с этого момента элемент снова готов для дальнейшей работы — происходит «самовосстановление» предохранителя. Таким образом, во время короткого замыкания в нагрузке или другом случае превышения тока самовосстанавливающийся предохранитель принимает на себя все напряжение источника, и низкое значение тока сохраняется до устранения причин перегрузки.

Номинальные параметры самовосстанавливающихся предохранителей

Ток пропускания (I<sub>H</sub>) — максимальный установившийся ток, который при указанных окружающих условиях может проходить через предохранитель без срабатывания. Ток срабатывания (I<sub>T</sub>) — минимальный установившийся ток, который при прохождении через предохранитель при оговоренных условиях приводит к обязательному его срабатыванию. Время срабатывания (t<sub>ср</sub>) — время срабатывания определяется как период времени после возникновения перегрузки, в течение которого падение напряжения на предохранителе станет больше 80% от напряжения питания защищаемой цепи (то есть сопротивление элемента станет значительно выше сопротивления нагрузки). Мощность рассеяния (P<sub>D</sub>) — мощность [Вт], рассеиваемая предохранителем в работавшем состоянии. Мощность рассеяния представляет собой произведение тока, проходящего через элемент на падение напряжения на элементе в работавшем состоянии.

Начальное сопротивление R<sub>min</sub> или R<sub>max</sub> — сопротивление предохранителя при указанных условиях (например, при 20 °C) перед его подключением в схему. Элементы одного типа имеют определенный диапазон сопротивлений. Поэтому часто указывается минимальное значение R<sub>min</sub> и/или максимальное значение R<sub>max</sub>. Максимальное сопротивление R<sub>1max</sub> — максимальное сопротивление предохранителя при комнатной температуре через 1 час после

срабатывания или пайки оплавлением. Максимальное рабочее напряжение — максимальное напряжение предохранителя при возникновении типичной неисправности. В большинстве схем это напряжение питания схемы.

Максимальное напряжение и ток срабатывания  $U_{max}$ ,  $I_{max}$  — максимальные значения напряжения и тока, которые могут быть прерваны предохранителем при возникновении перегрузки без опасности разрушения самого защитного элемента. Кроме того, могут нормироваться сопротивление предохранителя в сработавшем состоянии, ток утечки элемента в сработавшем состоянии.

Следует учитывать, что после первого срабатывания и восстановления проводящих свойств сопротивление предохранителя несколько увеличивается по сравнению с сопротивлением не работавшего предохранителя. Некоторые производители (например, корпорация Raychem, производящая предохранители марки PolySwitch) подвергают предохранители принудительному первому срабатыванию, тем самым гарантируя постоянную, независимую от числа срабатываний (максимально до 3000 циклов), величину рабочего сопротивления.

**Автоматические воздушные выключатели (автоматы)** служат для автоматического отключения электрической цепи при перегрузках, коротких замыканиях (КЗ), чрезмерном понижении напряжения питания, изменении направления мощности и т.п., а также для редких включений и отключений вручную номинальных токов нагрузки. К автоматам предъявляются следующие требования:

- токоведущая цепь автомата должна пропускать номинальный ток в течение сколько угодно длительного времени;
- автомат должен обеспечивать многократное отключение предельных токов КЗ. После отключения этих токов автомат должен быть пригоден для длительного пропускания номинального тока;
- для обеспечения электродинамической и термической стойкости энергоустановок, уменьшения разрушений и других последствий, вызываемых токами КЗ, автоматы должны иметь малое время отключения;
- с целью уменьшения габаритных размеров распределительного устройства и повышения безопасности обслуживания необходима минимальная зона выхлопа нагретых и ионизированных газов в процессе гашения дуги;
- элементы защиты автомата должны обеспечивать необходимые токи, времена срабатывания и селективность.

Можно классифицировать автоматические выключатели следующим образом:

- установочные автоматические выключатели имеют защитный изоляционный (пластмассовый) корпус и могут устанавливаться в общедоступных местах;
  - универсальные — не имеют такого корпуса и предназначены для установки в распределительных устройствах;
  - быстродействующие (собственное время срабатывания не превышает 5мс);
  - небыстродействующие (собственное время срабатывания от 10 до 100мс);
  - селективные, имеющие регулируемое время срабатывания в зоне токов короткого замыкания;
  - автоматы обратного тока, срабатывающие только при изменении направления тока в защищаемой цепи;
  - поляризованные автоматы отключают цепь только при нарастании тока в прямом направлении, неполяризованные — при любом направлении тока.
- 48 Автоматы общепромышленного и бытового применения обычно имеют лишь максимально-токовую защиту и защиту от токовых перегрузок отрегулированную на заводе. В эксплуатации характеристики автомата не могут быть изменены. Для уменьшения возможности соприкосновения персонала с деталями, находящимися под напряжением, эти автоматы закрыты пластмассовым кожухом и практически не выбрасывают дугу. По току срабатывания электромагнитного расцепителя различают автоматические выключатели трех типов: «В», «С», и «D». Автоматические выключатели типа «В» срабатывают при токе электромагнитного расцепителя, лежащем в диапазоне от 3 до 5  $I_n$ . Тип «С» срабатывает в диапазон от 5 до 10  $I_n$ . Тип «D», срабатывает в диапазоне от 10 до 50  $I_n$ . В любом автомате есть следующие основные узлы: контактная система, дугогасительная система, механизм свободного расцепления и элементы защиты — расцепители. Контактная система состоит из неподвижных контактов, закрепленных в корпусе, и подвижных контактов, шарнирно посаженных на полуоси рычага механизма управления, и обеспечивает, обычно, одинарный разрыв цепи.

Дугогасительное устройство устанавливается в каждом полюсе выключателя и предназначается для локализации электрической дуги в ограниченном объеме и быстрого ее гашения. Оно представляет собой дугогасительную камеру с деионной решеткой из стальных пластин.

Механизм свободного расцепления представляет собой шарнирный 3х или 4х-звенный механизм, который обеспечивает расцепление и отключение контактной системы как при автоматическом, так и при ручном управлении. Электромагнитный максимальный расцепитель тока, представляющий собой электромагнит с якорем, обеспечивает автоматическое отключение

выключателя при токах короткого замыкания, превышающих уставку по току. Тепловой максимальный расцепитель представляет собой биметаллическую пластину. При токах перегрузки деформация и усилия этой пластины обеспечивают автоматическое отключение выключателя. Выдержка времени уменьшается с ростом тока.

Полупроводниковые расцепители состоят из измерительного элемента, блока полупроводниковых реле и выходного электромагнита, воздействующего на механизм свободного расцепления автомата. Полупроводниковый расцепитель тока допускает регулировку следующих параметров:

- номинального тока расцепителя;
- уставки по току срабатывания в зоне токов короткого замыкания (ток отсечки);
- уставки по времени срабатывания в зоне токов перегрузки;
- уставки по времени срабатывания в зоне токов короткого замыкания (для селективных выключателей).

Во многих автоматах применяют комбинированные расцепители, использующие тепловые элементы для защиты от токов перегрузок и электромагнитные для защиты от токов коротких замыканий без выдержки времени (отсечки).

Выключатель имеет также дополнительные сборочные единицы, которые встраиваются или крепятся к нему снаружи. Ими могут быть независимый, нулевой и минимальный расцепители, свободные и вспомогательные контакты, ручной и электромагнитный дистанционный привод, сигнализация автоматического отключения, устройство для запираания выключателя в положении «отключено». Независимый расцепитель представляет собой электромагнит с питанием от постороннего источника напряжения. Минимальный и нулевой расцепители могут выполняться с выдержкой времени и без выдержки времени. С помощью независимого или минимального расцепителя возможно дистанционное отключение автомата. Основными параметрами автоматов являются: собственное и полное время отключения, номинальный длительный ток, номинальное напряжение, предельный ток отключения. Под собственным временем отключения автомата понимают время от момента, когда ток достигает значения тока срабатывания, до начала расхождения его контактов. После расхождения контактов возникающая электрическая дуга должна быть погашена за наименьшее время с перенапряжением, не представляющим опасности для остального оборудования.

Отключение автоматов происходит под действием на механизм свободного



расцепления элементов защиты — расцепителей. Наиболее широкое распространение получили расцепители следующих типов:

**Электромагнитные**, для защиты от токов короткого замыкания.

Электромагнитный расцепитель должен обладать высокой термической и электродинамической стойкостью и стойкостью к механическим воздействиям.

До момента воздействия на механизм свободного расцепления якорь расцепителя обычно преодолевает значительный свободный ход (5–10 мм). Расцепление происходит за счет удара, в котором основную роль играет кинетическая энергия якоря, накопленная при его движении. Обмотка электромагнита расцепителя включена последовательно с нагрузкой. Регулирование тока срабатывания может производиться за счет натяжения противодействующей пружины расцепителя или изменения числа витков обмотки.

