

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Колледж электроники и бизнеса

Кафедра электронной техники и физики

Л. А. БУШУЙ

# **ИЗУЧЕНИЕ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 621.37(075.32)  
ББК 32.843 я 73  
Б90

Рецензент  
преподаватель Проходцев В. В.

Б90                    **Бушуй, Л. А.**  
**Изучение изоляционных материалов: методические указания к**  
**практической работе /Л.А. Бушуй. - Оренбург: ГОУ ОГУ,**  
**2009.- 15 с.**

Методические указания «Изучение изоляционных материалов» предназначены для проведения практической работы по дисциплине «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты» для студентов второго курса специальности «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники».

Методические указания составлены с учетом Государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов утвержденного 18.03.2002 Министерством образования Российской Федерации

ББК 32.843 я 73

© Бушуй Л. А., 2009  
© ГОУ ОГУ, 2009

## Содержание

Введение.....	4
1 Теоретическая часть работы.....	4
1.1 Резины.....	4
1.2 Лаки, эмали, компаунды, клеи.....	5
1.3 Волокнистые материалы.....	7
1.4 Слюда и слюдяные материалы.....	10
1.5 Стекло и керамика .....	11
1.6 Электротехническая керамика.....	12
1.7 Контрольные вопросы.....	14
2 Практическая часть работы.....	14
2.1 Содержание отчёта .....	14
2.2 Порядок выполнения отчёта.....	14
Список использованных источников.....	15

## Введение

Учебное пособие может быть использовано преподавателями и студентами при проведении практической работы «Изучение изоляционных материалов» раздела «Диэлектрические материалы» дисциплины «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты», при подготовке студентов к тестированию и к экзаменам.

### 1 Теоретическая часть работы

Электроизоляционными материалами называют диэлектрические материалы, предназначенные для создания электрической изоляции токоведущих частей в электротехнических и радиоэлектронных устройствах. Электрическая изоляция является неотъемлемой частью электрической цепи и, прежде всего, важна для того, чтобы не пропускать ток по непредусмотренным электрической цепью путям.

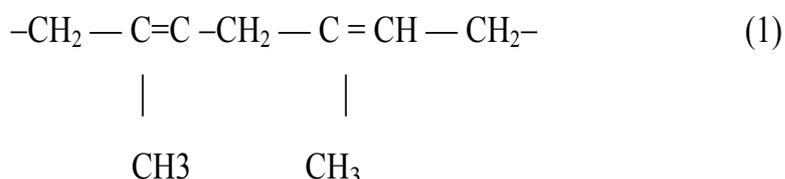
Используемые в качестве электроизоляционных материалов диэлектрики еще называют пассивными. Активные диэлектрики – это диэлектрики, параметры которых можно регулировать, изменяя напряженность электрического поля, температуру, механические напряжения и другие параметры воздействующих на них факторов.

Например, конденсатор, диэлектрическим материалом в котором служит пьезоэлектрик, под действием приложенного переменного напряжения изменяет свои линейные размеры и становится генератором механических колебаний. Ёмкость электрического конденсатора, выполненного из нелинейного диэлектрика — сегнетоэлектрика, изменяется в зависимости от напряженности электрического поля; если такая ёмкость включена в колебательный LC-контур, то изменяется и его частота настройки

#### 1.1 Резины

Широкое применение в электропромышленности, особенно при производстве кабельных изделий, получила резина. Резина состоит из многокомпонентной смеси на основе каучуков и близких к ним по свойствам веществ, называемых эластомерами. Для получения необходимых свойств резины подвергают процессу так называемой вулканизации.

Натуральный каучук получают из млечного сока (латекса) растений - каучуконосов. Он представляет собой полимерный углеводород состава  $(C_5H_8)_n$ , в отдельных звеньях молекулы которого имеются двойные связи:



Чистый натуральный каучук для изготовления электрической изоляции не применяется, так как он и его растворители имеют малую стойкость к действию повышенных и пониженных температур. Эти недостатки устраняются после проведения процесса вулканизации, т.е. нагревания после введения в каучук серы.

