|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Учебное занятие, 90 мин | Тема: | Рассматриваемые вопросы | Используемая литература, источники | Форма отчета |
|  |  | 1. Правила оформления смотреть ниже
 |  | Выполнить письменно в тетради. Фотографию с выполненным заданием отправить на электронный адрес onoshkin.sergey@yandex.ruили в социальной сети «ВКонтакте»<https://vk.com/id25553248> В названии файла указать: номер группы, название дисциплины, свою Фамилию ИО, дату выдачи задания! |

Лабораторная работа №4

**ТЕМА:**  Электроизоляционные материалы.

**НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ:** Электрокерамические материалы, минеральные диэлектрики, силикатные неорганические стекла.

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** Изучить электрокерамические материалы, минеральные и твердые полимеризационные диэлектрики.

**НОРМА ВРЕМЕНИ:** 2 часа.

**ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:** Стенд-планшет с изоляционными материалами.

**ЗАДАНИЕ ПО ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ:**

**А) ЗАДАНИЕ,**

1. Оформить бланк отчета по лабораторной работе (заполнить титульный лист, перечислить изучаемые материалы (изделия), отразить в отчете конструктивные особенности изучаемых материалов (изделий), дать краткую характеристику, указать входящие компоненты, технические, электрические и др. характеристики).
2. Подготовиться к защите отчета: подготовить ответы на контрольные вопросы, в справочной литературе найти практическое применение изучаемых материалов и изделий.

**ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ:**

1. Как можно классифицировать электрокерамические материалы?
2. Из каких исходных материалов изготавливается электрофарфор?
3. Что такое стеатит?
4. Скакой целью электрофарфор покрывается глазурью?
5. Где применяются силикатные неорганические стекла?

**КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ИЗУЧАЕМЫМ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ.**

**ЭЛЕКТРОКЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

Электрокерамические материалы представляют собой твердые камнеподобные вещества, которые можно обрабатывать только абразивами /корборундом и др./. Все электрокерамические материалы по назначению делят на три группы: изоляторная, конденсаторная и сегнетоэлектрическая керамика.

К изоляторной керамике относятся электрофарфор и стеатит. Из этих материалов изготовляют изоляторы низкого и высокого напряжения, а также различные электроустановочные изделия (ролики, основания предохранителей, патронов и др.).

Во вторую группу входят керамические материалы, обладающие большими значениями диэлектрической проницаемости (ε = 107-500), поэтому из них изготовляют керамические конденсаторы различных конструкций

Керамические сегнетоэлектрики — это такие электрокерамические материалы, которые обладают очень большой диэлектрической проницаемостью (ε =1500-4000) и резкой зависимостью диэлектрической проницаемости от температуры и напряжения. Это объясняется происходящими в этих материалах процессами самопроизвольной (спонтанной) поляризации.

Все электрокерамические материалы негигроскопичны, стойки к атмосферным воздействиям и обладают хорошими диэлектрическими и механическими свойствами. Недостатком электрокерамических материалов является их сравнительно большая объемная усадка при обжиге 10—15%. Это создает трудности в обеспечении точных размеров в некоторых электрокерамических изделиях (платы с большим количеством отверстий и другие изделия).

**Электротехнический фарфор**

Исходная электрофарфоровая масса состоит из глинистых веществ (42 ÷ 50 %) , кварца (20 ÷ 25 %), калиевого полевого шпата (22 ÷ 30 %) и измельченных бракованных изделий (5 ÷ 8 %). В тестообразную измельченную фарфоровую массу вводят 20 ÷ 22 % воды. После этого массу подвергают вакуумной обработке с целью извлечения из нее воздушных включений. Из полученной фарфоровой массы изготавливают (оформляют) различные типы изоляторов методом прессовки в гипсовых или стальных формах, а затем окончательно доводят (обрабатывают) на токарных станках и направляют на сушку в сушилки. Высушенные изделия покрывают жидкой глазурью. Состав глазури отличается от состава фарфоровой массы большим содержанием стеклообразующих компонентов (кварц, полевой шпат, доломит и др.). В цветные глазури вводят еще красители: хлористый железняк, пиролюзит и др., глазурь повышает механическую прочность изоляторов и делает их стойкими к влаге и атмосферным загрязнениям. Электрические характеристики глазурованного фарфора: удельное объемное сопротивление 1014– 1015 Ом\*см, диэлектрическая проницаемость 6 – 8. Электрическая прочность 20-30 МВ/м.