**Тепловые**, для защиты от перегрузок.

Тепловые расцепители с биметаллической пластиной, позволяют получить времятоковую характеристику, проходящую наиболее близко к характеристике защищаемого объекта.

**Комбинированные**, защищающие и от перегрузок и от токов короткого замыкания.

**Полупроводниковые**, обладающие большой стабильностью параметров срабатывания и удобством в настройке.

Для коммутации цепи без тока или для редких коммутаций номинального тока могут применяться автоматы без расцепителей.

Для создания выдержек времени между электромагнитом и механизмом свободного расцепления устанавливаются устройства задержки. Селективно работающие автоматы должны быть строго согласованы по времени срабатывания, что достигается применением часовых механизмов. Выдержка времени таких устройств не зависит от тока, поэтому они не приспособлены для защиты от перегрузок.

В данной лабораторной работе исследуется автоматический воздушный выключатель серии ВА47-29. Данный автомат имеет как электромагнитный (предназначенный для защиты от токов КЗ), так и тепловой (предназначенный для защиты от перегрузок) расцепители, автомат также предназначен для осуществления оперативного управления участками электрических цепей.

После включения автоматического выключателя рукояткой 1 через клеммы 2, биметаллическую пластину 5, обмотку электромагнитного расцепителя 7 и главные контакты 3, 4 начинает протекать ток защищаемой цепи. В случае возникновения в нагрузке короткого замыкания резко возрастает ток, протекающий через катушку электромагнитного расцепителя 7, который втягивает свой якорь, воздействует на механизм свободного расцепления 10 и разрывает цепь главных контактов. Возникающая при этом дуга переходит на пластины дугогасительной решетки 8 и гаснет за минимальное время.

В случае длительного протекания по защищаемой цепи повышенного тока, биметаллическая пластина теплового расцепителя нагревается и, деформируясь, воздействует на рычаг механизма свободного расцепления, который при этом освобождает якорь электромагнитного расцепителя, и главные контакты размыкаются под действием пружины механизма свободного расцепления.

Используемое оборудование:

- лабораторный модуль «Предохранители и автоматический выключатель»;
- лабораторный модуль «Команд аппараты и датчики»;
- модуль «Секундомер, индикация и нагрузка»;
- «Модуль измерительный»;
- «Модуль питания»;
- соединительные проводники.

#### 4.3. Экспериментальные исследования

Исследование самовосстанавливающихся предохранителей

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Собрать схему для исследования самовосстанавливающегося предохранителя типа RХЕ040. Номинальный ток предохранителя (ток, не вызывающий срабатывания защиты) равен 400 мА. Нажать кнопку SB1, установить значение тока 0,6 А и отпустить SB1. Включить секундомер на режим «Автомат». При ненулевых показаниях секундомера произвести сброс одноименной кнопкой. При нажатии на кнопку SB1 секундомер начнет отсчет времени и остановится при срабатывании предохранителя. Записать показания секундомера и затем обнулить индикаторы кнопкой «Сброс». Результаты занести в таблицу 4.3. Эксперимент провести не менее 5 раз с разными токами срабатывания из диапазона 0,6–1,0 А, перед каждым экспериментом необходимо охлаждать предохранитель (не менее 1 мин.).

3. По полученным данным построить времятоковую характеристику предохранителя. На одной плоскости с времятоковой характеристикой предохранителя построить характеристику предполагаемого защищаемого объекта, при этом характеристики объекта и предохранителя должны быть согласованы наилучшим образом.

4. Исследование самовосстанавливающегося предохранителя типа LVR016S проводится аналогично исследованию самовосстанавливающегося предохранителя типа RХЕ040. Номинальный ток предохранителя равен 160 мА. Провести эксперимент для токов 200–500 мА. Произвести сравнение защитных свойств исследованных предохранителей. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо выключить стенд и вывести ручку ЛАТРа до упора против часовой стрелки, далее разобрать схему, представить стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.

Таблица 4.3 Экспериментальные данные

№	I, А	t, сек
1		
2		
3		

Исследование автоматического выключателя

5. Собрать схему лабораторного стенда для исследования электромагнитного расцепителя автоматического выключателя, использовать амперметр переменного тока с пределом 5А. Монтаж схемы производить при отключенном питании.

6. Установить рукоятку ЛАТРа в минимальное положение, далее включить ЛАТР и плавно, но быстро (не более 1 сек.), увеличивая ток нагрузки через автоматический выключатель, добиться срабатывания максимальной защиты. Зафиксировать максимальные показания амперметра. Затем вернуть регулятор ЛАТРа в минимальное положение. Дождаться охлаждения автомата и только после этого включить его снова для проведения следующего эксперимента. После проведения замеров отключить питание. Эксперимент провести не менее 5 раз. Результаты измерений свести в таблицу 4.4.

Таблица 4.4. Таблица токов срабатывания максимальной защиты

№ опыта	I <sub>ср.</sub> , А
1	
2	
3	
4	
5	

7. Придумать и собрать схему для исследования теплового расцепителя автоматического выключателя. Схема должна позволять измерять время срабатывания теплового расцепителя при токах 2–3 А, при этом необходимо иметь в виду, что на вход датчика тока нельзя подавать ток более 1А.

8. Установить рукоятку ЛАТРа в минимальное положение, далее включить ЛАТР и плавно, увеличивая ток нагрузки через автоматический выключатель, установить его на уровне 2 А. Выключить исследуемый автомат и дождаться охлаждения его теплового расцепителя. Затем включить секундомер на режим «Автомат» и, далее, включить исследуемый автомат. После срабатывания теплового расцепителя записать показания секундомера в таблицу 4.5.

Таблица 4.5

Результаты исследования теплового расцепителя

№ опыта	I <sub>ср.</sub> , А	t, сек
1		
2		
3		
4		

9. Повторить эксперимент (пункт 8) при токах равных 2,2 А, 2,4 А, 2,6 А, 2,8 А, 3 А. Построить времятоковую характеристику теплового расцепителя. Согласовать полученную характеристику с характеристикой предполагаемого защищаемого объекта. Дать оценку защитных свойств автоматического выключателя ВА47.

10. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо разобрать схему, представить стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.

#### 4.4. Контрольные вопросы

1. Дайте определение предохранителя.
2. Объясните принцип действия предохранителя с плавкой вставкой.
3. Объясните принцип действия самовосстанавливающегося предохранителя.
4. Перечислите параметры и характеристики предохранителей.
5. Что такое времятоковая характеристика предохранителя?
6. Перечислите требования, предъявляемые к предохранителям.
7. Назовите основные элементы предохранителя с плавкой вставкой.
8. Что такое селективность защиты?
9. Назначение автоматических выключателей?
10. Назначение электромагнитного расцепителя.
11. Назначение теплового расцепителя.
12. Перечислите основные узлы автоматического выключателя.
13. При каком токе должен срабатывать электромагнитный расцепитель исследуемого в работе автомата?

## Лабораторная работа №5

### Тема: Определение магнитных свойств материалов, намагничиваемость.

#### 1. Цель работы

Изучить влияние состава, структуры и эксплуатационных факторов на основные характеристики ферромагнетиков.

#### 2. Задачи работы

2.1. Освоить методику определения основных характеристик магнитных материалов по их предельной петле гистерезиса.

2.2. Установить влияние состава и структуры материала на его магнитные характеристики.

2.3. Исследовать влияние эксплуатационных факторов на величину электрических потерь в магнитных материалах.

#### 3. Сущность исследуемых вопросов

##### 3.1. Природа ферромагнетиков

Группу ферромагнитных материалов составляют:

- железо (Fe), никель (Ni), кобальт (Co) и сплавы на их основе – классические ферромагнетики;

- ряд редкоземельных элементов (металлов): гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), гольмий (Ho), эрбий (Er), тулий (Tm), которые проявляют ферромагнитные свойства при определенных условиях;
- некоторые сплавы на основе магния (Mg), серебра (Ag), алюминия (Al), самария (Sm).

