

Прямоугольные электрические соединители

Требования к изоляторам и материалам для их изготовления

В статье рассмотрены основные требования, предъявляемые к изоляторам электрических соединителей. Установлены наиболее важные факторы окружающей среды, влияющие на их надежную и безотказную работу. Определены виды полимерных материалов инженерно-технического назначения, наиболее часто применяемые для изготовления изоляторов соединителей, а также рассмотрены некоторые особенности литья под давлением.

Александр Сафонов
Леонид Сафонов

edef@online.debryansk.ru

Современная радиоэлектронная аппаратура (РЭА) эксплуатируется в различных климатических условиях: в умеренных, тропических, арктических и даже космических. В результате воздействия окружающей среды в аппаратуре, а соответственно, и в электронных компонентах, происходят различные физико-химические процессы и изменения.

В ранее опубликованных статьях [6–9, 11–15] авторы проанализировали последствия воздействия этих факторов на качество контактирования и надежную работу электрических соединителей в целом. Особое внимание уделялось теории контактирования и процессам, протекающим в контактной паре: контактному сопротивлению, перегреву контактов, образованию окисных пленок, фриттинг-коррозии, износу контактов и др.

В связи с тем, что в конструкции электрического соединителя изолятор, так же как и контактная пара, является элементом, от которого зависит надежная работа соединителя, необходимо более подробно рассмотреть основные требования, предъявляемые к изоляторам и материалам, из которых они изготавливаются, а также некоторые особенности их производства.

Основные требования, предъявляемые к изоляторам, и влияние окружающей среды на их свойства

Как уже отмечалось, изолятор — это одна из базовых частей электрического соединителя. Во многом он определяет основные технические характеристики электрического соединителя, и от его конструкции и качества изготовления зависят надежность и долговечность заявленных потребительских свойств в процессе эксплуатации.

Введение

Изоляторы современных электрических соединителей должны обладать высокой механической и электрической прочностью, большим поверхностным и объемным сопротивлением, минимальным удельным весом и достаточной устойчивостью к воздействию механических, климатических, химических, биологических и электрических факторов, а также к спецфакторам. Кроме того, материалы изоляторов должны быть сравнительно дешевыми, недефицитными, быть высокотехнологичными при переработке, иметь малый разброс усадки и высокую текучесть при прессовании и литье пластмасс, не выделять вредные вещества при переработке, эксплуатации, хранении и утилизации.

Влияние окружающей среды на изоляторы электрических соединителей проявляется в виде негативных последствий воздействия основных внешних факторов.

Действие влаги

Наиболее опасным для изоляторов электрических соединителей является действие влаги, росы и тумана, особенно когда оно сочетается с повышенной температурой. При хорошей смачиваемости материала изолятора на его поверхности образуется устойчивая водная пленка, и вода в силу своих свойств проникает во все поры, капилляры и трещины. В результате ухудшается изоляция изолятора, появляются утечки тока, могут возникать коронные разряды и короткие замыкания.

Обильное поглощение изоляционным материалом влаги (например, пластмассой с наполнителями из древесной муки, бумаги и т. п.) часто приводит к короблению, трещинам, значительному изменению размеров и массы, а иногда и к разрушению изоляторов.

У более водостойких пластмасс с минеральными наполнителями (например, из стекловолокна, молотого кварца и т. п.) происходит, главным образом,

поверхностное поглощение влаги, за счет адсорбции, тогда как у гигроскопичных пластмасс, кроме поверхностного, существует еще и объемное поглощение — так называемая абсорбция. Поэтому у водостойких пластмасс сопротивление изоляции при увлажнении хотя и снижается, но почти всегда не выходит за пределы норм, и, самое главное, его нормальное значение быстро восстанавливается после испарения влаги, чего не бывает у гигроскопичных материалов.

Поскольку влажность в открытой атмосфере может резко и часто изменяться, то вместе с ней будет изменяться и сопротивление изоляции изоляторов.