**Конденсаторная керамика.**

Конденсаторные керамические материалы отличаются от обычных керамических материалов значительно большей величиной диэлектрической проницаемости (ε). Кроме того, большинство конденсаторных керамических материалов обладает малым температурным коэффициентом диэлектрической проницаемости (ТКЕ). Вследствие этого в электрических установках с керамическими конденсаторами повышение температуры не вызывает заметного изменения емкости в установке. Основным компонентом большинства исходных керамических масс для конденсаторной керамики является двуокись титана (ТiO2) или двуокись олова (SnО2). Чтобы получить материалы с еще большими значениями диэлектрической проницаемости и с малыми величинами температурного коэффициента диэлектрической проницаемости, прибегают к соединениям двуокиси титана с окислами других металлов: кальция (СаО), магния (МgО), цинка (ZпО*)* и др. В процессе обжига смеси этих окислов, взятых в определенном соотношении, образуются титанаты соответствующих металлов: титанат кальция (СаТiO3), титанат магния (МgТiO3), титанат цинка (ZnТiO3) и др. Все титанаты отличаются большими значениями диэлектрической проницаемости (ε =200-250)

В производстве термостабильных керамических конденсаторов высокого и низкого напряжения находят большое применение материалы, получаемые на основе соединений двуокиси олова (SnО2) с окислами других металлов (СаО, МgО и др.). Такого рода диэлектрики называются станнатами, например станнат кальция (СаSnО3), станнат магния (МgSnО3) и др.

Эти керамические материалы обладают весьма малыми положительными значениями температурного коэффициента диэлектрической проницаемости. Из станнатной керамики изготовляют высокостабильные керамические конденсаторы высокого и низкого напряжения. Станнатная керамика более устойчива к длительному воздействию постоянного электрического поля высокого напряжения по сравнению с материалами на основе титанатов.

У керамических материалов на основе титанатов постоянное электрическое поле вызывает процесс электрохимического старения материала при повышенных температурах (200—300 °С). В результате этого необратимого процесса электроизоляционные свойства титанатовой керамики ухудшаются, и при высоких напряжениях это приводит к пробою конденсаторов.

Керамические конденсаторы изготовляют различными методами: прессованием в стальных пресс-формах из исходных порошкообразных масс (дисковые конденсаторы), протяжкой ум-пресса из пластичных керамических масс, методом литья жидкой керамической массы в гипсовые формы. Последний способ применяют для изготовления керамических конденсаторов на высокие напряжения, например горшковых конденсаторов (см. рис. 2).



Рис. 2 Керамические конденсаторы: *а* — дисковый,

б — трубчатый, в — боченочный, г — горшковый

Конденсаторы, полученные одним из трех описанных способов, подвергают термической обработке — обжигу в печах. В результате обжига получают неувлажняемые изделия неплотных керамических материалов. Керамические конденсаторы нуждаются в герметизации (металлических или пластмассовых кожухах), которая необходима для защиты от влаги бумажных и слюдяных конденсаторов. Металлические электроды наносят на поверхность керамических конденсаторов методом вжигания серебра. Для этого на поверхность уже готовых керамических конденсаторов наносят слой краски, в которой имеются окислы серебра. Затем конденсаторы ставят в печь, где при температуре 750—800° С происходит термическая обработка нанесенного слоя краски. При этом окислы серебра восстанавливаются до металлического серебра, которое прочно сцепляется с поверхностью неглазурованной керамики, образуя слой толщиной 8—12 мкм.К этому слою серебра припаивают электродные проводники, а затем весь конденсатор покрывают слоем органической электроизоляционной эмали. Последняя необходима для защиты электродных слоев серебра от коррозии и для предотвращения замыкания электродов частицами влаги в случае применения конденсаторов во влажной атмосфере.