Ферромагнетики в отличие от пара- и диамагнитных материалов, согласно таблице Д.И. Менделеева, относятся к переходным элементам, у которых нарушен нормальный порядок заполнения электронных оболочек атомов. Наличие у этих материалов недостроенных внутренних оболочек их атомов является причиной появления нескомпенсированного суммарного спинового момента атома. Особенностью ферромагнетиков является и то, что лишь ниже некоторой, вполне определенной для каждого вещества температуры – точки Кюри, проявляется характерное обменное взаимодействие между электронными оболочками соседних атомов. Это взаимодействие, преодолевая разориентирующее влияние тепловых колебаний, ориентирует суммарные спиновые магнитные моменты соседних атомов параллельно друг другу. Так, в ферромагнитном материале возникают области с одинаковой ориентацией спиновых моментов атомов – магнитные домены. Таким образом, магнитный домен представляет собой область в ферромагнитном материале, которая самопроизвольно (спонтанно) намагничена до насыщения. Обычно домены имеют линейные размеры от десятичных долей до нескольких миллиметров.

При отсутствии внешнего магнитного поля полностью размагниченное ферромагнитное тело самопроизвольно разбивается на большое число доменов. Каждый домен всегда намагничен до насыщения. Направления магнитных моментов у всех доменов равновероятны и поэтому суммарный (результатирующий) момент тела будет равным нулю.

Соседние домены отделены друг от друга граничными слоями, имеющими толщину от  $10^{-6}$  до  $10^{-3}$  мм. В граничных слоях направление вектора намагниченности отдельных атомов плавно изменяется от направления, соответствующего направлению вектора намагниченности одного домена, до направления вектора намагниченности соседнего домена. Такое строение граничных слоев делает границы доменов относительно подвижными.

Известно, что кристаллические тела анизотропные, т.е. их свойства зависят от направления, по которому эти свойства изменяются. Поэтому кристаллы ферромагнитных веществ также обладают магнитной анизотропией, т.е. в них имеются направления легкого и трудного намагничивания. При отсутствии внешнего магнитного поля каждый из доменов намагничен всегда в одном из направлений легкого намагничивания (в железе, например, в направлении, параллельном ребрам его элементарной кристаллической ячейке).

В поликристаллических телах в пределах каждого зерна образуется множество доменов.

### 3.2. Процессы намагничивания и перемагничивания. Основные характеристики магнитных материалов.

Процесс намагничивания ферромагнетика описывается основной кривой намагничивания, представляющей собой зависимость индукции  $B$  в материале от напряженности намагничивающего поля  $H$ .

Характер функции  $B=f(H)$  показан на рис. 6.1.

Исходное состояние магнитного материала соответствует его полному размагничиванию, т.е. равновероятному расположению доменов, намагниченных в направлении легкого намагничивания (точка 0 на рис. 6.1).

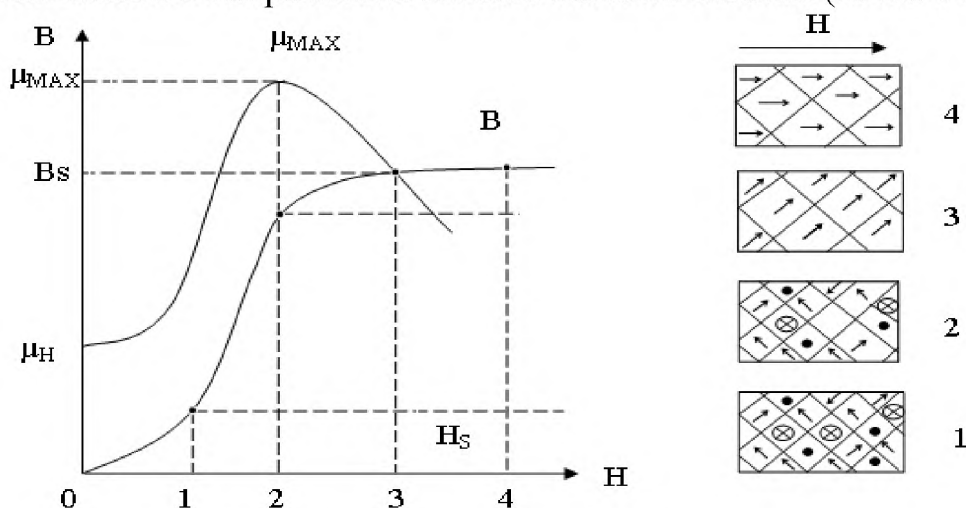


Рис 6.1 Основная кривая намагничивания ферромагнитного материала;

- 1) обратимое смещение границ;
- 2) необратимое смещение границ;
- 3) процесс вращения;
- 4) размагниченное состояние

Слабым полям соответствует участок обратимого смещения границ доменов (точка 2). На этом участке происходит увеличение объема доменов, векторы суммарных магнитных моментов которых образуют наименьший угол с направлением внешнего поля. Рост доменов происходит за счет соседних, путем перемещения границ доменов между ними. Процесс практически является обратимым, т.е. после снятия внешнего поля границы доменов возвращаются в исходное состояние.

На участке необратимого смещения границ между доменами продолжается рост объема одних доменов за счет других, что соответствует крутовосходящему участку основной кривой намагничивания (точка 3).

В области сильных полей, когда процесс смещения границ доменов завершен, дальнейшее намагничивание осуществляется за счет одновременного вращения векторов магнитных моментов доменов от направления легкого намагничивания в более трудное, параллельное полю  $H$  (точка 4).

Когда все векторы магнитных моментов доменов расположатся параллельно внешнему полю, наступает техническое насыщение. Магнитная индукция, соответствующая техническому насыщению, называется

индукцией насыщения  $B_s$ . Индукция насыщения является одной из важнейших характеристик магнитных материалов. Напряженность поля, соответствующая  $B_s$ , называется напряженностью поля насыщения  $H_s$ .

По основной кривой намагничивания можно построить кривую зависимости относительно магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля.

Поскольку магнитное состояние вещества описывается уравнением

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot H, \quad (6.1)$$

где  $B$  - магнитная индукция (плотность магнитного потока в веществе), Тл (тесла);

$H$  - напряженность намагничивающего поля, А/м;

$\mu_0$  - магнитная проницаемость свободного пространства (вакуума), в системе СИ равна  $12,56 \cdot 10^{-7}$  Гн/м;

$\mu$  - относительная магнитная проницаемость вещества – безразмерная величина (на практике, ради сокращения, слово «относительная» опускается).

То магнитная проницаемость вычисляется по формуле:

$$\mu = B / \mu_0 \cdot H. \quad (6.2)$$

График  $M=f(H)$  показан на рис.6.1. По этому графику определяют также важные для магнитного материала характеристики – начальную магнитную проницаемость  $\mu_H$  и максимальную магнитную проницаемость  $\mu_{MAX}$ .

При симметричном перемагничивании материала в результате магнитного гистерезиса (отставания изменения индукции от изменения напряженности магнитного поля) кривая  $B=f(H)$  имеет вид замкнутой петли – петли гистерезиса (рис. 6.2).

Каждому значению амплитуды напряженности поля соответствует определенная (для данного материала) петля гистерезиса. Наибольшая из этих петель, соответствующая насыщению материала в каждом цикле перемагничивания, называется предельной петлей гистерезиса.

По предельной петле гистерезиса измеряются следующие характеристики ферромагнетиков:

- остаточная магнитная индукция  $B_r$  – индукция, которая остается в предварительно намагниченном до насыщения материале после снятия внешнего поля ( $H=0$ );

- коэрцитивная сила  $H_c$  – размагничивающая напряженность магнитного поля, которая должна быть приложена к намагниченному до насыщения материалу для того, чтобы магнитная индукция в нем стала равна нулю ( $B=0$ ).

Очень важной характеристикой магнитного материала, работающего в переменных магнитных полях, является величина его удельных потерь – представляющая собой мощность, которая затрачивается на перемагничивание 1кг материала.

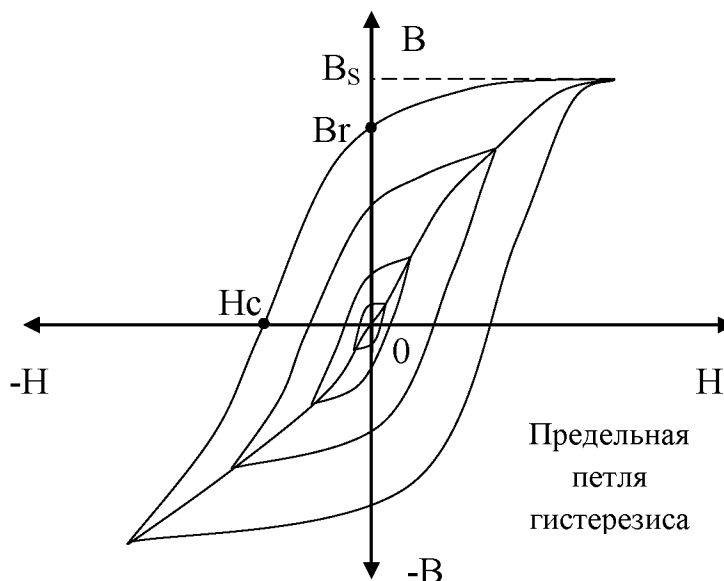


Рис. 6.2. Семейство петель гистерезиса магнитного материала

Удельные потери слагаются в основном из потерь на гистерезис  $P_r$  (перемагничивание) и потерь на вихревые токи  $P_v$ , т.е.

$$P = P_r + P_v. \quad (6.3)$$

Потери на гистерезис прямо пропорциональны площади статической петли гистерезиса и первой степени частоты. При перемагничивании материала с частотой  $f$ (Гц) потери на гистерезис подсчитываются как

$$P_r = f \int H dB / \gamma, \text{ Вт/кг}, \quad (6.4)$$

где  $\gamma$  - плотность материала.

