

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

С.В. Горелов, В.П. Прохоров

Развитие сельского хозяйства в России предусматривает широкое использование стойких к агрессивной среде материалов, в том числе резистивных композиционных полимерных материалов. В процессе эксплуатации сельских электрических сетей широко использовались резисторы, заземлители, линейные электроизоляционные конструкции на основе силикатных связок, например, электропроводного бетона – бетэла. Водостойкость таких изделий повышается при использовании в составе бетэла латексов с эмульгатором. Расширение областей применения бетэла привело к необходимости разработки новых резистивных композиционных материалов (РКМ) с повышенной водо- и химостойкостью с приемлемыми физико-механическими характеристиками [1-3].

Выбор полимерного связующего для создания РКМ с необходимыми эксплуатационными характеристиками определяется возможностью реализации их при комбинировании связующего с армирующими наполнителями, возможностью создания эффективной технологии. К связующим предъявляется ряд специальных требований: стабильность характеристик в заданном температурном интервале, негорючесть, не токсичность, водо- и химостойкость и т. д.

В качестве связующих составляющих в электропроводных полимерных РКМ широко применяются органические материалы – синтетические смолы и каучуки. Наиболее часто используются эпоксидные, кремнийорганические, полиэфирные и фенолформальдегидные термореактивные смолы.

Широкое применение в качестве полимерных связок получили высокотемпературные синтетические каучуки. Повышенной теплостойкостью обладают силоксановые фторкаучуки. Экспериментально установлено, что при одинаковом содержании технического углерода меньшим электрическим сопротивлением обладают РКМ на основе полимеров, имеющие высокоупорядоченные надмолекулярные образования. Более стабильные электрофизические характеристики имеют резины на основе смесей кристаллизирующихся и аморфных каучуков, чем электропроводные

резины на основе каждого из каучуков в отдельности.

Из выпускаемых промышленностью синтетических каучуков лучшими теплофизическими характеристиками обладают силоксановые и фторкаучуки, например СКТ и СКТФ. К наиболее теплостойким каучукам общего назначения относится этиленпропиленовые каучуки и бутилкаучук. Этиленпропиленовые каучуки (СКЭП и СКЭПТ) широко применяются в резинотехнической промышленности.

К положительным свойствам резин на основе кремнийорганических каучуков, кроме высокой нагревостойкости и морозостойкости, следует отнести также высокую озоностойкость, малое влагопоглощение, нераспространение горения, незначительное изменение физико-механических и электроизоляционных свойств в широком диапазоне температур.

Из многочисленного класса фторсодержащих каучуков наибольшее применение находят:

- а) сополимеры трифторхлорэтилена и винилиденфторида;
- б) сополимеры гексафторпропилена и винилиденфторида;
- в) фторсилоксановые каучуки.

Полная насыщенность фторсодержащих каучуков обуславливает их химическую стойкость по отношению к кислороду, озону и другим химически активным веществам. Резины с фторсодержащим каучуком, так же как и в случае кремнийорганических резин, являются системами, состоящими из каучука, вулканизирующего вещества, активатора и наполнителя. Благодаря высокой температуростойкости, резины на основе фторсодержащих каучуков пригодны для длительной работы при высокой температуре.

Наряду с фторсодержащими каучуками в последнее время находят применение политетрафторэтилен - фторопласт-4, сополимеры тетрафторэтилена с гексафторпропиленом. Фторопласты обладают высокой химической активностью, термо-, морозо-, и атмосферостойкостью, комплексом повышенных физических свойств и негорючестью. Политетрафторэтилен – ПТФЭ не выдерживает только дейст-

вия газообразных хлора или фтора при повышенных температурах и давлениях и расплавленных щелочных металлов. Являясь термически стойким полимером ПТФЭ имеет незначительные потери массы при высокой температуре. Кремнийорганические полимерные продукты – силиконы широко применяются в различных отраслях промышленности.