Синтетический каучук широко применяют наряду с натуральным, особенно в кабельной промышленности. Резины для защитных оболочек кабелей изготавливаются исключительно на основе синтетического каучука, а в изоляционных смесях более половины натурального каучука заменяют на синтетический каучук.

## **1.2 Лаки, эмали, компаунды, клеи**

Электроизоляционные лаки представляют собой коллоидные растворы на лаковой основе, образующие после удаления растворителя пленку, которая обладает электроизоляционными свойствами.

Лаковая основа представляет собой ту часть лака, которая образует пленку и состоит из битумов, высыхающих растительных масел, природных или синтетических смол, а также из их композиций

Рассмотрим применяемые для лаковой основы растительные масла и битумы.

Растительные масла, получаемые из семян различных растений способны при нагревании, освещении, соприкосновении с кислородом воздуха и под воздействием других факторов переходить в твердое состояние. Высыхание масел является сложным химическим процессом, связанным с полимеризационными процессами и поглощением маслом некоторого количества кислорода из воздуха, поэтому масса льняного и подобного масел при сушке может несколько увеличиваться.

Наиболее широко применяются льняное и тунговое масла. Если их нанести на поверхность, то они быстро высыхают с образованием твердой неплавкой пленки. Пленки из тунгового масла не растворяются в органических растворителях, стойки к действию воды, а пленки льняного масла почти не растворяются в растворителях.

Наиболее высокими электроизоляционными свойствами обладает тунговое масло, которое является токсичным продуктом. Катализаторами реакций высыхания масел являются соединения свинца, кобальта, кальция, вводимые в масла в виде солей, различных кислот. Такие вещества называются сиккативами.

Битумы - черные, твердые или пластичные вещества с аморфной структурой, состоящие в основном из сложной смеси углеводов и продуктов их дальнейшей полимеризации и окисления. Природные битумы, называемые также асфальтами, содержат различные минеральные примеси. Битумы при нагревании переходят в жидкое состояние, при охлаждении затвердевают. При низких температурах они хрупки и дают характерный излом

в виде раковины. Лучшие электроизоляционные свойства, как правило, имеют более тугоплавкие битумы, они труднее растворяются и более хрупки. Температура размягчения битумов может быть повышена пропусканием воздуха через расплавленный битум.. Для электроизоляционной техники наиболее широко применяют нефтяные битумы марок БН-III, БН-IV, БН-V и более тугоплавкие спецбитумы марок В и Г.

Растворители - летучие жидкости, применяемые для растворения лаковых основ и улетучивающиеся в процессе образования пленки. Растворителями могут служить ароматические углеводороды, спирты, сложные и простые эфиры, скипидар и др. В состав лака, кроме того, могут входить следующие дополнительные вещества.

Сиккативы - вещества, ускоряющие процесс высыхания растительных масел и лаков. Пластификаторы - вещества, придающие эластичность и ударную прочность лаковой пленке. Отвердители - соединения, способствующие отверждению пленки лака. Инициаторы и ускорители - вещества, ускоряющие процесс образования полимеров. Ингибиторы - соединения, препятствующие преждевременному загустеванию.

Электроизоляционные эмали представляют собой лаки, в состав которых входят пигменты - высокодисперсные неорганические вещества, повышающие твердость и механическую прочность лаковой пленки, теплопроводность, дугостойкость. В качестве пигментов часто применяют диоксид титана, железный сурик.

Электроизоляционные компаунды в основном состоят из веществ, которые входят в состав лаковой основы электроизоляционных лаков, но в отличие от лаков не содержат растворителей. В момент применения при нормальной и повышенной температуре компаунды находятся в жидком состоянии и твердеют после охлаждения или в результате происходящих в них химических процессов.

Электроизоляционные лаки и компаунды широко применяются в электроизоляционной и кабельной технике, в производстве электрических машин, турбо- и гидрогенераторов, аппаратов, трансформаторов, распределительных устройств, в высокочастотной технике.

По назначению и выполняемым функциям электроизоляционные лаки принято подразделять на пропиточные, покровные и клеящие.

Пропиточные лаки предназначены для пропитки изоляции обмоток электрических машин и аппаратов, а также для пропитки различных электроизоляционных материалов волокнистого строения - бумаги, ткани, стеклоткани, электрокартона и др.