Потери на вихревые токи при заданной индукции прямо пропорциональны квадрату частоты и квадрату толщины листа магнитного сердечника и обратно пропорциональны удельному электросопротивлению материала, т.е.

$$P_v = 164d^2 f^2 \cdot B_{MAX}^2 / \gamma \rho, \quad (6.5)$$

где  $B_{MAX}$ - амплитуда магнитной индукции, Тл;

$f$  - частота переменного тока, Гц;

$d$  - толщина листа, м;

$\gamma$  - плотность, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho$  - удельное электросопротивление; Ом·м.

### 3.3 Влияние состава и структуры на магнитные свойства материалов

Магнитные свойства ферромагнетиков в значительной степени зависят от состава и структуры материалов, а также от воздействия эксплуатационных факторов: температуры, частоты, перемагничивания, механических напряжений и др.



Структурно-чувствительными характеристиками магнитных материалов являются:

- начальная и максимальная магнитные проницаемости  $\mu_{MAX}$  и  $\mu_H$ ;
- коэрцитивная сила  $H_c$ ;
- остаточная магнитная индукция  $B_r$ ;
- ряд других производных от этих характеристик.

К структурно-нечувствительным характеристикам относятся:

- магнитная индукция насыщения  $B_s$  ( $B_{MAX}$ );
- некоторые другие производные от нее характеристики.

Влияние типа структуры. При образовании твердых растворов замещения возникают искажения кристаллической решетки, которые значительно повышают удельное электросопротивление, что снижает потери магнитных материалов на вихревые токи.

Твердые растворы внедрения характеризуются большими по масштабам искажениями кристаллической решетки, чем в твердых растворах замещения. Эти искажения соизмеримы по своей протяженности с толщиной границ между доменами, и поэтому являются заметным препятствием процессу смещения границ доменов. Как результат снижается магнитная проницаемость, растет коэрцитивная сила, увеличиваются магнитные потери.

Механическая смесь двух или более фаз, из которых одна фаза немагнитна. В этом случае наиболее типичным является резкое снижение магнитной проницаемости, повышение коэрцитивной силы и потери на гистерезис по сравнению с однофазными сплавами близкого состава. Это объясняется тем, что включения (зерна) немагнитной фазы затрудняют смещение границ доменов, делают их более устойчивыми и тем препятствуют перемагничиванию материала.

При высокой концентрации очень мелких немагнитных включений в структуре материала коэрцитивная сила и удельные потери могут возрасти в сотни раз по сравнению со значением этих характеристик в однофазных сплавах. Немагнитные включения часто образуются в металлических сплавах при попадании в них углерода, кислорода, серы, азота, образующих с металлами карбиды, оксиды, сульфиды, нитриды. Поэтому в материалах, от которых важно получить высокую магнитную проницаемость, эти элементы недопустимы.

Влияние величины зерна. Границы зерен представляют для смещающихся границ доменов труднопреодолимое препятствие и тем самым затрудняют намагничивание и перемагничивание материалов. Поэтому чем крупнее зерно, тем меньше препятствий перемагничиванию и, как следствие, выше магнитная проницаемость, ниже потери на гистерезис и меньше коэрцитивная сила.

Особый интерес представляет влияние зерна в двухфазных сплавах, если очень мелкие зерна ферромагнитной фазы изолированы немагнитными прослойками. Если размер зерен приближается к предельно малому размеру доменов 0,01-0,1 мкм, то каждое зерно будет представлять собой изолированный от других домен. В этом случае процесс смещения доменов

вовсе будет отсутствовать, а намагничивание (перемагничивание) материала будет происходить только путем вращения векторов намагниченности доменов. Материал с такой однодоменной структурой по величине коэрцитивной силы превосходит тот же материал, но с крупным зерном в сотни и тысячи раз.

Влияние наклепа. При наклепе (дробление зерен) резко возрастает количество дефектов кристаллического строения – дислокаций, что затрудняет процесс смещения границ доменов, поэтому магнитная проницаемость снижается, а коэрцитивная сила и удельные потери возрастают.

Влияние кристаллографической текстуры. Преимущественная ориентация кристаллической решетки (текстура) зерна кристаллического тела сообщает ему свойство кристалла – анизотропность. Если текстура такова, что направление внешнего намагничивающего поля совпадает с одним из направлений легкого намагничивания каждого зерна, то намагничивание и перемагничивание осуществляется в основном без участия процесса вращения вектора намагниченности доменов. Кривая намагничивания и петля гистерезиса становятся прямоугольными, т.е.  $B_r$  приближается к  $B_s$ , а величина магнитной проницаемости возрастает (рис. 6.3).

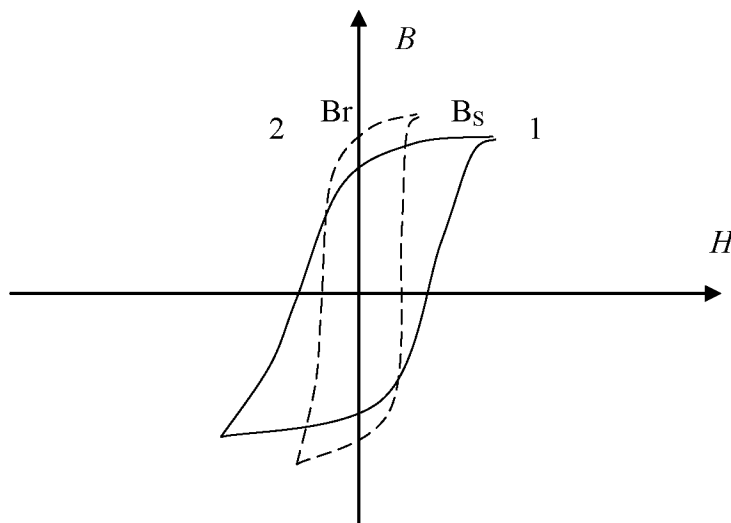


Рис. 6.3. Изменение формы предельной петли гистерезиса в результате создания кристаллографической текстуры;  
1 – нетекстурованный материал;  
2 – текстурованный материал

Лабораторная установка для исследования свойств магнитных материалов (рис. 6.4) состоит из осциллографа, автотрансформатора и исследуемого образца в виде тороида.

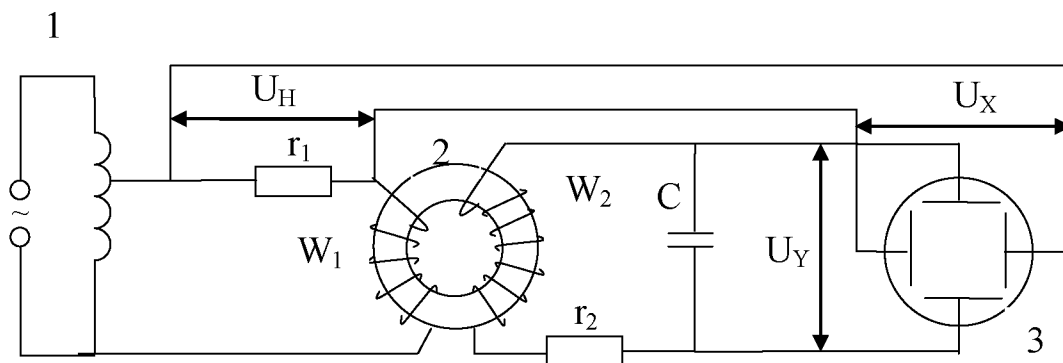


Рис. 6.4. Схема установки для исследования магнитных материалов:  
 1 – ЛАТР; 2 – образец магнитного материала в виде тороида;  
 3 – осциллограф

На образец магнитного материала намотаны две обмотки  $W_1$  и  $W_2$ . Через обмотку  $W_1$  пропускает переменный ток  $I_1$ . Напряженность поля в магнитном сердечнике (образец материала) равна:

$$H = W_1 I_1 / \pi d_{CP}, \quad (6.6)$$

где  $W_1$  – число витков первой обмотки;

$I_1$  – ток, протекающий через первую обмотку;

$d_{CP}$  – средний диаметр первой тороидальной катушки.