**Стеатит.**

**Стеатит** — высоковольтная керамика повышенной механической прочности. Стеатит имеет плотную структуру, дает малую усадку при обжиге и не нуждается в глазуровке. Стеатит — материал более дорогой по сравнению с электрофарфором, так как для его изготовления используется более дорогое сырье. Исходные стеатитовые массы изготовляют на основе природного минерала — талька (3MgO-4SiO2-H3O) и углекислого бария ВаСО3 или углекислого кальция СаСО3.

Для обеспечения пластичности в стеатитовые массы вводят 15— 10% глинистых веществ (бентонитовые и другие глины). Для стеатитов применяют наиболее чистые сорта природного талькового камня с содержанием окислов железа не более 0,5%.

Процесс приготовления исходных стеатитовых пластичных масс отличается от приготовления электрофарфоровых масс.

Из пластичной стеатитовой массы изготовляют стеатитовые изоляторы и электроизоляционные изделия методом формования и прессования в гипсовых формах, широко распространен способ литья стеатитовых изделий под давлением на парафиновом связующем (парафиновая вязка).

Методом литья под давлением изготовляют изделия сложного профиля, например каркасы катушек для электрических аппаратов и приборов, ламповые панели, платы и др. Для удаления из отлитых изделий парафина их помещают в огнеупорные коробки — капсели. Пространство между отлитыми изделиями в каплях заполняют порошком глинозема. Капсели с изделиями плавно нагревают до 800 °С и выдерживают при этой температуре. Парафин удаляется из отличных изделий и впитывается порошком глинозема. Стеатитовые изделия, полученном горячего литья под давлением, имеют плотную и гладкую поверхность. Наименьшей объемной усадкой (5%) обладают изделия, изготовляемые из литейной массы, в которую предварительно вводятся обожженные минералы (спек) составляющие исходную стеатитовую массу.

Основу стеатита составляют кристаллы клиноэнстатита (MgO • SiO2). Их содержится в стеатите 60%, а остальные 40% составляет стекло. Электрические свойства стеатита следующие: объемное удельное сопротивление 1013 - 1014 Ом\*см, диэлектрическая проницаемость 6.0 –6.5. Электрическая прочность 20 - 25 МВ/м. Стеатит широко применяют в основном в радиотехнике и в высоковольтной электроаппаратуре для изготовления установочных изоляционных изделий сложной формы.



Рис. 3. Литые стеатитовые изделия-каркасы катушек

**МИНЕРАЛЬНЫЕ ДИЭЛЕКТРИКИ**

**Асбест /горный лен/** - представляет собой природный минерал, характерным свойством которого является его волокнистое строение. Волокна легко расщепляются на тонкие отдельные волоски диаметром в тысячные доли миллиметра и длиной до нескольких сантиметров. Для изготовления различных электроизоляционных материалов /бумаги, пряжи, ленты, картона/ используется преимущественно хризолитовый асбест, представляющий собой силикат магния.

Волокна асбеста не впитывают воду, но покрываются водяной пленкой. В результате гигроскопичности и наличия в асбесте различных примесей электрические свойства асбестовых материалов (асбестовой бумаги и ткани) невысокие, основные характеристики: объемное удельное сопротивление 109 Ом\*см, электрическая прочность 1 - 2 МВ/м. Основным достоинством асбеста является его высокая нагревостойкость и негорючесть. Рабочая температура асбеста 450 оС, а при температуре около 1450 оС асбест плавится.

