|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 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.ru](mailto:onoshkin.sergey@yandex.ru)или в социальной сети «ВКонтакте»<https://vk.com/id25553248>  В названии файла указать: номер группы, название дисциплины, свою Фамилию ИО, дату выдачи задания! |

Лабораторная работа №5

**ТЕМА:**  Электроизоляционные материалы.

**НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ:** Дерево. Бумаги и картоны. Слюдяные материалы.

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** Изучить бумаги, электрокартоны и слюдяные материалы, их применение.

**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. Где применяется пропиточная бумага?
2. В чем особенность крепированной бумаги, где она применяется?
3. Перечислите области применения намоточной бумаги.
4. Где применяется конденсаторная бумага?
5. Что такое миканит, какой он бывает?
6. Какая из изученных бумаг самая тонкая?
7. У какой из бумаг лучшие электроизоляционные свойства?

**КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ИЗУЧАЕМЫМ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ.**

**БУМАГИ И КАРТОНЫ**

Из древесины хвойных пород (сосна, ель) путем ее химической переработки (кислотной или щелочной варки) получают техническую целлюлозу. В результате кислотной варки древесины получают так называемую сульфитную целлюлозу, а в результате щелочной варки сульфатную целлюлозу, которая является сырьем для изготовления различных электроизоляционных бумаг и картонов. Полученную после варки целлюлозу промывают водой, а затем подвергают мокрому размолу в специальных ваннах (ролах), снабженных вращающимся барабаном с ножами. Дно ванны имеет выступ в виде горки. Попадая между ножами барабана и острым выступом горки, очищенные варкой волокна разрубаются на мелкие части и расщепляются вдоль на более тонкие волокна. В зависимости от величины зазора между ножами и выступом горки осуществляется жирный или тощий помол. Для жирного помола устанавливают тупые ножи на большом расстоянии от выступа горки на дне ванны. В результате происходит лишь расщепление или расчес на тонкие волокна. Таким образом, при жирном помоле волокна механически не разрушаются, а их капиллярные каналы остаются закрытыми. Для получения целлюлозы тощего помола применяют острые ножи. Расстояние между ними и горкой меньше, чем в первом случае. При этом волокна целлюлозы преимущественно рубятся поперек, в результате чего обнажаются внутренние каналы.

При жирном помоле волокна получаются длинными и тонкими. Бумага, изготовленная из целлюлозы жирного помола, обладает большей гибкостью и большой механической прочностью. Тощий же помол дает короткие толстые волокна, которые обусловливают рыхлость бумаги, малую механическую прочность, а также большую способность впитывать воду и другие жидкости.

Размолотая целлюлоза называется бумажной массой. Для изготовления из нее бумаги масса подается на движущуюся металлическую сетку бумажной машины, к поверхности которой она прижимается металлическими валками. Вода при этом отжимается и уходит через сетку, а масса формируется в полотно бумаги, которое затем переходит на суконную ленту. Здесь полотно бумаги сначала обминается холодными вальцами, а потом оно проходит через систему нагретых чугунных валков, затем полотно бумаги обжимается системой холодных валков, после чего сматывается в рулон. Влажность бумаг находится в пределах 5—9%. С увеличением влажности бумаги ее электроизоляционные свойства и механическая прочность заметно ухудшаются.

Электроизоляционные бумаги делятся на кабельные, конденсаторные, пропиточные, намоточные, микалентные и крепированные.

**Крепированная бумага** - применяется для изолирования отводов и мест соединений в обмотках трансформаторов и других маслонаполненных электрических аппаратах. Эта бумага на поверхности имеет креп / гофрировку/ нанесенную перпендикулярно направлению полотна бумаги. Благодаря этому крепированная бумага обладает гибкостью и хорошо растягивается в продольном направлении (удлинение 60%), что позволяет надежно изолировать отводы от обмоток и сильно изогнутые соединительные провода. Крепированную бумагу изготовляют из небеленной сульфатной целлюлозы толщиной 0,17 мм /без крепа/ и 0,5 мм /с крепом/ плотностью 230 кг/см3 . Выпускается в рулонах шириной 500 мм. Применение крепированной бумаги взамен дорогостоящих маслостойких лакотканей в трансформаторах дает большой экономический эффект без снижения электрической прочности изоляции выводов.