Покровные лаки используют для создания внешней защитной отделки различных электроизоляционных деталей, металлических узлов и деталей, покрытия предварительно пропитанных обмоток электрических машин и аппаратов. К этой группе относятся также эмальлаки, применяемые в кабельной промышленности, и полупроводящие лаки, обладающие повышенной удельной проводимостью.

Клеящие лаки предназначены для склеивания различных электроизоляционных материалов и деталей, слюды, бумаги, картона и т.п.

Приведенная классификация лаков в значительной мере условна, так как один и тот же лак иногда может служить и пропиточным и клеящим, например бакелитовый лак при производстве слоистых пластиков.

Электроизоляционные компаунды по назначению и выполняемым функциям делятся на пропиточные и заливочные. Пропиточные компаунды служат для заполнения пор, капилляров и воздушных включений в электроизоляционных материалах, используемых, главным образом, для обмоток электрических машин, катушек аппаратов, трансформаторов и других электротехнических конструкций. После пропитки повышается электрическая прочность материала и всей конструкции в целом, улучшаются теплопроводность, теплоотдача обмоток, что позволяет увеличить мощность электрических машин и аппаратов при тех же размерах, увеличиваются механическая прочность, влагостойкость, срок службы всей конструкции.

Пропиточные и заливочные термопластичные компаунды изготовляют на основе битумов, канифоли и масел. Они используются для заливки кабельных муфт, различных мест соединений выводных концов обмотки электрических машин с подводными проводами и в других электротехнических конструкциях. Перед применением компаунды разогревают до жидкого состояния и заливают на необходимые узлы и детали. К заливочным электроизоляционным компаундам относятся битумные компаунды МБ-70, МБ-90, маслоканифольный МК-45 и др., которые применяются для заливки соединительных, ответвительных и концевых муфт, заделки силовых и контрольных кабелей. Компаунд МБ-55 применяется для заливки конденсаторных высоковольтных вводов.

### **1.3 Волокнистые материалы**

Волокнистые материалы состоят преимущественно из частиц удлиненной формы - волокон, промежутки между которыми заполнены воздухом у непропитанных материалов и природными или синтетическими смолами у пропитанных. Преимуществами многих волокнистых материалов являются невысокая стоимость, довольно большая механическая прочность, гибкость и удобство обработки. Недостатки - невысокие электрическая прочность и теплопроводность, более высокая, чем у массивных материалов того же состава, гигроскопичность. Пропитка улучшает свойства волокнистых материалов.

Непропитанные волокнистые материалы по виду исходного сырья можно подразделить на материалы из: растительных волокон; бумаги, картона, хлопчатобумажной пряжи и ткани; животных волокон (натуральный шелк); искусственных и синтетических волокон (ацетатный шелк, капрон и др.); неорганических волокон (стеклянное волокно, асбест).

Дерево является одним из первых электроизоляционных и конструкционных материалов, получивших применение в электротехнике, чему способствовали его дешевизна и легкость механической обработки. Основой

дерева, как и всякого растительного волокна, является органическое вещество - целлюлоза, представляющая собой полимерный углеводород ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>, молекулы которого имеют вид длинных цепей с числом звеньев до двух тысяч.

Более тяжелые породы деревьев имеют большую механическую прочность, чем легкие. Прочность поперек волокон у дерева меньше, чем вдоль.

К недостаткам дерева относятся высокая гигроскопичность, нестандартность свойств, низкая нагревостойкость и горючесть. При пропитке дерева льняным маслом или различными смолами свойства улучшаются. Если детали из дерева предназначены для работы в трансформаторном масле, то после сушки они пропитываются тем же маслом.

В электротехнике дерево применяется для изготовления деревянных опор линий электропередачи, крепежных деталей трансформаторов высокого и низкого напряжения, пазовых клиньев электрических машин и т.п.

Бумага и картон - листовые или рулонные материалы коротковолокнистого строения, состоят в основном из целлюлозы. Наиболее тонкий и высококачественный вид электроизоляционной бумаги - конденсаторная бумага, применяемая для изготовления диэлектрика конденсаторов. Конденсаторную бумагу изготавливают из сульфатной древесной целлюлозы. По новой технологии выпускается бумага марок: КОН - обычная, СКОН - специальная, улучшенного качества, МКОН - с малыми диэлектрическими потерями, ЭМКОН - с высокой электрической прочностью и малыми потерями.