Из асбестовых волокон изготавливают электроизоляционную бумагу толщиной 0.2 мм и картоны 2 ÷ 10 мм как прокладочный материал. Для повышения механической прочности асбестовой бумаги в нее вводят небольшое количество хлопчатобумажных волокон. Асбестовые ленты полотняного переплетения изготовляют из пряжи, в которой содержится около 30% хлопчатобумажных волокон, введенных с целью повышения механической прочности. Почти все асбестовые материалы применяют в пропитанном (лаками и компаундами) виде. В результате пропитки устраняется гигроскопичность асбестовых бумаг и тканей, улучшаются их электрические характеристики.

**Асбоцемент** – изготавливают из асбестового волокна и портландского цемента. Он представляет собой неорганическую пластмассу, в которой связующим веществом является портландцемент, а наполнителем - асбестовые волокна. Изготавливается асбоцемент путем смешивания распущенного асбеста с цементом и водой, после чего отливают в листы (доски) и производят сушку. Электрическая прочность высушенных досок 1,5÷2,0 МВ/м. Поэтому применяют асбоцементные доски в электрических устройствах низкого напряжения (основания контактов, искрогасительные камеры в электрических аппаратах) только в пропитанном виде. Пропитку асбоцементных изделий производят после их механической обработки в расплавленном парафине или битуме.

**СИЛИКАТНЫЕ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СТЕКЛА**

**Изоляционные стекла -** прозрачные аморфные неорганические материалы, получаемые при переплавке ряда минеральных материалов (кварцевый песок, сода, поташ, доломит, известняк и многие другие). Свойства стекол меняются в широких пределах в зависимости от их состава. Стекла - термопластичные материалы с температурой начала размягчения от 500 до 1200°С. Стекла устойчивы к воде и кислотам, за исключением плавиковой HF. К щелочам они менее стойки. Электрические свойства колеблются в пределах: объемное удельное сопротивление ρυ = 108 ÷ 1017 Ом\*см; диэлектрическая проницаемость ε =3,8 ÷16,0; электрическая прочность Епр = 25 ÷ 50 МВ/м*.* Введение в состав стекла окислов щелочных металлов резко ухудшает его электрические свойства, а тяжелые окислы свинца и бария — наоборот, повышают изоляционные качества стекла. Поэтому для изоляционных целей применяют тяжелые бесщелочные сорта стекла. Промышленность выпускает несколько видов изоляционного стекла.

**Ламповое** стекло идет для изготовления колб и ножек ламп накаливания, люминесцентных и электронных. Оно имеет невысокую температуру размягчения и хорошо спаивается с рядом металлов и сплавов.

**Конденсаторное** стекло применяют как диэлектрик в конденсаторах. Оно имеет высокие электрические свойства: электрическая прочность Епр=7,5МВ/м (при частоте 1 Мгц).

**Установочное** стекло идет для изготовления установочных изоляционных изделий: изоляторов, бус, труб, втулок и т. д. Оно стойко к резким сменам температур и имеет высокую механическую прочность. Бесщелочное стекло В-13 применяют для изготовления закаленных высоковольтных изоляторов (подвесных, штыревых, опорных), электрические и механические свойства у которых выше, чем у фарфоровых.

**Стеклоэмали** — стекла, наносимые тонким слоем на поверхность металлических и других предметов. Их применяют и в качестве электроизоляционного слоя, как, например, для покрытия трубчатых проволочных сопротивлений.

**Стеклянные вводы** — разновидность стеклянного изолятора в форме тела вращения, приваренного в проходящей через него металлической трубке и наружной обкладке. Применяют их для осуществления герметизированных вводов в ряде электрических аппаратов.