В цепь первичной обмотки включен резистор  $r_1$ . Падение напряжения  $U_H$  на этом резисторе пропорционально напряженности магнитного поля в сердечнике. Это напряжение попадает на горизонтальные отклоняющие пластины осциллографа.

## 5. Порядок выполнения работы

5.1. В качестве варианта выполнение лабораторной работы может быть проведено с использованием «Автоматизированной лабораторной установки для исследования магнитомягких материалов», которая выполнена на базе персонального компьютера, к которому подключается измерительный блок со сменными образцами магнитомягких материалов (рис. 6.5.). Измерительный блок включает в себя усилитель намагничивания (УН) и интегрирующий усилитель (ИУ), которые используются, соответственно, для формирования напряженности магнитного поля и преобразования сигнала магнитной индукции в образце.

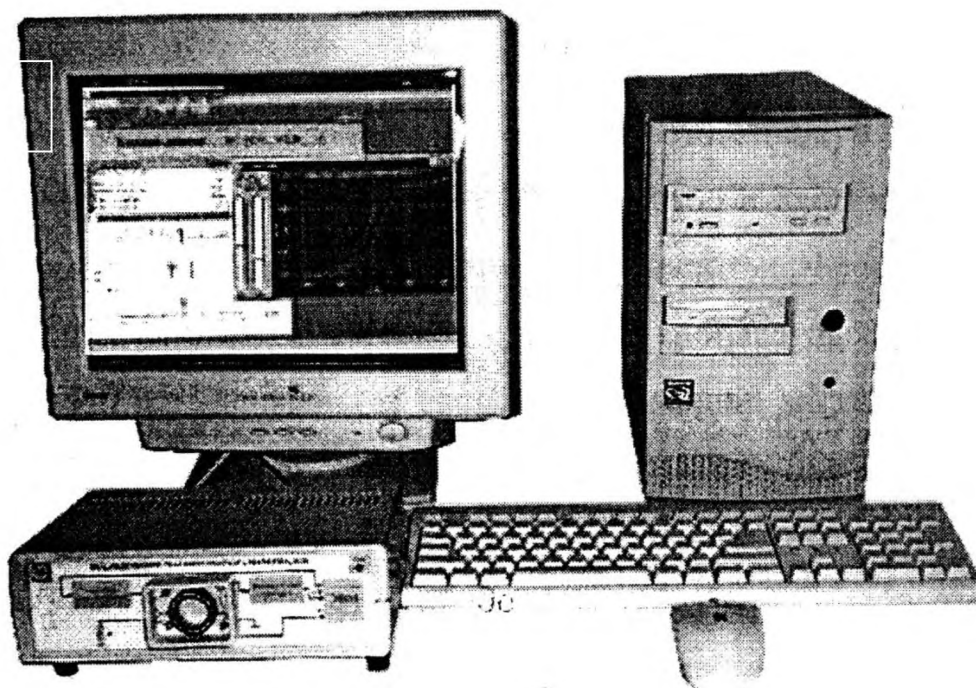


Рис. 6.5.Общий вид стенда

Для ввода/вывода измерительной информации в ПК используется аудио адаптер. С помощью ПК осуществляется управление измерительным экспериментом и наблюдение результатов на экране монитора, как в графическом виде (петли гистерезиса, временные зависимости напряженности и индукции магнитного поля), так и в табличном. Образцы исследуемых материалов подключаются к ИБ через гнезда, установленные на передней панели блока.

Структурная схема измерений приведена на рис. 6.6.

ПК при помощи звуковой карты вырабатывает синусоидальное напряжение в диапазоне частот 40-1000 Гц. Переменное напряжение поступает на вход УН, к выходу которого подключена намагничивающая обмотка МП. МП представляет собой образец исследуемого магнитного материала в форме кольца с намотанными на него двумя обмотками: намагничивающей обмоткой 1 и измерительной обмоткой 2. Напряженность магнитного поля в материале определяется током  $I$  в намагничивающей обмотке по формуле:  $H=I \cdot n$ , где  $n$  – плотность витков обмотки 1 (количество витков/м). Значение тока намагничивания и, следовательно, напряженности поля в образце определяется по значению падения напряжения на измерительном резисторе  $R$ , который включается последовательно с обмоткой 1.

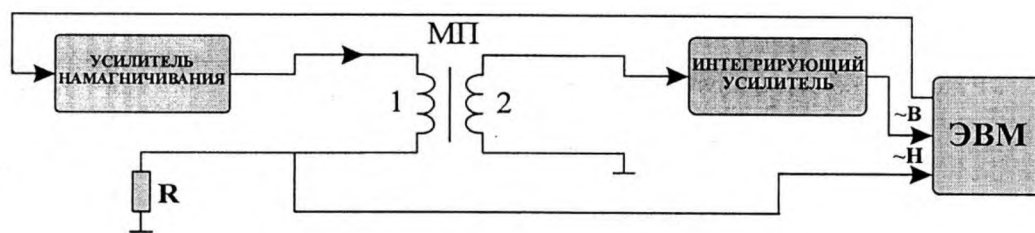


Рис. 6.6. Структурная схема измерений

Напряжение с измерительного резистора подается на один из линейных входов звуковой карты в ПК. Амплитуда напряженности поля устанавливается программно с помощью элемента регулировки в окне характеристики программного приложения.

ЭДС, наводимая в измерительной обмотке 2 МП, пропорциональна производной от индукции магнитного поля  $B$  в исследуемом образце. Напряжение обмотки 2 интегрируется ИУ, на выходе которого напряжение измерительного сигнала пропорционально уже непосредственно  $B$ . Напряжение с выхода ИУ подается на второй линейный вход звуковой карты в ПК. Таким образом, в ПК поступает информация о напряженности  $H$ , индукции  $B$  магнитного поля в исследуемом образце и их частоте, на основании которой осуществляется построение кривых намагничивания и расчет всех магнитных параметров материалов.

5.2. При выполнении работы руководствоваться описанием программного интерфейса, который находится на рабочем месте в виде отдельной инструкции.

5.3. Ознакомиться с перечнем исследуемых образцов материалов и испытательным оборудованием.

5.4. Пройти инструктаж по технике безопасности при работе на лабораторной установке.

5.5. Произвести замер геометрических размеров образцов и записать исходные данные для расчетов.

5.6. Произвести испытание образцов магнитных материалов, получив для каждого материала основную кривую намагниченности и предельную петлю гистерезиса.

5.7. Определить магнитные характеристики исследуемых образцов магнитных материалов.

5.8. Построить графики зависимостей магнитных характеристик образцов магнитных материалов от частоты магнитного поля.

## 6. Контрольные вопросы

6.1. Перечислите магнитные материалы, входящие в группу классических ферромагнетиков.

6.2. Какие элементы согласно периодической системе Д.И. Менделеева считаются переходными?

6.3. Почему атомы переходных элементов имеют некомпенсированный суммарный спиновый момент?

- 6.4. Какой физический смысл имеет температура Кюри для ферромагнитных материалов?
- 6.5. Как располагаются в пространстве суммарные спиновые моменты соседних атомов ферромагнетика?
- 6.6. Что понимается под термином «домен» в ферромагнитном материале?
- 6.7. Какие линейные размеры имеют домены в ферромагнетике?
- 6.8. Как располагаются в пространстве векторы магнитных моментов в доменах полностью размагниченного ферромагнетика?
- 6.9. Что собой представляют границы между доменами в ферромагнетике и какую они имеют толщину?
- 6.10. Какой физический смысл имеет анизотропия свойств для магнитных материалов?
- 6.11. Покажите на графике основную кривую намагничивания и покажите на ней этапы намагничивания магнитного материала.
- 6.12. Нарисуйте график зависимости магнитной проницаемости ферромагнетика от напряженности магнитного поля.
- 6.13. Какие магнитные характеристики материала определяются по основной кривой намагничивания и зависимости  $\mu = f(H)$ ?
- 6.14. Напишите математическое выражение зависимости магнитной индукции в материале от напряженности магнитного поля.
- 6.15. Какой механизм намагничивания магнитного материала характерен при воздействии слабых магнитных полей?
- 6.16. Какой механизм намагничивания магнитного материала характерен для сильных магнитных полей?
- 6.17. Какой физический смысл имеет относительная магнитная проницаемость?
- 6.18. Какой физический смысл имеет магнитный гистерезис?
- 6.19. Изобразите семейство петель гистерезиса ферромагнетика.
- 6.20. Изобразите предельную петлю гистерезиса и покажите основные магнитные характеристики, которые определяются по этой петле.
- 6.21. Дайте определение остаточной магнитной индукции.
- 6.22. Какой физический смысл несет характеристика коэрцитивная сила?
- 6.23. Какой физический смысл имеет характеристика «удельные потери» в ферромагнетике?
- 6.24. Из каких составляющих складываются магнитные потери?
- 6.25. Как зависят потери на вихревые токи в магнитных материалах от изменения частоты магнитного поля и удельного электрического сопротивления материала?
- 6.26. Какие магнитные характеристики материала являются структурно-чувствительными, а какие нет?
- 6.27. В каком направлении меняются свойства магнитных материалов при образовании на их основе твердых растворов замещения?

