

На основании исследования можно сделать вывод о том, что в целях снижения опасности ПВХ – материалов, связанной с выделением токсичных газообразных продуктов, в них следует вводить мочевины, фенолформальдегидную смолу, борную кислоту, оксид сурьмы и одновременно заменять пластификатор (диоктилфталат на трифенилфосфат). Производство ПВХ материалов с указанными добавками позволит значительно сократить количество токсичных веществ и дыма от них в случае пожара как на производстве, так и в дальнейшем на объектах, где эти материалы используются для отделки и т. п.

УДК 621.891:621.921.8

КОМБИНИРОВАННЫЕ АНТИФРИКЦИОННЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ РТИ

А. Н. ПОПОВ, М. А. ЯРМОЛЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта

Резинотехнические изделия (РТИ) широко применяются в качестве уплотняющих элементов в различных механизмах и узлах благодаря своим уникальным физико-механическим свойствам. Качество эластомера, ресурс его работоспособности в значительной мере определяют надежность и долговечность работы многих технических устройств. Однако в условиях действия статических или переменных механических напряжений, активной среды (масла, топлива), высоких температур эластомерные уплотнения теряют свои свойства, происходит интенсивное разрушение поверхностных и объемных слоев. В настоящее время основным технологическим приемом повышения функциональных свойств резин, применяемых в запорной аппаратуре, является их объемная модификация. Однако из-за комплексного действия наполнителя на физико-химические характеристики резин не всегда, например, удается повысить износостойкость РТИ и сохранить при этом хорошие эластичность, механическую прочность, стойкость к действию агрессивных сред. Более перспективной и достаточно эффективной является технология поверхностного модифицирования резин, заключающаяся в физико-химической обработке поверхностных слоев или нанесении на их поверхность покрытий из другого материала. Кроме этого при нанесении покрытий представляется возможным значительно снизить диффузионную проницаемость поверхностных слоев и, соответственно, повысить стойкость резин к старению, расширить диапазон рабочих температур. Особое место среди методов поверхностного модифицирования эластомерных уплотнений занимают методы плазмохимического модифицирования, в частности, обработка РТИ в среде полимеризующихся газов. Данная технология в сравнении с другими известными обладает рядом преимуществ: возможностью нанесения композиционных полимерных покрытий без применения органических растворителей и термообработки при высоких температурах, которые изменяют исходное состояние резин; возможность модифицирования резин различной формы и находящихся в сложном напряженно-деформированном состоянии; технологическая простота процесса. Однако, как показала практика, полимерные покрытия, формируемые на РТИ, быстро изнашиваются при высоких контактных нагрузках и скоростях истирания. В работе для повышения эффективности плазмохимического модифицирования РТИ предлагается осуществлять плазменную активационную обработку продуктов электронно-лучевого диспергирования (ПЭЛД) в процессе формирования полимерных покрытий и наносить углеродные слои (УС).

Целью работы являлось исследование структуры и физико-механических свойств покрытий различной конструкции, формируемых на эластомерных подложках при различных режимах и условиях осаждения. Полимерные покрытия формировали из газовой фазы, генерируемой электронно-лучевым диспергированием исходного полимера или смеси исходных полимеров. В качестве исходных полимерных материалов использовали полиуретан (ПУ), политетрафторэтилен (ПТФЭ), полиэтилен высокого давления (ПЭВД). Толщина композиционного составляла $\approx 0,5$ мкм. Углеродные покрытия наносили методом импульсно-дугового испарения. Толщина покрытий составляла $\approx 0,3$ мкм. Триботехнические испытания проводили по схеме сфера ($R = 3$ мм) – плоскость на возвратно-поступательном трибометре при нагрузках 0,4–2 Н, скорости истирания $3,4 \cdot 10^{-2}$ м/с.

