

А. Ю. Полоз, канд. техн. наук
(ООО «Новые технологии», г. Днепр, Украина);
Р. М. Долинская, доц., канд. хим. наук;
Н. Р. Прокопчук, проф., д-р хим. наук
(БГТУ, г. Минск, Беларусь);
Ю.Р. Эбич, проф., д-р хим. наук
(ГВУЗ УГХТУ, г. Днепр, Украина)

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗБАВИТЕЛЕЙ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В УСЛОВИЯХ КОНТАКТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

Модификация эпоксидных смол по-прежнему находится в центре внимания исследователей как основной способ улучшения их свойств [1-3]. Существенный интерес в этой связи представляют разбавители эпоксидных смол, которые снижают начальную вязкость композиций и участвуют в формировании пространственной сетки, изменяя свойства отвержденных материалов. Эпоксидные композиционные материалы широко используются в качестве износостойких покрытий, для ремонта и защиты оборудования, подверженного действию потока абразивных материалов.

В современной мировой практике для таких композиций применяют в повышенных количествах наполнители с высокой твердостью по шкале Мооса: силиций и бор карбиды, нитрид кремния, электрокорунд и др., часто в комбинации с волокнистыми материалами.

Введение таких наполнителей в повышенных количествах (более 300 мас.ч. на 100 мас.ч. эпоксидной матрицы) даже в широко применяемые низковязкие диановые смолы различных производителей связано с определенными трудностями вследствие значительного повышения вязкости композиций, трудности равномерного распределения наполнителей в эпоксидной матрице.

С целью снижения начальной вязкости композиций и соответственно повышения возможности введения значительных количеств наполнителей в эпоксидную матрицу вводятся разбавители – активные и неактивные.

Активные разбавители (широко используемые эпоксидсодержащие вещества) способны взаимодействовать с отвердителями и участвовать в модификации полимерных цепей, формировании трехмерной сетки.

Неактивные разбавители (дибутилфталат, олигоэфиракрилаты и

др.) способствуют повышению эластичности, трещиностойкости эпоксидных композиций вследствие изменения их надмолекулярной структуры.

Обычно для таких разбавителей приводятся данные их влияния на реологические, физико-механические, адгезионные характеристики и практически отсутствуют сведения поведения таких композиций в условиях контактно-динамических нагрузок от передаваемых материалов, характерных при работе оборудования на обогатительных фабриках, определенных защитных покрытий и др.

Такие сведения необходимы для целенаправленного выбора соответствующего разбавителя при заданных условиях эксплуатации защитных износостойких эпоксидных композиций.

В этой связи целью данного исследования явилась сравнительная оценка разбавителей различной химической природы и активности на поведение износостойких эпоксидных композиций в условиях контактно-динамического нагружения, данные которой позволяют рационально подойти к выбору соответствующих известных и разрабатываемых новых разбавителей.

Объектами исследования являлись эпоксидные композиции холодного (20°C) отверждения на основе наиболее распространенной диановой эпоксидной смолы ЭД-20, в качестве разбавителей использовали олигоэфиракрилат ТГМ-3, дибутилфталат, эпоксидсодержащие моно-, ди- и трифункциональные смолы.

Отверждение композиций осуществляли полиэтиленполиамин по режиму: $20^{\circ}\text{C} \times 24 \text{ ч} + 100^{\circ}\text{C} \times 3 \text{ ч}$.

Разбавители вводили в равных массовых количествах – 10 мас.ч. на 100 мас.ч. ЭД-20.

Вязкоупругие свойства в динамических условиях определяли при температуре $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ с использованием прибора ИПМ-1К, разработанного в Институте прикладной физики НАН Беларуси с применением соответствующих математических зависимостей.

Метод динамического индентирования, используемый в приборе, заключается в нанесении удара посредством жесткого индентора по испытываемому композиту в однократном импульсном режиме.

При импульсном нагружении композит проявляет вязкоупругие свойства, которые невозможно оценить при статическом воздействии; кроме того, динамическое нагружение моделирует наиболее жесткие условия, которым может подвергаться композиционный материал в процессе эксплуатации.

Вязкоупругие свойства характеризовали с использованием моделей Максвелла и Кельвина-Фойхта.

Методом динамического индентирования определяли также время активной t_1 (внедрение в композит) и пассивной t_2 (отскок) фаз деформации, максимальную величину деформации $h_{\max}$.

Установлено, что для изученных разбавителей различной природы время активной фазы деформации композиций изменяется в более широких пределах (56-62 мкс) при практически одинаковом времени пассивной фазы деформации (52-53 мкс) и является определяющим в процессе деформации и износа композиций.

Установлена прямолинейная зависимость максимальной величины деформации ($h_{\max}$) от времени активной фазы деформации (t_1) для эпоксидных композиций с разбавителями различной активности, экстраполяцией которой получены минимальные значения времени активной фазы и величины максимальной деформации, достигаемые при использовании разбавителей для данной эпоксидной матрицы.

Выявлены идентичные прямолинейные зависимости $h_{\max}$ и t_1 от соотношения упругой и вязкой составляющих энергий деформирования (α) изученных эпоксидных композиций с разбавителями и показано, что минимальная величина деформации композиций и соответственно минимальный износ достигаются при $\alpha \sim 1,65-1,70$ и соотношении t_1 / t_2 , близком к 1,0.

Таким образом, для рационального использования известных и новых разбавителей в износостойких эпоксидных композициях в качестве оценочных параметров рекомендуется использовать соотношения упругой и вязкой составляющих энергии деформирования α и времени активной и пассивной фаз деформации t_1 / t_2 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Мужев, В.В. Совместимость компонентов и фазовое разделение в процессе формирования эпоксидно-каучуковых композиций / В.В. Мужев, В.П. Бойко, В.Д. Мышак, В.К. Грищенко, А.Е. Нестеров // Полимерный журнал. – 2016. – Т. 38. – № 2. – С. 125–134.
2. Николайчик, А.В. Новый модификатор эпоксидных диановых смол / А.В. Николайчик, Н.Р. Прокопчук, А.А. Мартинкевич, Э.Т. Крутько // Доклады НАН Беларуси. – 2004. – Т. 48. – № 6. – С. 49–53.
3. Prokopchuk, N.R. Modification of Epoxy Resins by Polyisocyanates / N.R. Prokopchuk, E.T. Krut'ko, F.V. Morew // Journal of Nature Science and Sustainable Technology. – 2015. – Vol. 9, Issue 1. – P. 90–94.