При использовании конденсаторной бумаги в качестве диэлектрика обычно используют несколько слоев с применением различных пропиточных масс, которыми могут быть различные неполярные, полярные, жидкие, полужидкие и твердые пропиточные массы. Применение нескольких слоев обеспечивает перекрытие сквозных отверстий и проводящих включений в отдельных листах. Бумага не является высокочастотным диэлектриком. На переменном токе она используется до частоты 10 кГц.

К числу «старейших» материалов, применяемых в качестве электроизоляционных, относится электрокартон. Это связано с его низкой и хорошими технологическими свойствами. В сочетании с высокой стабильностью и механической прочностью при пропитке электрокартона трансформаторным маслом можно получить изоляцию с высокими электрическими параметрами.

Для производства электроизоляционных картонов наиболее широко применяют сульфатную целлюлозу, а в некоторые виды картонов добавляют хлопковую целлюлозу высокой степени чистоты. Картон марки АМ, в который добавляется хлопковая целлюлоза, имеет лучшие электрические характеристики, чем картон марки А. Электроизоляционные свойства картона улучшаются при пропитке его жидким диэлектриком, поэтому электроизоляционный картон широко применяется в качестве основного твердого материала в силовых трансформаторах, для которых он выпускается нескольких различных марок.

Из материалов волокнистого строения в электромашино- и аппаратостроении широко применяется листовая и трубчатая фибра, в основном в качестве конструкционного и изоляционного материалов. Так как

под действием электрической дуги фибра выделяет большое количество газов, то в электрических аппаратах она используется также и в качестве дугогасительного элемента, однако использование фибры для этой цели сокращается из-за возможности применения других материалов с более высокими диэлектрическими и механическими характеристиками (органическое стекло, винипласт, фенолоформальдегидные смолы). Изготавливается фибра из тонкой бумаги, пропускаемой через раствор хлористого цинка. После намотки на стальной барабан и получения слоя нужной толщины, в котором отдельные слои бумаги прилипают друг к другу, фибра срезается с барабана, тщательно промывается водой и прессуется. Промывка необходима для удаления следов хлористого цинка, ухудшающего электроизоляционные свойства фибры. Листовую электротехническую фибру изготавливают марки ФЭ толщиной от 0,4 мм до 12 мм. В зависимости от использованного красителя фибра может быть красного, коричневого, черного или серого цвета.

Фибра неустойчива к воздействию влаги, поэтому она не применяется для деталей, требующих сохранения точных размеров, так как при поглощении влаги фибра меняет свои размеры. При нагревании до температуры 180 °С фибра медленно обугливается и при температуре примерно 300 °С воспламеняется.

Лакоткани - гибкие электроизоляционные материалы, представляющие собой ткань, пропитанную электроизоляционным лаком. К пропитанным волокнистым материалам относятся также лакобумаги и электроизоляционные ленты. Основа пропитанных материалов - ткань или бумага - обеспечивает высокую механическую прочность, гибкость и определенную эластичность. Электроизоляционные лаки, заполняя при пропитке поры ткани, образуют на поверхности после высыхания прочную пленку, которая обеспечивает хорошие электрические свойства и стойкость к действию влаги. Лакоткани изготавливают на основе хлопчатобумажных, шелковых и стеклянных тканей из синтетических волокон. Они находят применение в электрических машинах, аппаратах, кабельных изделиях в виде различных лент, прокладок, оберток и др.

Используются различные типы волокон, в том числе асбестовые волокна, получаемые из минерала асбест сложного состава.

Асбестовые волокна, по сравнению с органическими, менее прочны и более жестки, поэтому в ряде случаев к асбестовому волокну добавляют хлопковые синтетические и другие волокна. Асбестовая пряжа применяется для оплетки нагревостойких проводов и кабелей, предназначенных для работы при температуре от 50 °С до 450 °С. В электропромышленности выпускаются асбестовые электро- и теплоизоляционные ленты, шнуры, картоны, доски.