**Пропиточная бумага** - предназначается для изготовления слоистой электроизоляционной пластмассы - гетинакса. Пропиточная бумага вырабатывается из сульфатной целлюлозы и имеетт толщину 0.09 – 0.13 мм, а плотность 600 – 800 кг/м3

**Конденсаторная бумага**  - пропитанная жидким диэлектриком, применяется в бумажных конденсаторах. Для изготовления этой бумаги используется наиболее чистая сульфатная целлюлоза жирного помола. Конденсаторная бумага самая тонкая и однородная по толщине. Электрическая прочность от 19 до 65 МВ/м, после пропитки конденсаторным маслом от 250 до 300 МВ/м. Предел прочности при растяжении конденсаторных бумаг достигает 100\* 105 Н/м2 . Конденсаторная бумага выпускается в бобинах шириной от 12 до 750 мм.

**Намоточная бумага** - предназначается для изготовления электроизоляционных намоточных изделий: цилиндров и изоляционных трубок для трансформаторов и электрических аппаратов. Электрическая прочность 8 МВ/м. Для изготовления электроизоляционных цилиндров бумага должна быть покрыта электроизоляционным лаком с одной стороны.

**Кабельная бумага** - составляет основную изоляцию кабелей высокого и низкого напряжения. Ее после намотки на кабель пропитывают электроизоляционным маслом. При намотке на кабельную жилу ленты из бумаги подвергают механическому натяжению. Бумага должна обладать достаточно высокой химической прочностью при растяжении и изгибах. Кабельные бумаги вырабатывают из сульфатной целлюлозы преимущественно жирного помола в целях обеспечения высоких механических свойств. Электрическая прочность непропитанной кабельной бумаги составляет 6 - 9 МВ/м, а пропитанной трансформаторным маслом 70 – 80 МВ/м. Кабельные бумаги выпускают для изоляции жил силовых кабелей на напряжение 35 кВ, 110 кВ, 220 кВ.

**Микалентная бумага** - применяется для изготовления гибкой слюдяной ленты, для чего на полотно микалентной бумаги наклеивают листочки слюды. Микалентная бумага должна обеспечивать гибкость микаленты, повышать ее механическую прочность на разрыв и быть одновременно тонкой, чтобы не снижать электрических характеристик микаленты. Чтобы была возможна хорошая и быстрая пропитка лаками, эта бумага также должна обладать большой пористостью.

Для изготовления микалентной бумаги используется длинноволокнистый хлопок с волокнами, ориентированными преимущественно в направлении длины полотна бумаги. Выпускают в рулонах 400 – 900 мм. Толщина бумаги 18 – 20 мкм.

**Электроизоляционный картон** - изготовляют тем же способом что и бумагу, но имеет большую толщину (от 0.1 до 6.0 мм). Сырьем служит масса из сульфатной целлюлозы с хлопковым волокном, последние обеспечивают повышенную механическую прочность и электроизоляционные свойства картона. Процесс производства картонов аналогичен производству бумаги, но применяется другое оборудование, и вводятся дополнительные технологические операции. Картоны, предназначенные для работы на воздухе (воздушные картоны), изготовляют из смеси целлюлозы и хлопкового волокна. Они проходят дополнительную обработку сальными вальцами для уплотнения и полировки. Электрическая прочность этих картонов изменяется от 8 до 13 МВ/м в зависимости от толщины. Применяются они для пазовой и межвитковой изоляции в электрических машинах низкого напряжения. Картоны, применяемые в маслонаполненных машинах и аппаратах (масляные), изготовляют из смеси сульфатной целлюлозы и хлопкового волокна без дополнительной обработки на вальцах. Они имеют рыхлую структуру, поэтому хорошо пропитываются маслом. Электрическая прочность этих картонов в пропитанном виде находится в пределах от 38 до 60 МВ/м. Основные марки электрокартонов: ЭВ, ЭВТ, ЭВС, ЭВО для работы в воздушной среде, и марки ЭМЦ, ЭМЦМ, ЭМС и ЭМТ — для работы в масле.

**Пленкокартон** — электроизоляционный картон, покрытый триацетатцеллюлозной (триацетатной) пленкой. Триацетатцеллюлозные (триацетатные) пленки выпускают непластифицированными (жесткими), окрашиваемыми в голубой цвет, слабопластифицированными (бесцветными) и пластифицированными, окрашенными в синий цвет. Последние находят главное применение для изоляции обмоточных проводов. Непластифицированные и слабопластифицированные триацетатные пленки самостоятельно применяются мало (изоляционные прокладки в электрических приборах и аппаратах низкого напряжения). Наибольшее применение триацетатные пленки получили в композициях с электрокартоном (пленкоэлектрокартон) или с микалетной бумагой (синто-фолий). Триацетатные пленки выпускают толщиной 25, 40 и 70 микрон. Температура размягчения пленок от 130—140 (пластифицированные) до 160—180 °С (непластифицированные).