На рис. 1 показано, в какой степени и с какой скоростью может ухудшаться и восстанавливаться изоляция при различной относительной влажности у водостойких пластмасс (время восстановления изоляции у гигроскопичных материалов будет значительно большим).

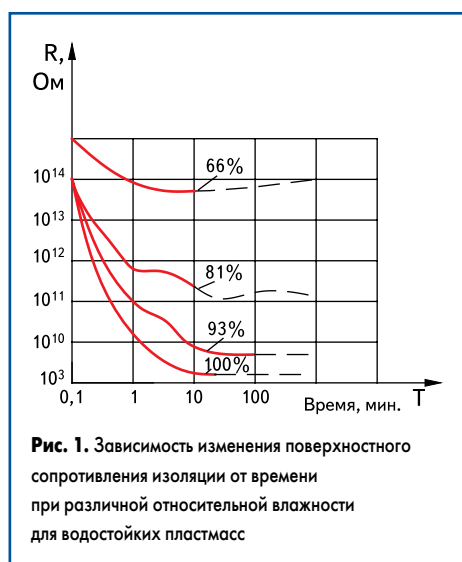


Рис. 1. Зависимость изменения поверхностного сопротивления изоляции от времени при различной относительной влажности для водостойких пластмасс

Однако необходимо иметь в виду, что процессы насыщения и испарения влаги в пластмассах не являются идеально обратимыми. Даже у самых влагостойких пластмасс частая смена сухого нагрева с влажным вызывает процессы ускоренного старения и общее постоянное ухудшение изоляционных свойств.

Осаждаясь на загрязненную поверхность изолятора, вода растворяет находящиеся на ней углекислые, сернокислые и другие соли



Рис. 2. Сопротивление изоляции изолятора с загрязненной (а) и очищенной (б) поверхностями

и во многих случаях становится особенно опасным высококонцентрированным раствором активных химических веществ. Снижение сопротивления изоляции вследствие загрязнения поверхности изолятора можно проследить с помощью графика на рис. 2.

Действие температуры

Источники температуры, влияющие на работоспособность соединителя, могут быть внешними и внутренними. К внешним относятся: атмосфера, солнце и все близлежащие объекты, излучающие тепло. Внутренними источниками могут служить агрегаты и блоки аппаратуры, в составе которой работает соединитель, излучаемое тепло которых превышает собственный нагрев соединителя при его эксплуатации.

Интенсивность влияния температуры атмосферы и солнечной радиации зависит от климатической зоны и от времени года и суток. Скорость изменения температуры, в свою очередь, зависит от теплоемкости и теплопроводности материала соединителя, цвета поверхности и площади облучения.

Периодические многократные воздействия температуры приводят к деформации элементов изолятора, а при тепловой перегрузке — к деформации пластмассы и частичному или полному разрушению изолятора. При длительном нагреве может происходить усыхание различных заливочных и прокладочных материалов (компаундов, резины и т. д.).

При воздействии низких температур у большинства диэлектриков электрические характеристики в основном не ухудшаются, но изменяются механические свойства. Многие материалы становятся хрупкими, что отрицательно сказывается на их стойкости к вибрации и ударам.

Действие биологической среды

Во влажном тропическом климате, а также в средних широтах во влажной среде соединители обычного исполнения быстро выходят из строя из-за поражения их плесенью, микроорганизмами и насекомыми. Это в значительной степени относится и к изоляторам, изготовленным из пластмасс.

Распространение плесени осуществляется спорами, которые вместе с органической пылью легко переносятся ветром на большие расстояния. При благоприятных условиях — высокой влажности (более 85%), температуре в пределах 20...30 °С, неподвижном воздухе и соответствующей питательной среде (в основном это кислород, минеральные соли и органические вещества) плесень очень быстро распространяется, покрывая влажным слоем всю поверхность изолятора и удерживая на ней постоянную водную пленку. Кроме того, в процессе роста плесень выделяет продукты жизнедеятельности — различного вида кислоты (уксусную, лимонную, щавелевую и др.), которые способствуют химическому разложению пластмасс.