6.28. В каком направлении изменяется удельное электрическое сопротивление магнитных материалов при образовании на их основе сплавов – твердых растворов?

6.29. Какое влияние на магнитные свойства материалов оказывает размер зерна?

6.30. Какое влияние на магнитные свойства материалов оказывает наклеп?

## Практическая работа №1

**Тема: Выбор установочных и монтажных проводов для монтажа электропроводок.**

**Цель работы:** научиться выбирать установочные и монтажные провода для монтажа электропроводок.

**Теория.**

Монтаж электропроводок осуществляют установочными проводами марок ПВ, АПВ, ПР, АПР, ПРТО, АПРТО, ППВ, АППВ, ППВС, АППВС и кабелями ВВГ, АВВГ, ВРГ, АВРГ и др., токопроводящие жилы которых имеют стандартные сечения: 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16 мм<sup>2</sup> и более. Электрические проводки должны быть надежными, экономичными и безопасными. Поэтому необходимо уметь правильно рассчитывать сечение и длину проводов, используемых для монтажа электропроводок. Сечение провода рассчитывают по допустимой длительной токовой нагрузке (равной или большей расчетной нагрузки данного участка) и потере напряжения. Одновременно определяют токи плавких вставок предохранителей и уставок расцепителей автоматов. Каждый провод рассчитан на допустимую длительную токовую нагрузку. Величина этого тока и сечение токопроводящей жилы должны соответствовать друг другу: зная номинальный ток, можно выбрать провод нужного сечения по справочным таблицам. Потеря напряжения — арифметическая разность напряжений в начале и конце проводов, соединяющих источник тока с токоприемником. Согласно требованию Правил устройства электроустановок потеря напряжения не должна быть более 2,5—5% номинального напряжения источника питания. Длину провода можно определить по электрической схеме осветительной электропроводки этажного плана проекта, измерив в масштабе расстояния между местами расположения щитков, выключателей, штепсельных розеток, ответвительных коробок, светильников и т. п., а затем вычислив длину отрезков проводов, добавляя по 100-150 мм (для учета присоединения проводов к контактам).

**РАСЧЕТ СЕЧЕНИЯ ПРОВОДА ПО ДОПУСТИМОЙ ДЛИТЕЛЬНОЙ ТОКОВОЙ НАГРУЗКЕ**

**Цель.** Научить учащихся правильно рассчитывать сечение провода по допустимой длительной токовой нагрузке и выбирать марку провода.

### Пример расчета 1.

Определить сечение и марку провода для монтажа электропроводки в учебной мастерской, питание которой осуществляется от осветительного щитка. В мастерской необходимо установить светильник с лампами накаливания: 14 шт. по 150 Вт; 4 шт. по 60 Вт; 8 шт. по 15 Вт и электронагревательные приборы общей мощностью 2 кВт. Напряжение сети 220 В.

Нагрузка на провода должна быть рассчитана достаточно точно, так как завышенная нагрузка приведет к выбору провода большего сечения, а заниженная — меньшего сечения, что в целом экономически невыгодно, так как возникнут лишние потери электроэнергии и напряжения в проводах.

При определении сечения проводов пользуются понятиями:

номинальная мощность  $P_n$  — мощность, указанная в паспорте токоприемника, Вт;

установленная мощность  $P_u$  — сумма номинальных мощностей всех установленных токоприемников, Вт;

потребляемая мощность  $P_p$  — фактическая мощность, расходуемая токоприемниками, Вт;

расчетная мощность  $P_r$  — мощность, по которой производят расчет, т. е. мощность одного или группы токоприемников, учитывая при расчете. Указанным мощностям соответствуют токи:  $I_n$ ,  $I_u$ ,  $I_p$ ,  $I_r$ .

Суммируя номинальные мощности подключенных токоприемников, определяют установленную мощность  $P_u$ . Она всегда больше расчетной мощности  $P_r$ , потому что все токоприемники электроустановки почти никогда не работают одновременно. Поэтому при расчете исходят не из установленной мощности, а из той ее части, которая может одновременно использоваться токоприемниками, т. е.  $P_r$ .

Для получения расчетной мощности вводят коэффициент спроса  $K_c$ , который показывает, какая часть установленной мощности фактически расходуется:

$$K_c = P_r / P_u \text{ или } K_c = I_r / I_u,$$

$$\text{откуда } P_r = K_c P_u \text{ или } I_r = K_c I_u.$$

Коэффициент спроса для различных электроустановок различен (приложение 1). Для расчета сечения провода по допустимой длительной токовой нагрузке необходимо знать номинальный ток  $I_n$  (приложение 2). Если номинальный ток не известен, то его определяют по формуле, которая справедлива для цепей постоянного тока и однофазного переменного тока с осветительными и нагревательными приборами:

$$I_n = I_r / U_n.$$

Расчетную мощность определяют по формуле:

$$P_r = K_c P_u.$$

Расчетный ток определяют по формуле:

$$I_r = K_c P_u / U = P_r / U$$

Последовательность расчета такова:



Определяем установленную электрическую мощность учебной мастерской:  
 $P_y = P_{1н} + P_{2н} + P_{3н} + P_{4н} = 150 \cdot 14 + 60 \cdot 4 + 15 \cdot 8 + 2000 = 4466 \text{ Вт}$ .

Находим коэффициент спроса по таблице (приложение 1):  $K_c = 0,8$ , так как учебная мастерская относится к группе учебных заведений.

Вычисляем расчетную мощность:  $P_p = K_c P_y = 0,8 \cdot 4460 = 3668 \text{ Вт}$ .

Находим номинальный ток  $I_n$ , который в данном случае равен расчетному  $I_p$  при напряжении сети  $U_n = 220 \text{ В}$ :  $I_n = P_p / U_n = 3668 / 220 = 16,67 \text{ А}$ .

По таблице (приложение 2) определяем сечение жил проводов, которые соответствуют току  $16,67 \text{ А}$ :

а) сечение медных жил —  $1 \text{ мм}^2$ ;

б) сечение алюминиевых жил —  $2,5 \text{ мм}^2$ .

Выбираем марку провода (приложение 3):

а) для открытой прокладки можно использовать провода марок ППВ2Х1; АППВ-2Х2>5;

б) для прокладки в одной трубе — ПВ-2Х1,5; АПВ-2Х2,5; ПРТ0-2Х1,5; АПРТ0:2Х2,5;

в) для скрытой прокладки — ППВС-2Х1,5; АППВС-2Х2,5.

### **Пример расчета 2.**

При монтаже 14 асинхронных трехфазных электродвигателей, из которых шесть типа 4А100L2У номинальной мощностью  $5,5 \text{ кВт}$  и два 4А80В2У по  $2,2 \text{ кВт}$  каждый, и питающей трехпроводной линии напряжением  $U_n = 380 \text{ В}$  возникла необходимость рассчитать сечение токопроводящих жил проводов марки ПВ, прокладываемых в стальной трубе. Средний коэффициент мощности установки  $\cos \varphi = 0,88$ , а коэффициент спроса  $K_c = 0,6$ .

1. Определяем установленную электрическую мощность установки:  
 $P_y = P_{1н} + P_{2н} = 5,5 \cdot 6 + 2 \cdot 2,2 = 33 + 4,4 = 37,4 \text{ кВт}$ .

2. Вычисляем расчетную мощность:  $P_c = K_c \cdot P_y = 0,6 \cdot 37,4 = 22,4 \text{ кВт}$ .

3. Находим расчетный ток линии:  $I_n$  Зная расчетный ток, по справочным данным (приложение 2) выбираем сечение токопроводящей жилы, для которой допустимая нагрузка соответствует току  $55 \text{ А}$ , т. е. сечение жилы провода марки ПВ будет равно  $10 \text{ мм}^2$ .