**Стеклянное волокно** - для изготовления стеклянного волокна употребляют алюмосиликатные или алюмоборосиликатные, т. е. бесщелочные стекла. Они содержат очень малое количество (0,5—2%) щелочных окислов Na2O и К2О. При большом содержании этих окислов наблюдается повышенная электропроводность стекла, что объясняется наличием свободных ионов натрия (Na+) и ионов калия (К+), обладающих большой подвижностью. Диаметр первичных (элементарных) нитей стекловолокна составляет 3—5 мкм.Стеклянные волокна, идущие на изготовление различных изделий, содержат большое количество элементарных нитей, имеют высокую гибкость. Их обрабатывают по текстильной технологии. Из волокон скручивают нити, из которых ткут ткани и ленты. Эти волокна мало гигроскопичны (0,2%) и имеют высокую нагревостойкость. Предел прочности при растяжении стеклянного волокна остается почти неизменным при температурах от 250 до 400 °С, в то время как предел прочности асбестового волокна при этой температуре уменьшается в 20 раз, а хлопковое и волокно из натурального шелка полностью разрушаются. Поэтому стекловолокнистая изоляция является самым перспективным нагревостойким материалом.

Особый интерес для изоляции обмоточных проводов и других применений представляет кварцевое волокно, получаемое из чистого кварцевого стекла (100% SiO2). Это волокно имеет ту же плотность, что и волокна из малощелочных стекол (2,2 г/см3), но обладает очень высокой температурой плавления (1720° С) и отличными электрическими характеристиками (например, объемное удельное сопротивление имеет величину 1017 ом\*см), мало изменяющимися вплоть до температур 700° С.

**Стеклянную ткань** (бесщелочную) марки ЭСТБ выпускают толщиной 0,06; 0,08 и 0,11 мм и шириной от 600 до 1000 мм. Стеклянная сетка марки ССЭ толщиной 0,025, 0,040 и 0,060 мм идет на изготовление стекломиканитов, а марки ССТЭ — для изготовления стеклотекстолита.

**Стеклянная лента** тодщиной от 0,08 до 0,20 мм при ширине 8—50 мм находит применение как наружный крепящий слой изоляции катушек и секций якорных обмоток. Пропитка стеклотканей и стеклолент лаками значительно повышает их изоляционные свойства и механическую прочность. Величина электрической прочности Епр до пропитки равна около 4 МВ/м, а после пропитки возрастает до 40—45 МВ/м.

**Стеклянный изолятор.** До последнего времени все изоляторы изготовлялись из электрофарфора. Попытки применить для этой цели стекло оканчивались неудачей из-за недостаточной механической прочности и термической стойкости стеклянных изоляторов. В настоящее время разработаны состав малощелочного изоляторного стекла и технология производства изоляторов из закаленного стекла. Согласно этой технологии стекломасса, поступающая из ванной печи с помощью механического питателя, подается в чугунную пресс-форму автоматического пресса. С помощью пуансона происходит прессование изолятора и его внутренней полости. Затем нагретый изолятор захватывается механической рукой и устанавливается на вращающемся шпинделе закалочного автомата. Здесь изолятор равномерно обдувается холодным воздухом. Воздух подается вентилятором.

Механическая прочность закаленных стеклянных изоляторов в 2—3 раза выше, чем незакаленных, и выше, чем у фарфоровых изоляторов. Поэтому габариты закаленных стеклянных изоляторов меньше (на 10—20%) по сравнению с фарфоровыми на те же напряжения и механические нагрузки. Закаленные стеклянные изоляторы могут выдерживать перепад температур 45—55 °С, в то время как фарфоровые выдерживают перепад температур 70° С. Практика же эксплуатации стеклянных изоляторов показала, что их термостойкость обеспечивает длительную работу изоляторов на линиях электропередачи. Стеклянные изоляторы малых габаритов (штыревые на напряжения до 10 кВи некоторые другие) изготовляют не из закаленного, а из отожженного стекла. В этом случае изоляторы, отпрессованные на пресс-автоматах, отжигают. При этом температура изоляторов медленно повышается, а затем изоляторы медленно охлаждаются до комнатной температуры. В процессе отжига у стеклянных изоляторов уничтожаются все внутренние напряжения, возникшие за счет их неравномерного охлаждения при прессовании.

Пример марки стеклянного изолятора: ШСС – 10 - штыревой, сетевой, стеклянный на напряжение 10 кВ.