Наиболее устойчивы к плесени пластмассы с неорганическими наполнителями — асбестом, кварцевой мукой, полевым шпатом, стекловолокном и др.

Влияние солнечного света, пыли и песка

Действие солнечных лучей на пластмассу особенно сильно проявляется в сухой тропической зоне, где радиация наиболее интенсивна и продолжительна. В результате поглощения в космосе и атмосфере солнечного излучения поверхности Земли достигает не более 45% солнечной энергии с диапазоном волн 0,29–4 мкм, но и этого оказывается достаточно для иницирования химических процессов в пластмассе, приводящих к ее преждевременному старению и разрушению. Так, например, на поверхности резиновых уплотнителей создается корка и появляются трещины под действием озона, который образуется из кислорода воздуха при солнечном облучении; многие пластмассы, лаки, которые применяются для защиты мест подвода литников и зачистки облоя для изоляторов тропического исполнения, и краски обесцвечиваются; у пластмасс происходит изменение физико-химических свойств полимера. Большинство пластмасс под одновременным влиянием солнечного излучения, влаги и ветра подвергаются интенсивному поверхностному окислению, в результате ухудшаются их электрические и прочностные свойства.

Все эти качественные изменения в изоляционных материалах объясняются высоким содержанием в солнечном спектре инфракрасных и ультрафиолетовых излучений.

Пыль и песок также опасны для открытых и слабо защищенных конструкций электрических соединителей. Пыль, как правило, состоит из минеральных и органических частиц, в ее состав также входит ряд водорастворимых солей, главным образом, углекислых, сернокислых, хлористых и других соединений, которые, поглощая влагу из окружающего воздуха, образуют на поверхности изоляторов токопроводящий слой. Вместе с пылью на поверхность соединителей переносятся грибковые споры, которые в пыли находят питательный материал для своего роста.

Кроме того, пыль и песок под действием ветра оказывают абразивный износ поверхностей изолятора, снижая его стойкость к влагонасыщению.

Действие ионизирующих излучений

При использовании электрических соединителей в РЭА, работающей в атомной энергетике, а также в космических аппаратах, они должны обеспечивать надежную работу аппаратуры в условиях ионизирующих излучений.

Таким образом, к рассмотренным нами воздействияющим факторам окружающей среды прибавляется еще и проникающая радиация.

Радиация, которая может влиять на работоспособность соединителей, разделяется на естественную и искусственную. К естественной радиации относятся космическое излучение, корпускулярное и рентгеновское излучение Солнца, а также радиационные пояса Земли. Искусственная радиация имеет место в зонах излучения объектов, использующих атомную энергию, например, на атомных электростанциях, а также в боевой технике с использова-

нием атомного оружия, при взрывах атомных бомб и т. д.

Естественная и искусственная радиация оказывают комплексное воздействие, состоящее из нескольких типов излучений (α -, β -, γ -лучи; рентгеновские лучи и т. д.), которые отличаются между собой энергией, зарядом и спектром.

При действии радиации в материалах может происходить нарушение кристаллической структуры за счет быстрых нейтронов, образование атомов примесей других элементов при воздействии тепловых и медленных нейтронов, ионизация, повышение температуры и т. д. В зависимости от свойств материалов и дозы их облучения эти процессы могут быть как обратимыми, так и необратимыми.

Наиболее подвержены изменениям пластмассы, особенно с органическими наполнителями, многие из них при облучении деформируются и становятся хрупкими. Механическое разрушение таких пластмасс происходит при дозах примерно 10^5 – 10^7 рад. При таких же дозах приходят в негодность синтетическая резина: она теряет пластичность, становится хрупкой.

Натуральная резина более стойкая, она разрушается при облучении, превышающем 10^8 – 10^9 рад. Наиболее устойчивы к радиации керамика, кварц и стекло повышенного качества.

Основные материалы для изоляторов и некоторые особенности их свойств

При производстве электрических соединителей общепромышленного и специального назначения в качестве изоляционных материалов используются пластмассы, керамика, стекло, каучук, резина и др.