### **Задание.**

1. Рассчитать сечение и выбрать марки проводов для монтажа электропроводки в лаборатории спецтехнологии, если лаборатория имеет 20 рабочих стендов с установленными щитками. Электрическая мощность, которую можно подключить к одному щитку,  $2,5 \text{ кВт}$ . Напряжение сети  $220 \text{ В}$ .

2. Определить наибольшую токовую нагрузку магистрали, выполненную проводами ПР, и сечение жил при различных вариантах выполнения электросети напряжением  $220 \text{ В}$ :

а) при двухпроводной линии;

б) при трехпроводной линии трехфазного тока.

От установленного щитка магистраль питает группу прожекторов, освещающих строительство жилого дома. Всего для освещения установлено

десять передвижных прожекторных стоек, на каждой из которых находится два прожектора с лампами накаливания мощностью 1000 Вт. Выбрать сечения фазных и нулевого проводов, если расчетная потребляемая мощность составляет  $P_p = 75$  кВт, а коэффициент мощности квартирной сети  $\cos\varphi = 0,98$ . Трехфазная четырехпроводная линия напряжением 380 В, питающая 54 квартиры жилого дома с электроплитами, выполнена проводом АПВ и проложена в стальной трубе. Температура помещений 25°C.

## Практическая работа №2

**Тема: Механическое соединение и окончевание проводов.**

**Цель работы:** изучение способов и технологии соединения, ответвления и окончевания проводов и кабелей при выполнении электромонтажных работ.

### Программа работы

1 Изучение оборудования, инструмента и материалов, применяемых для соединения, ответвления и окончевания проводов и кабелей.

2 Изучение способов соединения, ответвления и окончевания проводов и кабелей.

3 Изучение технологии пайки и опрессовки при монтаже.

### Краткие теоретические сведения

При выполнении электромонтажных работ для соединения и ответвления проводов и кабелей применяют сварку, пайку и опрессовку. Пайка представляет собой процесс соединения двух металлов, находящихся в твердом состоянии, посредством расплавленного припоя с более низкой температурой плавления, чем основной металл. Способы соединения и ответвления пайкой одинаковы для медных и алюминиевых жил проводов и кабелей, но технологии пайки для них различны. Оконцевание - это оформление конца токопроводящей жилы для включения в электрическую цепь. Опрессовка – это способ соединения токопроводящих жил проводов и кабелей с помощью гильз или окончевания жил проводов и кабелей с помощью наконечников. При опрессовке жилу провода или кабеля вводят в трубчатую часть наконечника или специальную гильзу и сжимают матрицей и пуансоном. При этом контактное давление, создаваемое между гильзой и жилой, обеспечивает надежное электрическое соединение.

1 Соединение и ответвление алюминиевых жил пайкой

1.1 Материалы и инструмент, применяемые при пайке.

Пайка алюминиевых жил является более трудоемким технологическим процессом по сравнению с пайкой медных жил из-за образования на поверхности алюминия прочной окисной пленки. Удаление пленки производят непосредственно во время пайки механическим способом. На разогретую поверхность металла сплавляют припой, который растирают специальной кисточкой или палочкой припоя. Окисная пленка при этом счищается под слоем припоя, а последний прочно соединяется с

поверхностью металла. Припайке алюминиевых жил применяют специальные припои: А, ЦО – 12, ЦА – 15. Пайку жил проводов и кабелей площадью сечения 2.5...10 мм<sup>2</sup> производят паяльником, для больших сечений используют газовую горелку или паяльную лампу.

1.2 Способы соединения и ответвления алюминиевых жил пайкой.

### **Соединение и ответвление жил пропаянной скруткой**

Последовательность технологических операций при монтаже:

- удаление изоляции с концов жил (нож монтерский или клещи – автомат для удаления изоляции);
- зачистка до металлического блеска;
- соединение скруткой с желобком;
- нагрев места пайки до температуры плавления припоя;
- облуживание места пайки (в пламя газовой горелки или паяльной лампы вводят палочку припоя и натирают им желобок и место скрутки с обеих сторон);
- изоляция места пайки.

### **Соединение и ответвление жил сплавлением припоя**

Этим способом жилы соединяют после их предварительной установки в специальных формах или соединительных гильзах. Формы применяют только при соединении и ответвлении алюминиевых жил; их выполняют из кровельной стали неразъемными или разъемными из более толстой стали – для многократного применения. Гильзы используют при соединении и ответвлении как медных, так и алюминиевых жил, применяя стандартные соединительные и ответвительные медные луженые гильзы.

Последовательность технологических операций при монтаже:

- удаление изоляции с концов жил;
- ослабление повива проволок в жиле;
- разделка концов жил;
- обезжиривание растворителем - например, ветошью, смоченной в бензине;
- зачистка до металлического блеска;
- наложение нескольких витков асбестового шнура на срезы изоляции;
- установка защитных экранов для защиты изоляции от пламени горелки или лампы;
- облуживание концов жил (в пламя газовой горелки или паяльной лампы вводят палочку припоя и натирают ступенчатую поверхность концов жил и торцы проволок, припой втирают стальной щеткой для удаления окисной пленки);
- подготовка внутренней поверхности формы (покрыть мелом);
- установка концов жил в форме так, чтобы их концы заходили друг за друга на 5...6 мм;
- уплотнение мест выхода из формы асбестовым шнуром для предотвращения вытекания припоя;
- крепление формы на жилах специальными замками или проволочными бандажами из стальной проволоки;

- нагрев формы до температуры плавления припоя, начиная со средней части дна и по всей поверхности;
- сплавление палочки припоя в литниковое отверстие до полного заполнения формы;
- перемешивание расплавленного припоя специальным стальным крючком для удаления шлаков;
- уплотнение припоя легким постукиванием по форме;
- снятие экранов и формы после остывания припоя;
- удаление излишков припоя;
- покрытие места пайки изоляционным лаком;
- изоляция соединения.

Примечание: При застывании припоя необходимо соблюдать особую осторожность, не допуская каких – либо сотрясений формы, так как в интервале температур от точки плавления до 250...300

ОС металл всех припоев алюминия обладает повышенной хрупкостью.

При соединении и ответвлении алюминиевых жил в медных гильзах концы жил обрезают ножовкой под углом 55°, используя специальный шаблон, и облуживают сначала припоем для пайки алюминия, а затем припоем для пайки меди. Пайка выполняется по технологии, аналогичной соединению в формах, но с использованием флюса (канифоль или ее раствор в спирте) и припоя ПОС – 40. Излишки припоя осторожно удаляют, протирая неостывшее соединение ветошью; гильза с соединения не удаляется.

#### **Соединение и ответвление жил поливом расплавленного припоя.**

Выполняют только в стальных разъемных формах. Производят разделку концов жил. Предварительного облуживания жил, а также установки защитных экранов и охладителей не требуется. Установка и уплотнение форм выполняются аналогично. Для стекания излишков припоя под формой устанавливают лоток. Под его конец несколько в стороне от места пайки устанавливают тигель с предварительно нагретым до температуры 660...700 ОС припоем. Припой набирают паяльной ложкой из тигля и заливают в литниковое отверстие формы до тех пор, не произойдет расплавление концов жил, которые прощупывают стальной проволокой. Длительность пайки поливом не должна превышать 1...1,5 минут.

### **2. Соединение и ответвление медных жил пайкой**

#### **2.1 Материалы и инструмент, применяемые при пайке.**

Токопроводящие жилы проводов и кабелей паяют мягкими оловянно-свинцовыми припоями с применением флюсов. Оловянно-свинцовые припои легкоплавки, но имеют малую механическую прочность (предел прочности при растяжении не превышает 50...70 Н/мм<sup>2</sup>).

При пайке медных токопроводящих жил используются бескислотные флюсы на основе органических соединений. Обычно применяют канифоль, стеарин, паяльную мазь (паяльный жир). Эти флюсы хорошо растворяют окислы меди и слабо реагируют с металлом. Поэтому после пайки остатки

флюса удалять не обязательно. При пайке проводов с малой площадью сечения удобно пользоваться трубками припоя внешним диаметром примерно 3 мм, заполненными канифолью или спиртовым раствором канифоли, который припайке наносят на нагретую поверхность металла.

При монтаже электрических соединений запрещается применять кислотные флюсы на основе хлористого цинка, хлористого аммония (нашатыря) и др. неорганических соединений, активных к металлу. Провода площадью сечения до 10 мм<sup>2</sup> паяют обычно с помощью паяльника, а при большей площади сечения – паяльной лампы или пропан-бутановой горелки с насадкой.

