



Диэлектрический прорыв

В России запускается современное массовое производство технических диэлектриков на уровне международных стандартов

Александр Брикса, Игорь Залесский, Анна Иванова (annk2010@mail.ru)

Высокий технический уровень современных электромашин, приборов и оборудования обеспечит запуск отечественного производства технических диэлектриков G10 и G11 компании ООО «Ламплекс Композит» объёмом более 200 тыс. м² в год на уровне международных стандартов качества.

Общая тенденция развития электро-технической промышленности, связанная с повышением технического уровня, надёжности и долговечности, а также с увеличением единичной установочной мощности электрических машин, генераторов, трансформаторов, предопределяет всё более высокие требования к свойствам электроизоляционных слоистых пластиков. Это, в свою очередь, вызывает необходимость постоянного улучшения качественных показателей серийно выпускаемых технических диэлектриков, разработки и освоения новых материалов и технологий их переработки.

Электротехнические диэлектрики G10 и G11 представляют собой слоистые прессованные материалы, состоящие из слоёв армирующего наполнителя на основе сте-

кловолокна, пропитанного термореактивным связующим. Они предназначены для использования в машиностроении и приборостроении при комбинации высоких температур и высокого давления, в том числе для электрооборудования, трансформаторов и деталей специального электротехнического назначения.

Высокая прочность на изгиб при повышенных рабочих температурах в сочетании с механической прочностью и стабильностью электрических свойств при увеличенной влажности позволяет расширить диапазон применения данных материалов в современных изделиях электротехники.

Важнейшим и ключевым фактором для изготовления технических диэлектриков с заданными электрическими, температурными и механическими свойствами является применение новых типов связующих, новых технологий и оборудования для изготовления полуфабриката (препрега) и последующего прессования технического ламината.

Новые типы связующих для G10 и G11

G10 – технический ламинат; в соответствии с системой ГОСТ РФ он имеет наименование СТ, СТЭТ, СТЭФ и др.

С целью изготовления препрега для последующего формования технического ламината, т.е. для пропитки армирующего наполнителя (стеклоткани), применяются, как правило, растворные типы связующих на основе эпоксидных смол (растворы с применением ацетона, толуола, спиртов этилового и изопропилового в соответствующих пропорциях).

Эпоксидными смолами называются смолы, в состав молекул которых входят эпоксидные группы. Исходное

состояние имеет линейную структуру (см. рис. 1). Добавление к этим смолам отвердителей создаёт условия для формирования пространственного строения молекул. Обычными отвердителями являются вещества, содержащие в молекуле две аминогруппы – NH₂. Общую формулу можно изобразить как H₂N–R–NH₂.

Отверждение происходит с раскрытием эпоксидного кольца (см. рис. 2).

Применяя такие связующие для пропитки препрега и последующего формования технического ламината, можно получить материал с хорошими физико-механическими свойствами и рабочей температурой использования в различных электротехнических изделиях –65...+130°С.

G11 – слоистый технический ламинат; в системе ГОСТ РФ он имеет наименование СТЭТ-Ф и др. Рабочая температура в изделиях составляет –65...+155°С.

Для повышения нагревостойкости указанных материалов применяются эпоксидные смолы, в которые в определённой пропорции добавляется наволочная смола, имеющая в молекулах полярную гидроксильную группу OH, за счёт чего и происходит отверждение при температуре +110...+160°С.

Добавление к таким смолам (композициям) ускорителя уротропина (CH₂)₆N₄ и отвердителей превращает пропитанную стеклоткань в твёрдый материал за счёт реакции термореактивного сшивания в процессе отверждения при температуре +160...+170°С.

Для производства технических ламинатов в настоящее время широко используются модифицированные диановые эпоксидные смолы, например компания KUKDO применяет эпоксидные смолы, модифицированные димером кислоты; Hexion Specialty Chemicals выпускает модифицированные эпоксидные смолы со специальными реактивными пластификаторами под маркой Episcote, а компания NAN YA Plastics Corporation производит многофункциональную модифицированную смолу NPES 6.

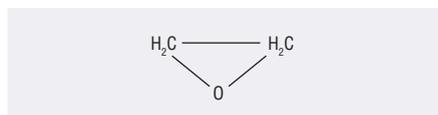
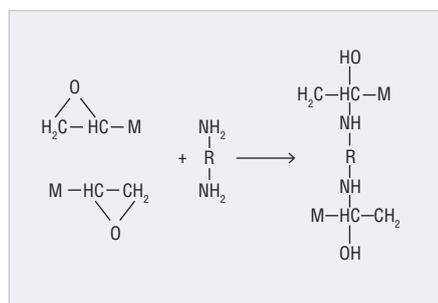


Рис. 1. Формула исходного состояния эпоксидной группы



Примечание: М – остальная часть линейной молекулы эпоксидной смолы, связанная с концевой эпоксидной группой

Рис. 2. Формула процесса отверждения с раскрытием эпоксидного кольца

В соответствии с принятыми на территории Российской Федерации обязательствами по внедрению стандартов Международной электротехнической комиссии (далее МЭК) производство технических диэлектриков должно соответствовать утверждённым МЭК стандартам качества.