Основной конструкционный материал для изоляторов современных высокотехнологичных электрических соединителей — это пластмассы.

Пластмассы, как правило, являются композиционными материалами, произведенными на основе высокомолекулярных органических веществ, которые на определенной стадии технологического процесса приобретают вязкотекучее состояние и могут быть сформированы в изоляторы необходимого вида и размеров. Пластмассы состоят из двух основных компонентов — связующего вещества и наполнителя. В состав для придания необходимого цвета и получения специальных свойств (например, пластичности, химической стойкости и др.) вводятся также соответствующие красители, пластификаторы, антипирены, стабилизаторы и т. п.

В качестве связующего вещества в пластмассах используются различные высокополимерные смолы, а в качестве наполнителей — органические и минеральные вещества, такие как древесная мука, асбест, слюда, кварцевая мука, стекловолокно и др.

Пластмассы могут быть полимерными материалами, то есть состоять только из одного связывающего материала — смолы.

Пластмассы в зависимости от связывающего вещества подразделяются на:

- термопластичные — сохраняющие способность к повторному размягчению и прессованию или литью;
- термореактивные — не подлежащие повторной переработке; после первичного прессования они не плавятся и не растворяются в специальных составах.

Из общего класса пластмасс выделяется отдельная группа пластмасс — инженерные полимерные материалы (ПМ) (точнее, ПМ инженерно-технического назначения). К ним относятся термопластичные, термореактивные и электроизоляционные материалы, которые характеризуются повышенной жесткостью, термостойкостью, высокими электроизоляционными и прочностными свойствами (модуль изгиба — более 3000 МПа, прочность — более 100 МПа, теплостойкость по Вика — до 220 °С) и повышенной размерной точностью изделий из них.

Наибольшее распространение в настоящее время для изготовления изоляторов электрических соединителей получили термопластичные ПМ на основе полиамидов (ПА), полифениленоксида (ПФО), полиэфиров, поликарбоната, полиацетата и полисульфона.

Несмотря на свои относительно высокие технические характеристики чистые полимеры не соответствуют требованиям, которые предъявляются к современным материалам для высокотехнологичных электрических соединителей. К тому же использование некоторых из них (ПА610, ПБТ — полиэтилентерефталат, ПФЛ и др.) ограничено из-за их высокой стоимости. В связи с этим большая часть термопластичных ПМ, используемая в настоящее время, представляет собой полимерные композиционные материалы (ПКМ), в которых полимер выступает в качестве главного компонента композиции.

Основные способы получения ПКМ:

- смешение нескольких полимеров;
- введение в полимер минерального или органического наполнителя;
- модификация полимера с помощью добавок низкомолекулярных веществ.

В зависимости от назначения композиций при их разработке могут быть задействованы один или несколько способов.

Полимерные смеси

Способ получения ПКМ путем смешения нескольких полимеров прост только на первый взгляд. Смешение в расплаве даже весьма близких по строению полимеров не обеспечивает получения термодинамически равновесной системы, то есть раствора одного полимера в другом. Даже при доведении такой смеси до состояния раствора, при ее охлаждении произойдет разделение полимеров на отдельные фазы.

Отсутствие адгезионного взаимодействия между смешиваемыми полимерами снижает прочностные свойства модифицируемого полимера.

Решение проблемы совмещения разнородных полимеров может быть найдено с помощью эффективных агентов совмещения.

Введение в полимер наполнителей

Другим способом получения ПКМ является введение в полимер усиливающих наполнителей, таких как стеклянное или углеродное волокно, тальк, слюда, каолин и др. Волокнистые наполнители усиливают полимер за счет реализации доли прочности самого наполнителя. Значительную роль при этом играет длина волокон наполнителя. На практике установлено, что активное усиливающее действие стеклянного волокна проявляется при его длине 200–300 мкм.