2.2 Способы соединения и ответвления медных жил пайкой аналогичны рассмотренным в п.1.2. Соединение и ответвление медных жил пропаянной скруткой. Пайку медных жил по этой технологии можно выполнять паяльником. Последовательность технологических операций при монтаже:

- удаление изоляции с концов жил (нож монтерский или клещи – автомат для удаления изоляции);
- зачистка концов жил до металлического блеска;
- соединение скруткой;
- нагрев места пайки до температуры плавления припоя;
- нанесение флюса (канифоли);
- облуживание места пайки (в пламя газовой горелки или паяльной лампы вводят палочку припоя и натирают желобок и место скрутки с обеих сторон);
- изоляция места пайки.

Жилы проводов площадью сечения от 1 до 10 мм<sup>2</sup> перед пайкой соединяют скруткой или бандажом. Место соединения нагревают, наносят канифоль, а после ее расплавления – припой, который растирают горячим паяльником по поверхности металла до полной его смачиваемости (облуживания). Соединение жил площадью сечений 4...240 мм<sup>2</sup> выполняют пайкой способом полива в медных гильзах типа ГМ. Так же выполняют и ответвление жил площадью сечений 16...240 мм<sup>2</sup> в разъемных ответвительных гильзах типа ГОР или неразъемных типа ГОН. Перед пайкой подбирают гильзу, стальным ершом зачищают ее внутреннюю поверхность до металлического блеска и покрывают канифолью. С концов соединяемых жил снимают изоляцию на расстоянии, равном длине отпаечной горловины плюс 10 мм. Тканью, смоченной в бензине, снимают маслоканифольный состав и стеклянной или наждачной бумагой зачищают жилу до металлического блеска. Гильзу располагают горизонтально литниковым отверстием вверх и вводят в нее концы жил. Последние должны соприкоснуться в середине гильзы. На жилы между изоляцией и торцами гильзы подматывают шнуровой асбест во избежание вытекания припоя.

### 3 Оконцевание медных и алюминиевых жил

3.1 Оконцевание однопроволочных медных жил 1... 2,5 мм или многопроволочных до 1,5 мм выполняют кольцом или штырем, в зависимости от конструкции зажимов. Последовательность технологических операций при монтаже:

- удаление изоляции на длине 10...15 мм для штыря и на длине 30...35 мм для кольца;
- зачистка жилы до металлического блеска;
- уплотнение повива проволочек в жиле;
- сворачивание жилы в кольцо круглогубцами в соответствии с диаметром винта;
- закрепление вокруг жилы;
- покрытие кольца или штыря флюсом;
- погружение в расплавленный припой на 1...2 секунды или облуживание паяльником;
- изоляция липкой лентой оголенной части жилы с перекрытием на 5...10 мм основной изоляции.

3.2 Оконцевание многопроволочных медных и алюминиевых жил площадью сечений 1,5...240 мм<sup>2</sup> выполняют кабельными наконечниками способом опрессовки. Наконечник подбирают по площади сечения жилы, внутреннюю цилиндрическую часть ее зачищают стальным ершом до металлического блеска и покрывают канифолью. С конца провода на длину цилиндрической части наконечника плюс 10 мм снимают изоляцию, обезжиривают тканью, смоченной в бензине, зачищают до металлического блеска, покрывают канифолью и облуживают. На жилу надевают наконечник, подматывают под его торец 1...3 слоя асбестового шнура для предотвращения вытекания припоя. Жилу и наконечник при площади сечения провода до 10 мм<sup>2</sup> разогревают паяльником, а при большей – паяльной лампой или пропан-бутановой горелкой до 10 температуры плавления припоя. Припой сплавляют в гильзу. При этом следят, чтобы он проникал между проволочками жилы. Тканью, смоченной паяльной мазью, разглаживают подтеки припоя по поверхности наконечника. После остывания наконечника снимают подмотку асбеста и изолируют окончевание

#### 4 Порядок выполнения работы

4.1 Выполнить соединение и ответвление медных однопроволочных одножильных проводов пайкой методом скрутки.

4.2 Выполнить соединение и ответвление медных многопроволочных одножильных проводов методом скрутки и пайки.

4.3 Выполнить оконцевание медной однопроволочной жилы диаметром до 2,5 мм или многопроволочной жилы диаметром до 1,5 мм следующими способами:

- кольцом с диаметром под винт М5;
- штырем.

4.4 Выполнить оконцевание многопроволочной медной жилы с помощью штампованных наконечников.

4.5 Изучить конструкцию и принцип работы оборудования (пресс-клещи ПК-2м с набором сменного инструмента), применяемого для опрессовки медных и алюминиевых жил.

4.6 Выполнить опрессовку многопроволочных медных жил, используя

пресс-клещи ПК-2м с гребенчатым пуансоном и матрицей с помощью медной или латунной фольги.

4.6 Оформить отчёт.

## 5. Содержание отчёта

Отчёт по лабораторной работе должен содержать:

5.1 Цель работы.

5.2 Последовательность технологических операций при выполнении заданий согласно п. 4.1...4.6, по форме, представленной в таблице 5.1:  
Таблица 5.1 Соединение и ответвление медных однопроволочных одножильных проводов пайкой методом двойной скрутки с желобком

№ п.п.	S жилы, мм <sup>2</sup>	Последовательность технологических операций при монтаже	Материалы, инструмент

5.3 Выводы по работе.

6 Вопросы для самоконтроля

6.1 Перечислить способы, применяемые для соединения и ответвления жил проводов и кабелей при электромонтажных работах.

6.2 Привести отличия в технологии пайки для медных и алюминиевых жил проводов и кабелей. Чем обусловлены эти отличия?

6.3 Привести последовательность технологических операций при пайке алюминиевых жил проводов и кабелей.

6.4 Привести последовательность технологических операций при пайке медных жил проводов и кабелей.

6.5 Для чего применяют флюсы при пайке медных жил? Почему рекомендуется использование бескислотных флюсов?

6.6 Что такое оконцевание жил проводов и кабелей?

6.7 Перечислить способы оконцевания жил проводов и кабелей при электромонтажных работах.

6.8 Перечислить достоинства и недостатки соединения, ответвления и оконцевания жил проводов и кабелей методом опрессовки.

6.9 Как осуществляется контроль качества соединений, полученных методом опрессовки?

6.10 Какое оборудование и инструмент применяют при опрессовке?

Уровень подготовки обучающихся определяется оценками 5 «отлично», 4 «хорошо», 3 «удовлетворительно», «зачтено» («зачет»).

оценка 5 «отлично» выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее систематическое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять практические задания, максимально приближенные к будущей профессиональной деятельности в стандартных и нестандартных ситуациях, освоившему основную литературу и знакомому с дополнительной литературой. Оценка 5 «отлично» ставится обучающемуся, усвоившему взаимосвязь основных понятий в их значении для приобретаемой специальности, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

оценка 4 «хорошо» выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание учебно-программного материала, успешно выполнившего практические задания, максимально приближенные к будущей профессиональной деятельности в стандартных ситуациях, усвоившему основную рекомендованную литературу. Оценка 4 «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний, умений и навыков, способному к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебы и профессиональной деятельности.

оценка 3 «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой. Оценка 3 «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, обладающему необходимыми знаниями, но допустившему неточности в определении понятий, в применении знаний для решения профессиональных задач, в неумении обосновывать свои рассуждения.

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам текущего и итогового контроля производится в соответствии с универсальной шкалой (таблица).

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



90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
60 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 60	2	не удовлетворительно

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

В данном пособии описаны обязательные лабораторные и практические работы студентов при изучении основ материаловедения. В описании лабораторных и практических работ указан алгоритм их проведения и источники получения информации. Пособие содержит список основной и справочной литературы, необходимой при выполнении лабораторных и практических работ студентами.

В дальнейшем пособие может перерабатываться при изменении Федеральных государственных стандартов и требований к содержанию и оформлению методических разработок.

### **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **Основные источники:**

1. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб. пособие. - М.: ОИЦ «Академия», 2013.
2. Моряков О.С. Материаловедение (по техническим специальностям) - М.: «Академия», 2010.
3. Стерин И.С. Материаловедение - М.: «Дрофа», 2013.
4. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов, М.: ИД «Оникс», 2013.
5. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение для автомехаников – Р/Д, Феникс, 2013.

#### **Дополнительные источники:**

1. Черепяхин А.А. Материаловедение - М.: Издательство «КноРус», 2012.
2. Заплатин В.Н. Справочное пособие по материаловедению. - М.: Академия, 2008.
3. Заплатин В.Н. Основы материаловедения (металлообработка), Рабочая тетрадь. - М.: Академия, 2012.
4. Соколова Е.Н. Материаловедение, Рабочая тетрадь. - М.: Академия, 2007.
5. Степанов Б.И. Материаловедение - М.: «Академия», 2013.