В электромашино- и электроаппаратостроении и других отраслях народного хозяйства широко используются электроизоляционные гибкие трубки. Наиболее широкое применение получили лакированные трубки и трубки, изготавливаемые на основе каучука, называемые эластомерными.

## 1.4 Слюда и слюдяные материалы

Слюды представляют собой группу материалов, относящихся к водным алюмосиликатам с ярко выраженной слоистой структурой, которая обуславливает высокую анизотропию свойств, т.е. неодинаковость физико-механических и электрических характеристик в направлениях вдоль и поперек слоев. В качестве электрической изоляции в настоящее время применяют два вида минеральных слюд - мусковит и флогопит.

Кроме природных слюд применяются также и синтетические. Слюда является весьма ценным природным минеральным электроизоляционным материалом. Использование ее в качестве изоляции крупных турбо- и гидрогенераторов, тяговых электродвигателей и а качестве диэлектрика в некоторых конденсаторах связано с ее высокой электрической прочностью, нагревостойкостью, механической прочностью и гибкостью. В природе слюда встречается в виде кристаллов, которые способны легко расщепляться на пластинки в параллельных друг другу плоскостях.

Слюда - достаточно широко распространенный минерал и составляет 3,8 % массы земной коры, однако промышленные месторождения мусковита и флогопита, содержащие кристаллы достаточно крупных размеров, немногочисленны.

Слюдяная изоляция из мусковита или флогопита имеет высокую химическую стойкость, причем мусковит более стоек, чем флогопит. Сильные кислоты и щелочи действуют на мусковит и флогопит только при значительной концентрации, нагревании и длительном контакте.

По электрическим свойствам мусковит является одним из лучших электроизоляционных материалов и превосходит в этом отношении флогопит. Мусковит более механически прочен, более тверд, гибок и упруг, чем флогопит.

Сравнение свойств мусковита, флогопита и фторфлогопита приведено в таблице 1.

Таблица 1- Свойства слюдяных материалов

Параметр	Мусковит	Флогопит	Синтетическая слюда (фторфлогопит)
Нагревостойкость, °С	500... 600	800. ..900	1100
Удельное электрическое сопротивление, Ом-м	$10^{12} \dots 10^{14}$	$10^{11} \dots 10^{12}$	$Ю^{14} \dots 10^{15}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1 МГц	0,0003	0,0015	0,0002
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	$(2,6 \dots 2,8)10^3$	$(2,7 \dots 2,8)10^3$	$(2,6 \dots 2,8)10^3$

Миканиты представляют собой листовые или рулонные материалы, получаемые склеиванием между собой пластинок слюды. В качестве склеивающих материалов применяются различные, преимущественно синтетические, смолы или лаки. Гибкие или рулонные материалы называются микалентой или микафолием.

Микалента является разновидностью гибкого миканита. Она клеится из слюды крупных размеров только в один слой и имеет подложки из стеклоткани, стеклосетки или микалентной бумаги с двух сторон. Микалента является основной изоляцией обмоток многих электрических машин высокого напряжения.

## 1.5 Стекло и керамика

Стеклами называют аморфные тела, получаемые в результате переохлаждения расплава независимо от их химического состава и температурной области затвердевания, приобретающие в результате постепенного увеличения вязкости механические свойства твердых тел, причем процесс перехода из жидкого состояния в твердое является обратимым.

В составы стекол введена большая часть элементов Периодической системы Д. И. Менделеева.

Наиболее широко применяются оксидные стекла

Стекла получают в результате «варки» исходных компонентов стекла в стекловаренных печах и при быстром охлаждении расплавленного материала. При расплавлении шихты в результате реакции составляющих оксидов и удаления летучих составных частей получается однородная стекломасса, из которой вырабатывают стеклянные изделия. Изготовленные стеклянные изделия подвергаются отжигу при достаточно высокой температуре с последующим медленным охлаждением для устранения механических напряжений.

### 1.5.1 Физико-химические свойства стекла

Наиболее высокие показатели механических свойств имеют кварцевые и бесщелочные стекла, а наиболее низкие - стекла с повышенным содержанием оксидов  $PbO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ .

Плотность стекол обычно от  $220 \text{ кг/м}^3$  до  $6500 \text{ кг/м}^3$ . Теплопроводность стекла по сравнению с другими телами исключительно низкая (наибольшую теплопроводность имеют кварцевое и боросиликатное стекла). Термическая стойкость стекла прямо пропорциональна его прочности при разрыве и обратно пропорциональна его упругости и коэффициенту линейного расширения.

Химическая устойчивость стекла зависит от сопротивляемости его разрушающему воздействию различных реагентов - воды, кислот, щелочей. Для электротехнических стекол химическая устойчивость имеет в ряде случаев существенное значение. Наибольшей стойкостью к воздействию влаги обладает кварцевое стекло. Гидролитическая стойкость стекол сильно уменьшается при введении в состав стекла щелочных оксидов.

## 1.5.2 Электрические свойства стекла

Эти свойства сильно зависят от состава стекла. Большинство стекол характеризуется ионной проводимостью. Некоторые специальные виды стекол - халькогенидные, ванадиевые (полупроводниковые) - имеют электронную или смешанную проводимость. Наиболее сильно понижают электропроводность стекол  $\text{SiO}_2$  и  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Наименьшую электропроводность имеет кварцевое стекло, а наибольшую - высокощелочное. Обычно более химически устойчивые стекла имеют меньшую электропроводность. Электропроводность стекол очень быстро возрастает при увеличении температуры из-за увеличения подвижности ионов. Существенное влияние на электропроводность стекол имеет поверхностная проводимость, сильно зависящая от адсорбированной водяной пленки.

Пробой стекол вызывается электрическими и тепловыми процессами. При постоянном напряжении электрическая прочность стекла весьма велика и достигает 500 МВ/м, а при увеличении температуры резко снижается. В переменном электрическом поле электрическая прочность стекол от 17 МВ/м до 80 МВ/м.

Наиболее высокими свойствами обладает кварцевое стекло, выплавляемое из горного хрусталя или чистых кварцевых песков. Кварцевые стекла отличаются высокой оптической прозрачностью, механической прочностью при высоких температурах (свыше 1000 °С), инертностью к действию многих химических реагентов, высокими электрическими характеристиками: при нормальной температуре. Кварцевое стекло применяется для изготовления различных изделий в электрорадиовакуумной промышленности: трубчатые, опорные и проходные изоляторы для электрических газоочистительных установок, высоковольтные изоляторы для высоковольтных линии, различные детали переменных конденсаторов, катушек самоиндукции, ламп, приборов, аппаратов и пр.

Закаленные изоляторы из обычного щелочного стекла, хотя и уступают по своим свойствам таким же изоляторам из малощелочного стекла, могут эффективно использоваться в качестве подвесных изоляторов.

## 1.6 Электротехническая керамика

Это материал, получаемый в результате обжига формовочной массы заданного химического состава из минералов и оксидов металлов. При соответствующем выборе состава керамики из нее можно получить материалы, обладающие разнообразными свойствами. В электротехнической и радиоэлектронной промышленности керамическая технология применяется для изготовления диэлектрических, полупроводниковых, пьезоэлектрических, магнитных, металлокерамических и других изделий. Многие керамические материалы имеют высокую механическую прочность и нагревостойкость, высокие электрические характеристики, отсутствие механических деформаций при длительном приложении нагрузки, большую, чем у органических материалов,

устойчивость к электрическому и тепловому старению. Керамику можно подвергать металлизации обычно методом выжигания серебра и осуществлять герметичные спаи с металлом.

Широкое применение в качестве электроизоляционного материала находит электротехнический фарфор, который является основным керамическим материалом, используемым в производстве Широкого ассортимента низковольтных и высоковольтных изоляторов и других изоляционных элементов с рабочим напряжением до 1150 кВ переменного и до 1500 кВ постоянного тока. Электротехнический фарфор, как и любая керамика, состоит из кристаллической, аморфной и газовой фаз. Его свойства определяются химическим и фазовым составами, микро- и макроструктурой и технологией изготовления.

Основными компонентами фарфора являются сырьевые материалы минерального происхождения - глинистые вещества (глина, кварц, полевошпат, гипс, пегматит).