В большинстве случаев простое смешение полимера с наполнителем не дает ожидаемого повышения прочности, что объясняется различием природы полимера и наполнителя и, в частности, разницей их поверхностных энергий, коэффициентов теплового расширения, твердости и других показателей. Кроме того, вместо усиливающего действия такой наполнитель может ослабить полимер из-за образования на границе с наполнителем центров, в которых при нагружении ПКМ зарождаются трещины.

В связи с этим одним из важнейших условий усиливающего действия наполнителя в ПКМ является его высокая адгезия с полимерной матрицей. Один из способов повышения адгезионной прочности системы «полимер – наполнитель» — обработка поверхности наполнителя специальными веществами, так называемыми аппретами. Этот способ активации наполнителя применяется в основном для обработки стеклянных волокон в процессе их получения и является наиболее эффективным способом.

Испытания свидетельствуют о значительном повышении теплостойкости и прочностных характеристик полимеров, наполненных рубленым стекловолокном. Они становятся менее чувствительными к ударным нагрузкам и поверхностному износу. Армирование полимеров стекловолокном повышает как их стойкость к ползучести под действием длительных статических нагрузок, так и их модуль упругости и твердость, а также улучшает способность изоляторов сопротивляться деформированию, усталостному износу и разрушению при циклических нагрузках.

Все эти достоинства стеклонаполненных полимеров делают их незаменимыми при изготовлении изоляторов высокотехнологичных электрических соединителей, работающих в условиях повышенных температур, знакопеременных механических нагрузок и там, где требуется повышенная жесткость и стойкость к ударам.

При более мягких условиях эксплуатации соединителей альтернативой волокнистым наполнителям, при производстве инженерных пластиков, становятся усиливающие дисперсные наполнители (они значительно дешевле волокнистых), в качестве которых, как правило, используются тальк и слюда. Асимметрия размеров их частиц (частицы талька имеют пластинчатую форму, а частицы слюды — чешуйчатую) намного меньше, чем у волокнистых наполнителей, и поэтому механизм упругости полимеров имеет несколько иной характер и проявляется в меньшей степени.

Волокнистые наполнители усиливают полимерную композицию за счет реализации доли своей прочности, а дисперсные способны повысить прочностные характеристики ПМ за счет формирования в нем определенных специфических структур. При большом содержании дисперсного наполнителя его частицы формируют непрерывную коагуляционную структуру, а макромолекулы полимера, ориентированные на поверхности частиц наполнителя и образующие поверхностный слой с измененными свойствами, — вторичную структуру.

Чем больше наполнителя в полимере, чем выше его дисперсность и асимметрия его частиц, тем в большей степени проявляются положительные эффекты наполнения: увеличивается жесткость, изотропность физико-механических свойств и усадки ПМ, его поверхностная твердость, размерная стабильность изоляторов, изготовленных из него, при работе их в условиях повышенных температур, а также их теплостойкость.

Максимальное содержание дисперсного наполнителя в полимере в значительной степени определяется показателем текучести расплава композиции, характеризующим способность наполненной композиции перерабатываться в конкретный тип изолятора тем или иным способом. Чаще всего верхний предел наполнения полимеров дисперсными наполнителями не превышает 40% массы полимеров.

Модификация полимера с помощью низкомолекулярных веществ

Как мы уже отмечали, одним из способов создания ПКМ является введение в полимер низкомолекулярных веществ, так называемых аддитивов, с целью придания ему требуемых технологических и эксплуатационных свойств. Примером такой модификации может служить повышение термостабильности полимерной композиции путем введения в нее дополнительных термостабилизаторов.

Полимерная композиция, прежде чем превратиться в изолятор соединителя, претерпевает двух-трехкратное термическое воздействие, связанное с переходом из твердого состояния в жидко-текучее и наоборот (приготовление полимера, композиции, литье деталей). Кроме того, многие электрические соединители в процессе длительной эксплуатации подвергаются воздействию высоких температур, что также приводит к старению полимера, повышению его хрупкости и снижению прочности за счет образования микротрещин в зоне концентрации напряжений. В зависимости от того, что является причиной старения полимерной композиции, подбирается и соответствующая рецептура термостабилизаторов. Это может быть первичный антиоксидант или структура из первичного и вторичного антиоксидантов, составленная в определенном соотношении. Аналогичным образом необходимо поступить и при необходимости предотвращения фотоокислительной деструкции полимерных композиций, эксплуатируемых в условиях интенсивного воздействия солнечной радиации.

