

СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ РЕАКТОПЛАСТОВ

Е.Ф. Кудина

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»,

Гомель, Беларусь

Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси», Гомель, Беларусь

E-mail: kudina_mpri@tut.by

Развитие современной техники предъявляет повышенные требования к физико-химическим и механическим свойствам композиционных материалов, обеспечивающих их устойчивость к различным температурам, влажности и агрессивным средам, а также прочности и пластичности, совокупность которых определяет эффективность использования материалов на их основе в конструкциях. Широкое применение эпоксидных смол в качестве органического связующего обусловлено их высокими физико-механическими свойствами. Однако при этом эпоксидные смолы относительно хрупки, склонны к растрескиванию и недостаточно прочны при ударе.

Одним из направлений решения данных проблем может быть:

1 – обеспечение эластичности композиционных материалов на основе эпоксидных смол введением органических компонентов и получения многокомпонентной комбинированной матрицы;

2 – повышение прочности материалов введением в их состав минеральных наполнителей.

Функционализация эпоксидной смолы (ЭС) снижает хрупкость связующего и обеспечивает эластичные свойства [1, 2]. Введенные минеральные добавки эффективно воздействуют на структурные параметры исходных и функционализированных эпоксидных смол [2, 3]. Функционализирующими реагентами являлись фенолоформальдегидная резольная смола (ФФС) и бинарный феноло-каучуковый компонент (ФФС/каучук – ФФСК), который представляет раствор каучука и модифицированной фенолоформальдегидной смолы в органическом растворителе. В качестве наполнителей ЭС и комбинированных органических матриц применяли высокодисперсные силикатсодержащие продукты (шунгит, ценосферы и синтезированный железосодержащий гибридный наполнитель на основе эпоксидносилкатной матрицы (эпоксисиликат железа)) [4].

Получены составы композиционных материалов на основе исходной и функционализированной ЭС для формирования покрытий на металлических поверхностях. Исследовано влияние концентрационного соотношения органических компонентов комбинированной матрицы, типа и содержания наполнителя на процессы отверждения композиций и физико-механические свойства гибридных материалов. Показано влияние технологических условий процесса структурообразования композиции и физико-химического взаимодействия компонентов матрицы и состава дисперсных продуктов на структуру и свойства структурно организованных гибридных материалов и покрытий на их основе.

Функционализация олигомера ЭС. Экспериментальные исследования показали, что при введении в олигомер эпоксидиановой смолы ФФС или бинарного компонента ФФС/каучук образуются агрегативно устойчивые гомогенные композиции в широком диапазоне концентрационных соотношений. Отвержденные композиции на основе бинарного связующего характеризуются более низкими значениями модуля упругости.

При оптимизации концентрационных соотношений компонентов композиций и технологических режимов получения покрытий на основе функционализированной эпоксидной смолы установлено, что при формировании покрытий при $T=180^{\circ}\text{C}$ качество и характеристики материала улучшаются при уменьшении концентрации полиэтиленполиамина в составе композиции. При термическом отверждении композиции формируется гомогенный материал

без фазового расслоения. Анализ изменения адгезионной прочности к стали покрытий, полученных на основе ЭС, функционализированной компонентом ФФС/каучук, показали, что более высокой адгезионной прочностью обладают составы с содержанием ЭС до 60% и сформированные при 180°C без полиэтиленполиамиона. Отверждающим реагентом в данной системе выступает присутствующая ФФС.

Изучение деформационно-прочностных свойств объемных образцов позволило установить, что образцы из ЭС разрушаются при деформации 6,0-6,5%, а образцы из ЭС, функционализированной компонентом ФФС/каучук, при деформации 40%. Установлено, что образцы на основе функционализированной ЭС после снятия напряжения способны восстанавливать практически первоначальный размер, что свидетельствует о значительном повышении упругости материала в сравнении с материалом, полученным на основе исходной ЭС.

Анализ изменения микротвердости композиций показывает, что функционализация ЭС приводит к некоторому повышению микротвердости комбинированной органической матрицы. Наибольшее увеличение микротвердости достигается при функционализации ЭС фенолокаучуковым компонентом.

Улучшение физико-механических свойств отвержденного комбинированного связующего происходит вследствие полимеризации органических компонентов с образованием межмолекулярных связей между образующимися полимерными фазами.

Влияние силикатсодержащих наполнителей на свойства ЭС-связующих. Установлено, что введение в композиты исследуемых силикатсодержащих наполнителей улучшает их физико-механические характеристики. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что введение дисперсных силикатсодержащих наполнителей в эпоксидную смолу приводит к увеличению прочности композитов: шунгита – до 34%, эпоксисиликата железа – до 27%, ценосфер – до 14%. Наблюдаемый рост физико-механических показателей связан с микродисперсионным упрочнением матрицы. Наибольшее повышение прочности композита при введении шунгита обусловлено многокомпонентным составом данного наполнителя, включающего ряд наноразмерных компонентов. Анализ влияния состава наполнителей на микротвердость композиций на основе ЭС показал, что введение ценосфер повышает микротвердость до 30%, эпоксисиликата железа – до 29%, шунгита – до 28%. Применение силикатсодержащих наполнителей в комбинированном связующем позволяет увеличить прочность материала при сжатии до 5% без ухудшения эластичности.

Таким образом, улучшение физико-механических свойств композиционных материалов на основе эпоксидиановой смолы возможно при использовании двух технологических приемов: 1 – функционализации исходного связующего с получением комбинированных органических матриц, 2 – модифицировании связующего силикатсодержащими наполнителями. На основании установленных закономерностей получены гибридные многофункциональные материалы с улучшенными эксплуатационными свойствами, которые могут использоваться в качестве защитных покрытий для металлических поверхностей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T21УЗБГ-012).

Литература

1. Sergienko V.P., Bukharov S.N., Kudina E., Dutescu C.M., Ramadan I. Review on Materials for Composite Repair Systems // Non-destructive Testing and Repair of pipelines / Ed. by E.N. Barkanov, A. Dumitrescu, I.A. Parinov. Springer International Publishing, 2018. Pp. 269-189.
2. Kudina H.F., Bukharov S.N. and Sergienko V.P. Composite Materials Intended to Repair Mechanochemical Defects in Pipelines // In: Advances in Engineering Research. Vol. 26 / Ed. by V.M. Petrova. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2019. Ch. 3. Pp. 107-172.
3. Кудина Е.Ф. Получение и свойства комбинированных эпоксидных покрытий // Вестник Фонда фундаментальных исследований. 2017. № 4. С. 11-25.
4. Kudina E.F. Synthesis and Properties of Dispersed Hybrid Materials Based on a Silicate Matrix // Glass Physics and Chemistry. 2012. Vol. 38, № 1. P. 172-179.