

<sup>1</sup>Прокопчук Н.Р., <sup>1</sup>Долинская Р.М., <sup>2</sup>Полоз А.Ю., <sup>3</sup>Эбич Ю.Р.  
<sup>1</sup>(Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь)  
<sup>2</sup>vektor@imail.ru (ООО «Новые технологии», г. Днепр, Украина)  
<sup>3</sup>(ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», г. Днепр, Украина)

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С КАРБИДОМ СИЛИЦИЯ**

В настоящее время композиты с эпоксидной матрицей интенсивно используются для защиты технологического оборудования от действия потока абразивных частиц, с целью улучшения физико-механических и теплофизических характеристик деталей машин во многих отраслях промышленности. Эксплуатация современного технологического оборудования в жестких условиях, в частности, работа механизмов под влиянием агрессивных сред, при знакопеременных нагрузках и повышенных температурах требует улучшения эксплуатационных характеристик эпоксидных композиционных материалов с регулируемыми свойствами.

При разработке систем с регулируемыми свойствами, в том числе и износостойкостью, необходимо оптимально объединить свойства матрицы, ингредиентов и технологических режимов формирования эпоксидных композиционных материалов и изделий на их основе. Для целенаправленного регулирования свойств эпоксидных композиционных материалов имеет существенное значение выяснение взаимодействия эпоксидной матрицы (смолы) с наполнителями. При этом необходимо учитывать факторы, влияющие на свойства композиционных материалов: химическую природу полимера и наполнителя, адгезию эпоксидного олигомера и полимера к поверхности наполнителя, условия отверждения композиций и др., поскольку образование как физических, так и химических связей между поверхностью наполнителя и матрицей определяет характер деформации, разрушения, износостойкость и другие свойства наполненных композиционных материалов. Свойства таких материалов зависят от уровня взаимодействия на межфазной границе наполнитель-матрица. Физическое и химическое взаимодействие с поверхностью частиц наполнителя приводит к связыванию с ними эпоксидной матрицы, образованию геля в системе эпоксидная матрица-наполнитель, изменению дисперсной структуры износостойких композиционных материалов, содержащих наполнители с высокой твердостью по шкале Мооса (карбид силиция, карбид бора, нитрид силиция, нитрид бора, алюмосиликаты и др.).

Степень взаимодействия эпоксидной матрицы (эпоксидная смола ЭД-20, эпоксидсодержащий разбавитель ДЭГ-1, полиэтиленполиамин как отвердитель) с наполнителями характеризовали содержанием геля эпоксидная матрица – наполнитель, наполнителя в геле, а также структурным параметром  $A$ , величина которого является мерой взаимодействия на межфазной границе, который определяли по следующему соотношению:

$$A = \frac{1}{1 - \varphi_n} \cdot \frac{\operatorname{tg} \delta_k}{\operatorname{tg} \delta_m} - 1$$

где  $\varphi_n$  – объемное содержание наполнителя (карбида силиция различной степени дисперсности);

$\operatorname{tg} \delta_k$  и  $\operatorname{tg} \delta_m$  – тангенс угла механических потерь наполненной эпоксидной смолы ЭД-20 и полимерной матрицы соответственно.

С применением методов химического анализа и рентгенографии установлено, что карбид силиция имеет слабую адсорбционную активность при образовании геля с эпоксидной матрицей, которая уменьшается с увеличением размера его частиц. Основные составляющие эпоксидных композиций имеют разную адсорбционную способность при связывании карбида силиция – наибольшую имеет полиэтиленполиамин, что отражается на протекании экзотермической реакции отверждения. В присутствии эпоксидсодержащего разбавителя ДЭГ-1 при связывании наполнителя преимущественно участвует эпоксидная смола ЭД-20; ДЭГ-1 способствует уменьшению образования геля с наполнителем и содержания наполнителя в геле, что обеспечивает улучшение растекания композиций.

Зависимости структурного параметра  $A$  от объемного содержания  $\varphi_n$  карбида силиция и его дисперсности (размера частиц) имеют линейный характер. Значение этого параметра коррелирует с данными содержания геля эпоксидная матрица – наполнитель: наименьшее значение параметра  $A$ , что указывает на относительно значительную степень взаимодействия между фазами наполненной смолы ЭД-20, характерно для высокодисперсного карбида кремния с размером частиц 5–7 мкм, для которого наблюдается увеличение степени локального порядка на межфазной границе с эпоксидной матрицей. Образование дисперсной структуры с различным уровнем взаимодействия эпоксидной матрицы с карбидом силиция определяет комплекс основных физико-механических показателей композитов.

Ващенко Ю.М.<sup>1</sup>, Гречко В.Ю.<sup>1</sup>, Шибка А.В.<sup>1</sup>,  
Прокопчук Н.Р.<sup>2</sup>, Долинская Р.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>vashch1961@gmail.com (Государственное высшее учебное заведение  
«Украинский государственный химико-технологический университет»,  
г. Днепр, Украина)

<sup>2</sup>(Учреждение образования БГТУ, г. Минск, Беларусь)

## **МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ИЗМЕЛЬЧЕННЫЙ ВУЛКАНИЗАТ В СОСТАВЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

В настоящее время особо важное значение приобретает проблема утилизации изношенных шин и других резиновых изделий, поскольку вышедшие из эксплуатации шины накапливаются в местах их эксплуатации и существенно загрязняют окружающую среду.

Одним из эффективных путей утилизации резиновых изделий является их измельчение и применение этих продуктов в составе резиновых смесей. Но введение измельченных вулканизатов (ИВ) в эластомерные материалы приводит к снижению их физико-механических свойств. Обработка поверхности измельченного вулканизата активными веществами, повышающими совместимость частичек ИВ с эластомерной матрицей является одним из путей повышения эффективности его использования.

В плане продолжения работ по повышению эффективности процесса рециклинга шин проведено исследование новых модифицирующе-регенерирующих систем. В работе использован общешинный ИВ, а также резиновая крошка, полученная измельчением некондиционных резинотехнических изделий и обуви с размером частиц от 0,8 до 5–8 мм.

Для обработки измельченного вулканизата применены продукты предварительного взаимодействия при повышенных температурах аминированных эфиров жирных кислот (синтезированные на кафедре технологии природных и синтетических полимеров, жиров и пищевой продукции ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет» под руководством д.т.н. О. В. Червакова), фосфатидного концентрата (побочного продукта переработки растительных масел) и фенолформальдегидных олигомеров: смол октофор 10S и 101 К. При использовании смолы 101 К к сплаву дополнительно добавляли серу. Композиты на основе фосфатидного концентрата содержали дополнительно вещества класса ароматических диаминов (продукт JPPD) и органических дисульфидов, например, 2-меркаптобензтиазолил-дисульфид (альтакс).