Перечень применяемых в настоящее время аддитивов достаточно широк. Это и антистатик, снижающие способность полимерных композиций накапливать статическое электричество, и лубриканты, облегчающие процесс переработки пластмасс в изоляторы соединителей, и диспергаторы, улучшающие распределение наполнителей в полимере, и регуляторы кристаллических структур, снижающие коробление тонкостенных изоляторов, повышающие теплостойкость полимера, его прозрачность, и др.

Однако введение всех этих добавок на стадии производства полимерных композиций не всегда бывает оправдано. Часто требуемое количество ПКМ со специальными свойствами настолько мало, что его промышленный выпуск становится экономически невыгоден. Введение же в полимерную композицию аддитива в чистом виде, на стадии литья или пресования изоляторов, не дает ожидаемых результатов из-за его неравномерного распределения. Эта проблема еще больше усложняется, если температура плавления аддитива ниже температуры переработки полимерной композиции. В связи с этим более рационально вводить требуемые аддитивы в полимер в виде их концентратов.

В данном случае концентраты аддитивов должны выполнять функции вспомогательных материалов ПКМ, в которых аддитивы выступают в роли наполнителя. Аддитив в концентрате должен быть хорошо диспергирован и смочен полимером. Обязательным условием качественного смешения концентрата с полимерной композицией, которую он модифицирует, является идентичность их полимерных матриц, и желательно, чтобы индекс показателя расплава концентрата был выше показателя индекса расплава композиции.

В настоящее время широкое применение нашли концентраты не только аддитивов, но и концентраты антипиренов, морозостойких и других добавок. Кроме того, под конкретный заказ можно приобрести комплексные концентраты, включающие одновременно весь набор необходимых добавок. Примером может служить комплексный концентрат, содержащий помимо двуокиси титана (в качестве пигмента) термостабилизатор и морозостойкую добавку.

Таким образом, с помощью комплексных концентратов производитель электрических соединителей может самостоятельно получать ПКМ с необходимыми конструкционными и технологическими свойствами для литья изоляторов.

Особенности литья под давлением

Необходимыми условиями получения качественных изоляторов и ПМ методом литья под давлением являются:

- грамотно спроектированная и качественно изготовленная оснастка;
- правильно установленные режимы литья, то есть режимы, обеспечивающие при максимальной производительности процесса необходимое качество изоляторов;

- соблюдение требований подготовки материалов к переработке (режимов сушки материалов от конденсационной и адсорбционной влаги) и обеспечение заданных параметров материала в процессе переработки (поддержание заданных параметров влажности и температуры);
- проведение необходимых технологических операций с деталями после литья (удаление литников, зачистки облоя, проведение необходимых технологических переходов по механической доработке, термообработке, термостабилизации и др.).

Важно не только правильно устанавливать рекомендуемые режимы переработки, но еще важнее их осмысленно корректировать с учетом понимания механики процессов, происходящих при литье пластмассовых изоляторов.

Как мы уже отмечали, в любом ПКМ на границе «полимер – наполнитель» существует определенный слой полимера с пониженной подвижностью молекул. Поэтому любой наполненный полимер представляет собой трехкомпонентную систему: полимерная матрица – граничный с наполнителем слой полимера – сам наполнитель. Поскольку все наиболее распространенные для литья изоляторов полимеры являются кристаллизующимися, то основные структурные изменения при литье будет претерпевать полимерная матрица, то есть часть полимера, свободная от влияния наполнителя. Поэтому от ее поведения при литье и от ее структуры в первую очередь будет зависеть качество формируемых изоляторов. Конечную структуру полимера, а значит, и свойства готового изолятора определяют ориентационные и кристаллизационные процессы, происходящие при формировании изолятора.

