**Лекция на тему Твердые диэлектрики**

Твердые диэлектрики можно разделить по происхождению на: природные (естественные) и искусственные, по химическому составу -- на органические, под которыми подразумеваются вещества на основе соединений углерода (но в них также могут входить и другие элементы) и неорганические. Неорганические обладают большей нагревостойкостью, чем органические.

По строению диэлектрики делятся на волокнистые, кристаллические и аморфные. По исходному состоянию при производстве изоляции отдельную подгруппу составляют твердеющие материалы.

**Полимерные материалы**

Полимеры, как правило, являются хорошими диэлектриками. Они обладают низкими диэлектрическими потерями, высоким удельным сопротивлением, высокой электрической прочностью, высокой технологичностью и, как правило, невысокой ценой. Кроме того, на основе полимеров с дисперсными добавками различной электропроводности, теплопроводности, магнитной проницаемости, диэлектрической проницаемости, твердости и т.п. можно получать разнообразные композиционные материалы с широким спектром свойств. По технологическим признакам полимерные материалы делятся на 2 класса - термопласты и реактопласты.

**Термопласты -**размягчаются при нагревании, что позволяет использовать простую технологию термопрессования. При этом гранулы исходного полимера помещают в камеру термопласт - автомата, нагревают до температуры размягчения, прессуют и охлаждают. Так делают мелкие диэлектрические детали. Для крупногабаритных изделий, типа кабелей, полутвердый расплав выдавливают через фильеру вместе с внутренним электродом кабеля. Наиболее распространенным диэлектриком этого класса является **полиэтилен** H-(CH2)nH. Из других термопластичных полимеров, используемых в энергетике в виде электроизоляционных пленок является: полипропилен, поливинилхлорид, лавсан.

**Реактопласты** - при нагревании не размягчаются, после достижения некоторой температуры начинаются разрушаться. Изделия из них обычно делают различными способами. Одна из распространенных дешевых технологий заключается в следующем. Сначала готовят пресс-порошки полимера. Затем пресс порошок засыпают в пресс-форму и прессуют при определенном давлении и температуре. При этом возникает сцепление между деформированными частицами, и после охлаждения материал готов к использованию. Возможно проведение полимеризации из исходных компонентов в заранее подготовленных формах. Так делают изделия из эпоксидных полимеров, кремнийорганической резины. Достаточно дешевы и технологичны реактопласты на основе фенолформальдегидных полимеров и аминоформальдегидных полимеров. Их электрофизические характеристики невысоки.

**Эпоксидные полимеры**

Обладают хорошей механической прочностью, удовлетворительными электрофизическими характеристиками. Они являются полярными диэлектриками, некоторые марки эпоксидных материалов имеют диэлектрическую проницаемость до 16. Высокая полярность приводит к слабой водостойкости. Главное преимущество эпоксидных компаундов - простота технологии приготовления. Компаунды холодного отвержения получают смешиванием эпоксидной смолы, отвердителя и пластификатора. В период времени до начала твердения жидкую композицию можно заливать в требуемую форму. Часто компаунд используют для ремонта диэлектрических деталей в качестве клея. Из других полимеров-реактопластов отметим диэлектрический материал с высокой механической прочностью **капролон,** с большим диапазоном рабочих температур от -100°С до +250°С

**Бумага и картон**

Важным преимуществом этих материалов является то, что они производятся из возобновляемого сырья, а именно из древесной массы. Технология приготовления состоит из варки щепы и опилок в щелочном растворе с добавками. Целлюлозные волокна разделяются, полученная пульпа загущается удалением некоторого количества воды, из нее удаляются металлические примеси. Затем следует прокатка между вальцами, при повышенных давлении и температуре. Чем выше плотность бумаги, тем выше как механическая, так и электрическая прочность бумаги. Самые тонкие и прочные бумаги используются для изготовления конденсаторов. Достаточно отметить, что плотность конденсаторных бумаг достигает 1.6 т/м3, т.е. более, чем в 1.5 раза превышает плотность воды. При этом электрическая прочность бумаги толщиной 10 мкм, пропитанной трансформаторным маслом, составляет до 10 МВ/см.

Электротехнический картон используется в качестве диэлектрических дистанцирующих прокладок, шайб, распорок, в качестве изоляции магнитопроводов, пазовой изоляции вращающихся машин и т.п. Картон, как правило, используется после пропитки трансформаторным маслом. Электрическая прочность пропитанного картона достигает 40-50 кВ/мм. Поскольку она выше прочности трансформаторного масла, для увеличения электрической прочности трансформаторов зачастую устраивают в среде масла специальные барьеры из картона. Маслобарьерная изоляция обычно имеет прочность 300-400 кВ/см. Недостатком картона является гигроскопичность, в результате попадания влаги уменьшается механическая прочность и, резко уменьшается электрическая прочность в 4 и более раз.