Согласно международным стандартам МЭК классы нагревостойкости должны соответствовать температурным индексам (см. табл.).

В рамках реализации масштабного проекта ООО «Ламплекс Композит» по организации производства технических ламинатов G10 и G11 объёмом более 200 тыс. м² в год в IV квартале 2018 года на территории промышленного парка «Масловский» запланирован запуск новейших производственных линий, предусматривающих подготовку и применение современных модифицированных эпоксидных смол компании Bakelite. Применение указанных смол даёт возможность производить G10 и G11 класса нагревостойкости H, что позволяет широко применять эти материалы для большого спектра изделий электротехнической отрасли, диапазон рекомендуемой рабочей температуры которых установлен в пределах –65...+180°C. Кроме того, материалы, полученные на основе модифицированных эпоксидных смол, за счёт хорошей сетчатой структуры при термореактивном отверждении имеют улучшенные показатели водопоглощения, что очень важно для изделий электротехнического назначения.

Высококачественный ПРЕПРЕГ

К современным техническим диэлектрикам предъявляются большие требования, касающиеся не только нагревостойкости, но и таких показателей, как устойчивость характеристик от партии к партии материала, высокие физико-механические параметры и стабильность электрических свойств.

Для выполнения этих требований необходимо применение как новых типов связующих, так и новых современных технологий производства. Одним из ключевых технологических этапов производства технических ламинатов является этап изготовления препрега. Для создания современных препрегов, имеющих минимальное отклонение по весовому составу (на уровне ±1%), высокое качество и равномерность пропитки связующим армирующего материала, необходимо применение

современных пропиточных машин. Именно такое оборудование будет установлено на территории промышленного парка «Масловский» под управлением компании ООО «Ламплекс Композит».

Эти установки уникальны: они позволяют работать в различных режимах пропитки с множеством видов термоактивных связующих и армирующих наполнителей и обладают высокой производительностью. Данные установки имеют секционный тип конструкции, а также секцию сушильной камеры с инфракрасным нагревом.

Поскольку связующие представляют собой растворы 40–60%-й концентрации, а скорости пропитки довольно высоки, приходится за короткое время удалять значительное количество растворителя. В таких условиях стандартные типы сушильных камер оказываются малоэффективными, т.к. удаление растворителя происходит только с поверхности, а его выходу препятствует образовавшаяся плёнка связующего.

Для интенсификации процесса применяют инфракрасную сушку препрегов. При этом происходит прогрев препрега по всему объёму, причём наиболее интенсивно поглощает тепло волокнистый армирующий наполнитель, вследствие чего поток тепла идёт изнутри к наружной поверхности препрега и твёрдая плёнка на поверхности практически не образуется. Применение данного типа сушки не позволяет возникать микровзрывам на поверхности препрега, и удаление растворителя происходит без разрушения полимера.

Препрег, изготавливаемый по данной технологии, не имеет следов растворителя после полимеризации связующего, поскольку на поверхности препрега не создаётся барьер для протекания процессов испарения и растворитель удаляется полностью, не образуя микропор.

УНИКАЛЬНОЕ ПРЕССОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Качество слоистых пластиков определяется в том числе уровнем современного оборудования для их формования (гидравлических прессов), наличием средств автоматизации и механизации технологического процесса.

Для производства технических диэлектриков компанией ООО «Ламплекс Композит» предусмотрено использование уникального прессового оборудования, которое относится к новейшим разработкам в области технологии формования технических диэлектри-

Классы нагревостойкости изоляционных материалов

Обозначение класса нагревостойкости	Температурный индекс, °C
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180

ков и имеет широкоформатные плиты пресса, обладающие специальной системой нагрева.

Преимуществами данного типа оборудования являются:

- широкоформатные плиты пресса;
- равномерность, качество и скорость нагрева;
- максимальная производительность;
- энергетическая эффективность технологического процесса;
- контроль и автоматизация процесса прессования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди ведущих экспертных организаций электротехнической отрасли давно назрел вопрос о дефиците отечественных диэлектриков, отвечающих международным стандартам качества в сочетании с конкурентоспособной ценой. Сложившаяся на сегодняшний день экономическая и политическая ситуация ставит непростую и амбициозную задачу вывода электротехнической отрасли страны на уровень мировых стандартов. Рост цен на продукцию иностранных производителей, а также широкое применение данных материалов в оборонной промышленности выводит этот вопрос на государственный уровень.

Запуск отечественного производства технических ламинатов G10 и G11 компании «Ламплекс Композит» на уровне международных стандартов качества направлен на решение острых вопросов по удовлетворению спроса на отечественные диэлектрики мирового уровня и может служить одной из предпосылок развития электротехнической отрасли России в целом.

Бизнес-планом ООО «Ламплекс Композит» предусмотрен запуск производства не только технических ламинатов G10 и G11 – проект включает в себя запуск 3 очередей современного кластера по производству полного цикла, от стекловолокна и стеклотканей до ламината. Пуск первой очереди запланирован на IV квартал 2018 года. ©