Ориентационные процессы связаны с ориентацией макромолекул полимера вдоль потока течения расплава и с их ориентацией в поперечном направлении, за счет разбухания полимера при выходе из сопла термопласт-автомата и литниковой системы литьевой формы. Разные условия ориентации определяют и иную размерную усадку изолятора в продольном и поперечном направлении, которую необходимо учитывать при расчете исполнительных элементов оснастки.

Кристаллизационные процессы в отливаемом изоляторе протекают вследствие охлаждения полимера, при его заполнении и выдержке под давлением в форме.

От этих процессов в значительной степени зависит литьевая усадка полимерного материала и точность размеров формируемых изоляторов.

Ориентационные процессы в значительной степени зависят от природы полимера, геометрии формируемого изолятора, конструкции литьевой формы, давления и скорости впрыска. Анизотропия свойств готового изолятора зависит от того, в какой степени проявляется при литье каждый из этих процессов. Чем больше анизотропия свойств, тем больше остаточные ориентационные напряжения, приводящие к короблению и растрескиванию изоляторов, нестабильности их размеров.

Охлаждение материала в форме протекает неравномерно. Первыми охлаждаются слои материала, непосредственно контактирующие с оформляющими поверхностями литьевой формы, а после извлечения из нее изолятора — с воздухом. Слои материала изолятора, лежащие в глубине от поверхности, из-за низкой теплопроводности ПМ охлаждаются значительно медленнее. В результате этого процесс усадки ПМ в изоляторах протекает также неравномерно — от центра к поверхности. Неравномерность охлаждения ПМ по толщине изолятора формирует в нем разнородную по плотности и природе структуру, близкую к аморфной — на поверхности, и высококристаллическую — в центре. Последствия этих негативных процессов — остаточные термические напряжения, которые приводят, как и в случае ориентированной анизотропии, к возможному короблению и растрескиванию изоляторов, а в местах изоляторов, где имеются толстостенные элементы, — к возникновению усадочных раковин. Наличие в материале наполнителя, с одной стороны, уменьшает эти напряжения за счет уменьшения в нем доли полимера, а с другой — инициирует их возникновение из-за разности коэффициентов термического расширения и теплопроводности полимера и наполнителя.

Величина остаточных напряжений в отлитом изоляторе зависит и от скорости протекания релаксационных процессов в полимере. Быстрое охлаждение материала снижает скорость релаксационных процессов, что приводит к «замораживанию» остаточных напряжений. Их релаксация может протекать в процессе хранения и эксплуатации соединителей и сопровождаться дальнейшей усадкой и короблением изоляторов. Это явление очень опасно, так как может привести к ухудшению технического уровня показателей соединителя (к изменению шага между контактами, деформации контактов и снижению усилий закрепления контактов в изоляторе, к снижению электропрочности соединителя в случае растрескивания изолятора и др.), к снижению его надежности и, в конечном счете, к возникновению отказов, приводящих к невозможности его дальнейшего использования.

Для снижения или полного исключения остаточных напряжений и достижения изотропии свойств применяется термическая обработка изоляторов. Такую обработку целесообразно проводить после литья и проведения всех операций механической доработки (удаления литников, зачистки облоя и проведения других необходимых переходов по механической доработке). В процессе термической обработки изоляторы нагреваются в инертной среде с определенной скоростью до заданной температуры, выдерживаются при этой температуре и затем охлаждаются, также с заданной скоростью. Скорость нагрева, величина температуры, время выдержки при заданной температуре и скорость охлаждения зависят от материала изолятора, его массы, конструкции и во многом — от технологических режимов его литья.

Установить оптимальные режимы термообработки расчетным путем не всегда возможно,

из-за очень большого количества переменных факторов, влияющих на данный процесс. Чаще на практике режимы термообработки конкретных изоляторов приходится устанавливать опытно-экспериментальным путем, с проведением проверочных испытаний на отсутствие остаточных напряжений.