Проводимые нами исследования фторопласта, наполненного графитом, стекловолокном, дисперсными и ультрадисперсными железом и бронзой, позволяют прогнозировать получение новых РКМ с требуемыми электро- и теплофизическими характеристиками. Поисковые исследования показали на перспективность применения в качестве связки и защитных покрытий кремнийорганических полимерных продуктов – силиконов.

Силиконы инертны по отношению к различным материалам и образуют на них коррозийностойкие и атмосферостойкие покрытия при высоких электроизоляционных характеристиках. Основу полиорганосилоксанов составляет цепь чередующихся атомов кремния и кислорода. При этом свободные связи кремния заполнены органическими радикалами, гидросильными группами или атомами водорода.

Широкое применение силиконовых эмалей в электротехнике объясняется комплексом защитных свойств: высокой адгезией, стойкостью к ударным нагрузкам, необходимыми электрофизическими характеристиками.

В настоящее время, как в России, так и за рубежом, несмотря на выдающиеся успехи химии фторполимеров, ведущей тенденцией в области полимерного материаловедения является разработка и изучение наполненных композиций на основе фторопласта-4 (Ф-4). Это связано с необходимостью улучшения целого ряда эксплуатационных свойств, таких как износостойкость, механическая прочность и жёсткость, которые у наполненных фторопластов ниже.

Проблема наполнения Ф-4 имеет экономический аспект: (20...30)% дорогостоящего полимера дешёвым минеральным сырьём и применение энергосберегающих технологий. Поэтому, в связи с возрастающей потребностью современной техники, доля наполненных фторполимеров в общем объёме их производства постоянно возрастает. Так, в развитых капиталистических странах, она уже достигла 30% от общего объёма фторопластов.

Оптимальный комплекс свойств наполненных фторполимеров определяется: а) выбором наполнителя по дисперсности, тополо-

гия его поверхности, соотношению наполнителя и полимера; б) технологией смешения наполнителя с полимером; в) технологией переработки полученной композиции в изделие.

Создание наполненных композиционных материалов на основе Ф-4 позволило решить ряд научно-технических проблем, связанных с разработкой узлов трения, работающих без смазки, в условиях агрессивных сред, глубокого вакуума, в широком интервале температур от -260 до +260 °С. Использование узлов и деталей из наполненных фторопластов в различных машинах и приборах дало возможность значительно повысить классность этих устройств, работающих в экстремальных условиях.

В тоже время необходимо отметить, что некоторые свойства политетрафторэтилена (ПТФЭ) при введении наполнителей ухудшаются, так как между основой наполненного материала и наполнителем не существует адгезийной связки. Введение наполнителей независимо от их природы снижает прочность при растяжении на (0,5...0,6) МПа на каждый процент объёмной доли наполнителя. Ещё большее падение претерпевает относительное удлинение при разрыве. Практически установлено, чтобы сохранить (60...70) % прочности и около 50% относительного удлинения ПТФЭ, объёмная доля введённых наполнителей должна составлять не более 20%. Как показали исследования, наиболее подходящими являются наполнители в виде порошков со средним размером частиц (20...30) мкм.

В качестве наполнителя чаще всего используется стеклянное волокно, асбест, бронза, свинец, кварц, дисульфид молибдена, графит. Наполнителями для фторопластовых композиций могут быть также слюда, коксовая мука, каолин, цемент, андезит, нитрид бора, сульфат бария, стеклянная мука и др. Основным требованием, которому должен удовлетворять наполнитель, является способность выдерживать нагрев до температуры 390 °С, при которой происходит спекание изделий из ПТФЭ.

Технический углерод обычно применяется в виде различных коксов: беззольного или связанных добавкой пека или битума. Весьма эффективны молотые коксы электродного пекового, литейного и доменного типов с высоким содержанием золы.

В качестве наполнителя используют также графит самостоятельно или как добавку к другому наполнителю, в основном к стекловолокну или коксу в количестве до 5 %.

Следует учесть, что сам ПТФЭ имеет более низкий коэффициент трения, чем графит, поэтому последний не улучшает антифрикционных свойств композиции. Кроме того, графит не может работать на трение при полном отсутствии влаги, он не пригоден для работы в вакууме или сухих газах.