Пленкоэлектрокартон односторонний выпускается толщиной 0,16; 0,2; 0,3; 0,4 мм, а пленкоэлектрокартон двусторонний — 0,5 мм. Пленкоэлектрокартон односторонний представляет собой гибкий материал, состоящий из рольного воздушного электрокартона (ЭВ), оклеенного с одной стороны триацетатной пленкой. В качестве клеящего лака применяют глифтале-масляный и другие лаки, дающие гибкие пленки. Пленкоэлектрокартон двусторонний (Д) представляет собой гибкий материал, состоящий из триацетатной пленки, оклеенной с двух сторон воздушным электрокартоном толщиной 0,2 мм. Пленкоэлектрокартоны выпускают в рулонах шириной до 400 мм.

Основные характеристики пленкокартона: нагревостойкость 105 °С; удельное объемное сопротивление ρυ = 1013 ÷ 1014 Ом\*см; диэлектрическая поницаемость ε =5,0 ÷6,0; электрическая прочность Епр = 16 ÷ 30 МВ/м.

Пленкоэлектрокартон нее обладает стойкостью к электрической короне. Применяется в качестве пазовой (корпусной) изоляции в машинах низкого напряжения (вместо лакоткани).

**Фибра**  - изготовляется из непроклееной бумаги имеющей в своем составе хлопковое волокно и древесную целлюлозу (по 50%). Бумагу пропускают через ванну с нагретым (до 50 оС) раствором хлористого цинка, а затем наматывают на стальной барабан до определенной толщины. При намотке на барабан листы бумаги склеиваются друг с другом, образуя плотный материал - фибру, который разрезают на листы и прессуется. Фибра легко поддается обработке: пилится, сверлится, нарезается. Листовая фибра штампуется, а при размачивании водой из нее можно формовать изделия сложного профиля. Из фибры изготовляют листы толщиной от 0,6 до 20 мм и более, а также стержни и трубки. Недостатком фибры является гигроскопичность и набухание во влажной среде. Марка ФЭ - фибра электротехническая. Используется в качестве изоляционных материалов в электрооборудовании низкого напряжения: например в качестве пазовых клиньев и прокладок в электрических машинах невлагостойкого исполнения. Фибра применяется для разрядников высокого напряжения, в которых стенки фибрового цилиндра под действием электрической дуги интенсивно выделяют газы. В результате возрастающего давления газов внутри трубчатого разрядника, дуга прекращает свое горение. При низком напряжении применяют для дугогасительных камер аппаратов. Основные характеристики фибры: объемное удельное сопротивление ρυ = 108 ÷ 109 Ом\*см; электрическая прочность

Епр = 3,5 ÷ 7,0 МВ/м.

**СЛЮДЯНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Электроизоляционная слюда.** Слюда представляет собой природный минерал с характерным слоистым строением, позволяющим расщеплять кристаллы слюды на тонкие листочки толщиной до 0,005 мм. Расщепление кристалов слюды происходит по параллельным друг к другу плоскостям спайности. Тонкие листочки слюды обладают гибкостью, они упруги и имеют высокий предел прочности при растяжении*.* Склеивая листочки слюды клеящими смолами или лаками (шеллачный, масляно-битумный и др.), получают твердую (миканиты) или гибкую (микаленты) слюдяную изоляцию для обмоток электрических машин.

Природные слюды имеют сложный химический состав, в который входят: кремний (Si), калий (К), магний (Mg), алюминий (А1), кислород (О2) и водород (Н2). Кроме этих основных элементов,в слюде содержатся в небольшом количестве (до 1 — 3%) окислы железа, кальция, бария, хрома и других элементов (FeO; CaO; BaO; Сг2Оз и др.). Из довольно большой группы природных слюд в качестве электроизоляционных материалов применяют только два вида слюды — мусковит и флогопит. Эти виды слюды отличаются расщепляемостью и хорошими электрическими характеристиками.