**Материалы для изоляторов**

В последнее время бурно развивается производство изоляторов для В.Л. на основе **кремнийорганической резины**. Этот материал относится к каучукам, основное свойство которых - эластичность. Это позволяет изготовлять из каучуков не только изоляторы, но и гибкие кабели. В энергетике используются разные типы каучуков: натуральные каучуки, бутадиеновые, бутадиен-стирольные, этиленпропиленовые и кремнийорганические.

Основу кремнийорганических резин составляют полиорганосилоксаны:

R R

НО-Si-O-{-Si-O-}nH

R R

Где R - одинаковые, либо разные органические радикалы

В зависимости от типа этих радикалов меняются свойства кремнийорганической резины. Иногда в основной цепи чередуются не только кремний и кислород, но и бор, углерод, азот. Получают кремнийорганическую резину из исходного каучука с помощью вулканизации, т.е. сшивки в пространственные комплексы исходных молекул. При этом химическая связь возникает либо по концевым H и OH группам, либо по радикалам. Реакция протекает за счет радиационного облучения, либо за счет химических агентов при повышенной температуре. Как правило, с завода-изготовителя поступает готовая к вулканизации масса.

**Электротехнический фарфор** является искусственным минералом, образованным из глинистых минералов, полевого шпата и кварца в результате термообработки по керамической технологии. К числу наиболее ценных его свойств относится высокая стойкость к атмосферным воздействиям, положительным и отрицательным температурам, к воздействию химических реагентов, высокие механическая и электрическая прочность, дешевизна исходных компонентов. Это определило широкое применение фарфора для производства изоляторов.

**Электротехническое стекло** в качестве материала для изоляторов имеет некоторые преимущества перед фарфором. В частности у него более стабильная сырьевая база, проще технология, допускающая большую автоматизацию, возможность визуального контроля неисправных изоляторов. По химическому составу стекло является набором окислов кремния, бора, алюминия, натрия, кальция и т.п. По термодинамическому состоянию оно представляет собой сильно загустевшую жидкость вследствие переохлаждения. Обычное, щелочное стекло непригодно для изготовления изоляторов ввиду растрескивания, помутнения и т.п. в условиях эксплуатации. Для этой цели разработано специальное малощелочное стекло. К недостаткам стекла, точнее способа его производства, относится большая энергоемкость получения материала, т.к. стекло длительно варят при высоких температурах.

**Слюда** является основой большой группы электроизоляционных изделий. Главное достоинство слюды - высокая термостойкость наряду с достаточно высокими электроизоляционными характеристиками. Слюда является природным минералом сложного состава. В электротехнике используют два вида слюд: мусковит КАl2(АlSi3О10)(ОН)2 и флогопит КMg3(АlSi3О10(ОН)2. Высокие электроизоляционные характеристики слюды обязаны ее необычному строению, а именно - слоистости. Слюдяные пластинки можно расщеплять на плоские пластинки вплоть до субмикронных размеров. Разрушающие напряжения при отрыве одного слоя от другого слоя составляют примерно 0.1 МПа, тогда как при растяжении вдоль слоя - 200-300 МПа. Из других свойств слюды отметим высокое удельное сопротивление, более 1012 ОмЧм; достаточно высокую электрическую прочность, более 100 кВ/мм; термостойкость, температура плавления более 1200°С.

Слюда используется в качестве электрической изоляции, как в виде щипаных тонких пластинок, в т.ч. склееных между собой (миканиты), так и в виде слюдяных бумаг, в т.ч. пропитанных различными связующими (слюдиниты или слюдопласты). Слюдяная бумага производится по технологии, близкой к технологии обычной бумаги. Слюду размельчают, готовят пульпу, на бумагоделательных машинах раскатывают листы бумаги.

**Слюдиниты -** листовые материалы, изготовленные из слюдяной бумаги на основе мусковита. Иногда их комбинируют с подложкой из стеклоткани, или полимерной пленки. Бумаги, пропитанные лаком, или другим связующим, обладают лучшими механическими и электрофизическими характеристиками, чем непропитанные бумаги, но их термостойкость обычно ниже, т.к. она определяется свойствами пропитывающего связующего.

**Слюдопласты -** листовые материалы, изготовленные из слюдяной бумаги на основе флогопита и пропитанные связующими. Как и слюдиниты, они также комбинируются с другими материалами. По сравнению со слюдинитами они обладают несколько худшими электрофизическими характеристиками, но обладают меньшей стоимостью. Применение слюдинитов и слюдопластов - изоляция электрических машин, нагревостойкая изоляция электрических приборов.

Твердые диэлектрики - это чрезвычайно широкий класс веществ, содержащий вещества с радикально различающимися электрическими, теплофизическими, механическими свойствами. Диэлектрическая проницаемость меняется от значения, незначительно превышающего, до более 50000, в зависимости от типа и используемого материала.