Изделия из фарфоровой массы получают различными обточкой, прессовкой, отливкой в гипсовые формы, выдавливанием через отверстие нужной конфигурации. После оформления изделия производится сушка полуфабриката для удаления воды, вводимой в массу для придания ей пластичности. Следующая операция - глазурирование фарфоровых изоляторов - выполняется для предохранения от загрязнения и создания поверхности, легко очищаемой в условиях эксплуатации. При обжиге глазурное покрытие плавится и покрывает поверхность изолятора тонким стекловидным слоем. Глазурь увеличивает механическую прочность, «заглаживает» трещины и другие дефекты, уменьшает ток утечки по поверхности изоляторов и повышает их напряжение перекрытия.

Наличие стекловидной фазы определяет довольно высокую механическую прочность фарфора.

Электротехнический фарфор применяется для изготовления высоковольтных и низковольтных изоляторов различного типа. К числу высоковольтных изоляторов относятся:

- стационарные - для оборудования распределительных устройств и аппаратуры (опорные, проходные, вводы, маслонеполненные, крышки разного назначения);
- линейные - для линий электропередачи (подвесные и штыревые).

Для изготовления высокочастотных высоковольтных изоляторов применяют стеатитовую керамику, так как фарфор имеет сильную зависимость электрических характеристик от температуры из-за наличия большого количества полевошпатового стекла с повышенной электропроводностью.

Стеатитовая керамика изготавливается на основе тальковых минералов, основной кристаллической фазой которых является метасиликат магния. Стеатитовые материалы характеризуются высокими значениями  $\rho$ , в том числе при высокой температуре, малым  $\text{tg}\delta$  за

исключением материала, предназначенного для производства крупных высоковольтных изоляторов. Стеатитовая керамика характеризуется высокими механическими свойствами, стабильностью параметров при воздействии различных внешних факторов (влаги, температуры, высокого напряжения и др.). Благодаря высоким электромеханическим свойствам стеатит применяют для изготовления высокочастотных установочных деталей, высоковольтных и низковольтных конденсаторов, высоковольтных, антенных, внутриламповых, пористых и других изоляторов.

Пластичный высокочастотный высоковольтный стеатитовый материал СПК-2 применяется для изготовления крупногабаритных изоляторов, а непластичные СНЦ, СК-1, Б-17, С-55 и С-4 - электроизоляционных деталей и высокочастотных конденсаторов.

### **1.7 Контрольные вопросы**

- 1 С какой целью проводят процесс вулканизации?
- 2 Какие вещества называют сиккативами, пластификаторами, отвердителями?
- 3 Чем лаки отличаются от компаундов?
- 4 Для чего служит пропитка материалов?
- 5 Что называют анизотропией?
- 6 Какие материалы называют стеклами?
- 7 Какие материалы применяют для изготовления высоковольтных изоляторов?

## **2 Практическая часть работы**

**Тема работы:** Электроизоляционные материалы

**Цель работы:** Изучить основные свойства электроизоляционных материалов

### **2.1 Порядок выполнения работы:**

- 1) изучить основные теоретические положения;
- 2) ответить на контрольные вопросы.

### **2.2 Содержание отчета:**

- 1) тема и цель работы;
- 2) краткие теоретические положения.

## Список использованных источников

- 1 **Филиков, В.А.** Электротехнические и конструкционные материалы / В.А. Филиков - М.: Мастерство, 2000. -340 с.
- 2 **Бородулин, А.С.** Электротехнические и конструкционные материалы / А.С.Бородулин, Воробьев и др - М.: Мастерство, 2000. -365 с.
- 3 **Журавлева, Л.В.** Электроматериаловедение /Л.В. Журавлева -М.: ПрофОбрИздат, 2002.- 312 с.
- 4 **Адаскин, А.М.** Материаловедение (металлообработка) / А.М.Адаскин, В.М.Зуев - М.:ACADEMIA, 2002.- 240 с.
- 5 **Дроздов, Н.Г.** Электроматериаловедение / Н.Г. Дроздов, Н.В Никулин - М.: Профтехиздат, 2000. -260 с.
- 6 **Никифоров, В.М.** Технология металлов и конструкционные материалы / В.М.Никифоров - М.: Высшая школа, 2000.- 462 с.