В представленной работе исследованы структура и свойства полимерных покрытий, формируемых плазменно активированными ПЭЛД, и показано, что наиболее высокими триботехническими и защитными свойствами обладают покрытия ПУ. Плазменная обработка ПЭЛД ПУ интенсифицирует химические реакции с участием углеводородных фрагментов макромолекул ПУ (сшивки) в газовой фазе, значительно повышает степень самоассоциации уретановых фрагментов. Покрытия ПУ,

осаждаемые в условиях горения разряда в ПЭЛД, на РТИ характеризуются высокими защитными и триботехническими свойствами. При истирании резин, модифицированными данными покрытиями, при нагрузке 0,4 Н на поверхности трения с помощью растровой электронной микроскопии следы износа обнаружить не удалось. Однако данные покрытия характеризуются высокими значениями коэффициента трения при истирании ($f > 1$). Необходимо отметить, что при истирании немодифицированной резины при данной нагрузке с первых минут истирания наблюдается интенсивное разрушение эластомера в зоне трения.

Значительно расширить нагрузочно-скоростной диапазон применения модифицированных эластомеров позволяет нанесение на предварительно сформированные полимерные покрытия углеродных слоев. Нанесение двухслойных покрытий ПУ – УС позволяет решить сложную задачу: реализацию высоких защитных и триботехнических свойств модифицированных РТИ при высоких контактных нагрузках (при данной схеме испытания до 2 Н, при этом $f < 0,5$). Углеродное покрытие, значительно снижая величину коэффициента трения более чем в 5 раз, при истирании интенсивно растрескивается. Полимерный слой, защищая эластомер от контакта со смазкой, за счет высокой поверхностной энергии препятствует выносу углеродного покрытия из зоны трения. В процессе истирания в зоне трения формируется комбинированное полимер-углеродное покрытие, характеризующееся высокой износостойкостью.

Показано, что наиболее низкие значения коэффициента трения достигаются при нанесении двухслойного покрытия, состоящего из последовательно нанесенных слоев полимерного композита на основе ПУ и УС, нанесенного в среде азота. Такие покрытия защищают РТИ от набухания, имеют малый коэффициент трения и меньший износ. По результатам исследований разработан технологический процесс модифицирования рабочих поверхностей резинотехнических изделий триботехнического назначения двухслойными вакуумными покрытиями на основе углерода и полимерных материалов. Покрытия такого типа рекомендуется применять для РТИ, работающих в узлах трения при недостаточной смазке.

УДК 624.12.45/46

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ РАСЧЕТ СРОКА СЛУЖБЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. В. ПРАСОЛ

Белорусский государственный университет транспорта

До сих пор расчет долговечности железобетонных конструкций базировался на принципах допустимого предела, например минимального защитного слоя, максимального отношения воды/вяжущего, минимального содержания цемента и ограничения раскрытия трещин. Для бетонных конструкций этот принцип включает приемлемо длинный, но не указанный срок службы.

Новый подход предлагает две различные стратегии:

А. Избежать разрушения конструкции согласно типу и агрессивности окружающей среды.

В. Выбрать оптимальный состав материалов и детализацию конструкции для сопротивления угрозе разрушения конструкции в течение указанного периода эксплуатации.

Стратегия А не может рассмотреть механизм деградации, но базируется на общих принципах защиты. Стратегию А можно разделить на три варианта:

А1. Изменение микросреды (например: мембраны, покрытия арматуры);

А2. Выбор инертных материалов (высокопрочная сталь, покрытия арматуры);

А3. Предотвращение реакций (например: катодная защита, предотвращение воздействия отрицательных температур).

Стратегия В минимизирует деградацию в соответствии с оптимальным проектированием и выбором материалов и базируется на реалистическом и достаточно точном определении внешних воздействий в зависимости от рассматриваемого типа деградации, параметров материалов для бетона и арматуры, моделях вычислений для механизма деградации.

Такой подход позволяет уточнить срок службы, полученный фактическими результатами испытаний и измерениями в течение срока службы конструкции. В этом случае осмотры и испытания бетонных конструкций мостов будут играть важную роль в расчете срока службы.

Методология базируется на достаточно реалистичных материальных моделях, которые позволяют предсказать будущее поведение железобетонной конструкции. Расчеты предпочтительно делать