Таким образом, литье изоляторов из материалов на основе кристаллизирующихся полимеров практически всегда приводит к неравномерной усадке и, как следствие, к остаточным внутренним напряжениям. Для уменьшения величины усадки и ее неравномерности необходимо использовать следующие приемы:

- Повышать температуру литьевой формы, что облегчает заполнение формы при впрыске расплава ПМ и замедляет его охлаждение в форме.
- Увеличивать время выдержки под давлением, для обеспечения подпитки полости формы расплавом вплоть до затвердения литника.
- Устанавливать максимально возможное время охлаждения изоляторов в форме, согласующееся с необходимой производительностью литья.

Важным фактором, влияющим на качество отливаемых изоляторов, является и такой технологический параметр, как температура расплава. Этот интервал ограничивается, с одной стороны, нижним пределом термической стабильности ПМ, а с другой — текучестью расплава. В зависимости от установленной температуры для конкретного ПМ и, соответственно, его вязкостных характеристик выбирается оптимальное давление литья.

Заключение

Производство изоляторов высокого качества предусматривает выполнение целого ряда требований и условий. Приведем основные из них:

- применение соответствующих материалов с учетом конкретных условий эксплуатации;
- разработка оптимальной конструкции изолятора под конкретный тип соединителя;
- проектирование и изготовление оснастки, позволяющей обеспечить размерные требования и условия терморегуляции в процессе литья;
- разработка оптимальных технологических режимов подготовки материалов, литья, механической обработки и термостабилизации.

Выполнение этих требований — обязательное, но недостаточное условие получения изоляторов с заявленными техническими параметрами в течение длительного периода. Для обеспечения стабильного качества в условиях массового производства необходимо дополнительно создать эффективную систему постоянного контроля и анализа производственного процесса, осуществляющую корректирующие воздействия по предотвращению и устранению несоответствий. Такой системой может стать система менеджмента качества предприятия.

1. Аскадский А. А., Матвеев Ю. И. Химическое строение и физические свойства полимеров. М.: Химия, 1983.
2. Калинин Э. Л., Саковцева М. Б. Свойства и переработка термопластов. Л.: Химия, 1983.
3. Айзинсон И. А., Восторгов Б. Е., Кацевман М. Л. и др. Основные направления развития композиционных термопластичных материалов. М.: Химия, 1988.
4. Песецкий С. С., Александрова О. Н. Полимерные композиты-90. Л.: Химия, 1990.
5. Штучный Б. П. Механическая обработка пластмасс. М.: Машиностроение, 1987.
6. Сафонов Л., Сафонов А. Электрические прямоугольные соединители. Рекомендации по практическому применению в РЭА // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 5.
7. Сафонов Л., Сафонов А. Электрические прямоугольные соединители. Анализ физических процессов, происходящих в контактах // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 6.
8. Сафонов Л., Сафонов А. Электрические прямоугольные соединители. Электролитическое получение серебряных и золотых покрытий повышенной твердости и износостойчивости // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 7.
9. Сафонов Л., Сафонов А. Электрические прямоугольные соединители. Обеспечение эффективности экранирования за счет применения металлизированных пластмассовых корпусов // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 8.
10. Сафонов Л., Сафонов А. Электрические прямоугольные соединители. Основные принципы системы менеджмента качества предприятия, выпускающего радиоэлектронные компоненты // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 1.
11. Сафонов Л., Сафонов А. Электрические прямоугольные соединители. Оптимизация тепловых режимов работы электрических соединителей // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 2.
12. Сафонов Л., Сафонов А. Электрические прямоугольные соединители. Трение и износ в контактных парах электрических соединителей // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 3.
13. Сафонов Л., Сафонов А. Электрические прямоугольные соединители. Основные аспекты теории неподвижного электрического контакта // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 4.
14. Сафонов Л., Сафонов А. Прямоугольные электрические соединители. Пленки на электрических контактах // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 5.
15. Сафонов Л., Сафонов А. Прямоугольные электрические соединители. Расчет контактов электрических соединителей на износ // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 8.