Сравнительно новым, весьма перспективным наполнителем для ПТФЭ являются углеродные волокна, которые обладают более низким коэффициентом трения, высокой прочностью и теплостойкостью, химической инертностью, хорошими тепло- и электропроводностью. Особенно эффективными оказались низкомолекулярные марки углеродистых волокон типа УТ-8, грален, углен и др.

Наполненные композиции перерабатываются в изделие теми же способами, что Ф-4 (экструзией, прессованием с последующим спеканием и механической обработкой).

Процесс экструзии фторопласта-4 коренным образом отличается от процесса переработки на червячных прессах, который приводит к значительным сдвиговым напряжениям и анизотропии свойств в готовых изделиях. Длинномерные профильные изделия из Ф-4 получают плунжерной экструзией, при которой усилие, создаваемое прессующим пуансоном затрачивается на преодоление сил трения столба материала о стенки матрицы, камеры спекания и дорна. При этом коэффициент трения изменяется по длине матрицы и дорна в зависимости от агрегатного состояния материала, так как коэффициент трения порошка о стенки матрицы составляет 0,1, а коэффициент трения расплава о стенки камеры спекания – около 0,4.

При изготовлении стержней диаметром более 30 мм сила трения оказывается недостаточной для обеспечения необходимого давления прессования (25...35) МПа, поэтому на выходе изделия из камеры спекания устанавливают дополнительные тормозные устройства в виде втулки, размер которой отличается от размера камеры спекания на 11,5 %.

Следует отметить, что в процессе плунжерной экструзии происходит ориентация частиц материала в плоскости перпендикулярной направлению прессования. Высокая степень ориентации материала препятствует сплавлению отдельных порций между собой в сплошной монолит, что приводит к значительному ослаблению, а в некоторых случаях и к разрыву экструдата по границам прессуемых порций.

Следует также отметить, что сельское хозяйство в России связано со строительством

специализированных теплиц, предусматривающих покрытие полиэтиленовой плёнкой. Поэтому актуальной является задача создания полимерных наполненных покрытий с повышенными теплосберегающими свойствами.

Из решения задачи теплового состояния теплицы с использованием прозрачного плёночного покрытия следует, что потери тепла в холодное время суток происходят за счёт конвективной и радиационной составляющих, при этом их величины примерно равны.

Снижение тепловых потерь в таких теплицах возможно уменьшением доли радиационного потока тепла испускаемого грунтом и проходящего через покрытие. Для этого необходимо придать плёночному покрытию специальные свойства (оптические свойства). Излучение, испускаемое защищенным грунтом, находится в диапазоне длин волны 5-15 мкм. Придание пленочному покрытию в этом диапазоне повышенного отражения и поглощения с сохранением требуемой прозрачности в солнечном участке спектра, позволяет снизить долю теплового излучения, покидающего теплицу, сохранить солнечным режим в теплице и повысить температуру грунта в холодное время суток. Для этого в поливинилхлоридное покрытие вводится диспертированное вещество с определенными концентрацией и функцией распределения частиц по размерам. Такой композиционный материал был получен по методу каландрирования с введением вещества в полимерную массу на стадии ее подготовки. Оптические свойства полученного покрытия в определенной мере удовлетворяют требуемым свойствам. Была выпущена опытная партия такого покрытия и начаты лабораторные и натурные эксперименты по исследованию оптических и теплосберегающих характеристик, а также свойств, влияющих на рост растений в натуральных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Горелов С.В. Электронагреватели на основе силикатных связок для агропромышленных и других объектов: Дис... канд. техн. наук: 05.20.02; 05.143.12. - 181с.
2. Горелов В.П. Низкотемпературные нагреватели из композиционных материалов в промышленности и быту. - М.: Энергоатомиздат, 1995.- 208с.
3. Контактные устройства резисторов из композиционных материалов Л.И. Суругин, С.В. Горелов, В.П. Прохоров и др.; Под ред. В.П. Горелова. - Новосибирск: Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2002.-236с.