**Мусковит** — калиевая слюда (название «мусковит» произошло от слова «Московия» (старинное название России), где прозрачные пластины слюды применялись для заделки оконных проемов в домах). Цвет кристаллов мусковита преимущественно серебристый, иногда с зеленоватым или красноватым оттенком. Тонкие листочки (0,05 — 0,06 мм) этой слюды прозрачны. Мусковит обладает химической стойкостью; на него не действует ни один из растворителей и щелочей. Серная и соляная кислоты разлагают мусковит только при нагревании.

Основные характеристики мусковита: плотность 2,7-3,0 г/см3; водопоглощаемость 1,3 - 4,5 % объемное удельное сопротивление ρυ  = 1014 ÷ 1016 Ом\*см; диэлектрическая поницаемость ε = 6,0 ÷ 8,0; электрическая прочность Епр = 120 ÷ 190 МВ/м (при толщине листочков 0,1 мм). С увеличением толщины электрическая прочность слюды уменьшается.

Мусковит не изменяет своих свойств до температуры 500 — 600°С. При превышении этой температуры из слюды начинает выделяться химически связанная вода. В результате этого листочки слюды вспучиваются, т. е. увеличивают свою толщину. При этом резко ухудшаются электрические и другие характеристики. Температура плавления слюды мусковит равна 1260 — 1300 °С.

**Флогопит** - калиевомагнезиальная слюда (название «флогопит» происходит от греческого слова «флогопос» огнеподобный). Цвет кристаллов флогопита изменяется от черного до янтарного. Тонкие листочки слюды (0,01-0,06 мм) флогопита полупрозрачны. Они имеют меньший предел прочности при разрыве и менее упругии по сравнению со слюдои мусковит. Сравнительно низкое истирание слюды позволило пременить ее в производстве клееных листовых изоляционных материалов, из них штампуют прокладки для изоляции медных пластин в коллекторах электрических машин. Находясь во время работы под истирающим действием щеток, изоляционные прокладки из флогопита истираются в одинаковой степени с медными пластинами. Это обеспечивает нормальную работу коллектора.

Флогопит обладает меньшей химической стойкостью по сравнению с мусковитом. Он реагирует с кислотами, но щелочи на него не действуют.

Основные характеристики флогопита: плотность 2,74-2,8 г/см3; водопоглощение 1,54-5,2%, объемное удельное сопротивление ρυ = 1013 ÷ 1015Ом\*см; электрическая прочность Епр = 940 ÷ 180 МВ/м, (при толщине листочка 1 мм).

Флогопит не изменяет своих характеристик до температуры 800 °С. При превышении этой температуры начинается вспучивание, листочков флогопита с потерей ими первоначальных электрических-и механических свойств.

У некоторых разновидностей слюды флогопит с повышенным содержанием воды (гидратизированный флогопит) резкое ухудшение свойств наступает, начиная с температуры 200—250° С.

Температура плавления слюды флогопит равна 1270—1330 °C Следует отметить, что все виды слюды поглощают влагу, главным образом по плоскостям спайности листочков слюды. Водопоглощаемость у слюды мусковит составляет 1,3—4,5%, а у слюды флогопит—1,5 - 5,2 %.

**Миканит** – твердые или гибкие листовые материалы, получаемые склеиванием листочков щепаной слюды с помощью клеящих смол /щелочной, глифталевой и др./ или лаков на основе этих смол. Листочки природной щепаной слюды раскладывают на стол в один слой, сбрызгивают клеящим лаком, накладывают второй слой и тоже сбрызгивают лаком и т.д. до необходимой толщины, а затем лист подвергают горячему прессованию.

Марки миканитов обозначают обозначают буквами или цифрами. Первая буква указывает тип миканита ( К – коллекторный, П – прокладочный, Ф – формовочный, Г – гибкий). Выпускают в листах толщиной 0.4 – 1.5 мм.

**Коллекторный миканит -**  выпускают в листах толщиной 0.4 – 1.5 мм и площадью 215х 465 мм. Путем штамповки получают изоляционные прокладки, применяемые для изоляции друг от друга медных пластин в коллекторных электрических машинах. Основные характеристики коллекторного миканита: объемное удельное сопротивление ρυ = 1013 ÷ 1015 Ом\*см; электрическая прочность Епр = 18 ÷ 22 МВ/м.

**Прокладочный миканит -** представляет собой листовой твердый материал, склееный из листочков щипаной слюды с последующим прессованием. В качестве связующих веществ применяют щелочную, глифталиевую или кремнеорганическую смолу. Слюда составляет 80 - 95 %, количество связывающих составляет 20 – 25 %. Прокладочный миканит изготовляют однократным прессованием при температуре 150  оС. Из него изготовляют различные электроизоляционные прокладки для электрических машин и аппаратов. Основные характеристики прокладочного миканита: объемное удельное сопротивление ρυ = 1013 ÷ 1014 Ом\*см; электрическая прочность Епр = 15 ÷ 35 МВ/м.

**Гибкий миканит** – листовой материал, получаемый склеиванием щипаной слюды (мусковит, флогопит или их смеси) с помощью масляноглифталивых лаков, образующих гибкие пленки. Для повышения механической прочности некоторые виды гибкого миканита оклеивают с двух сторон микалентной бумагой. Толщина листов миканита от 0.15 - 5 мм. Применяется в качестве пазовой, межвитковой и подбандажной изоляции в электрических машинах, а также в качестве различных гибких электроизоляционных прокладок.

**Формовочный миканит** — листовой материал, получаемый склеиванием листочков щипаной слюды с помощью глифталевой, шеллачной или кремнийорганической смолы. Заготовки формовочного миканита подвергают однократному прессованию при удельном давлении 5 ÷ 10 кГ/см2и температуре 155 °С. По сравнению с коллекторным и прокладочным миканитами формовочный миканит имеет несколько рыхлую структуру. Это необходимо для изготовления (горячим прессованием) из формовочного миканита электроизоляционных изделий сложной формы.

В формовочных миканитах слюды 80—95%, связующего вещества от 20 до 50%. Твердый при комнатной температуре формовочный миканит обладает способностью формоваться в нагретом состоянии и сохранять приданную ему форму. В зависимости от вида слюды и связующего вещества формовочный миканит выпускают следующих марок: ФМГ, ФМГА, ФМП, МПА, ФФГА, ФФП, ФФПА, ФСГ, ФСГА и др. Толщина листов от 0,1 мм.

Основные характеристики формовочного миканита: объемное удельное сопротивление ρυ = 1013 ÷ 1014Ом\*см; электрическая прочность Епр = 22 ÷ 110 МВ/м*.* Более высокие зачения электрических характеристик относятся к миканитам толщиной 0,15 - 0,25 мм, изготовленным на слюде мусковит.

**Микалента** - рулонный материал, обладающий гибкостью при комнатной температуре. Микаленту получают наклеиванием в один слой листочков щепаной слюды (с перекрытием) на тонкую (0,02 – 0,03 мм) микалентную бумагу или стеклянную ткань. Материал имеет толщину 0.08 мм, микаленты толщиной 0,1÷0,21 мм оклеивается микалеееентной бумагой или стеклотканью с двух сторон. В микаленте содержится 45-60 % слюды, 20-25 % бумаги, 15-20 % клеящего вещества, остальное – летучие вещества. Выпускается в рулонах шириной 400 мм и в роликах шириной 10 ÷ 35 мм. Микалента применяется в качестве основной изоляции обмоток, стержней в генераторах и электродвигателях высокого напряжения. Основные характеристики микаленты: объемное удельное сопротивление ρυ = 1012 ÷ 1014Ом\*см; электрическая прочность Епр = 10 ÷ 22 МВ/м*.*

**Микафолий** — рулонный или листовой материал, состоящий из одного или нескольких слоев щипаной слюды (мусковит или флогопит) наклеенных на плотную телефонную бумагу толщиной 0,05мм*.* В качестве связующего применяют глифталевый, масляноглифталевый и другие лаки, микафолий выпускают в рулонах шириной не менее 400 мм, толщиной 0,15; 0,20 и 0,30 мм.В микафолии (по весу) 45—65% клеящих веществ, остальное бумага и летучие вещества. Микафолий, как и формовочный миканит, обладает cnoсобностью формоваться в нагретом состоянии. Из микафолия изготовляют (горячим прессованием) трубки для изоляции болтов и шпильки, гильзы для пазовой изоляции обмоток и другие фасонные изделия.

Изделия из микафолия могут работать при температурах до 130 °С.

Основные характеристики микафолия: объемное удельное сопротивление ρυ = 1012 ÷ 1014 Ом\*см; электрическая прочность Епр = 13 ÷ 20 МВ/м.