

дит к улучшению теплофизических и огне-теплозащитных свойств материала. В то же время при использовании в сочетании с дополнительными слоями микросфер, содержащими антипирены, на поверхности материала, существенно повышается защитная эффективность материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов В. Ф., Кочетков В. Г. Эластомерные теплозащитные материалы, содержащие микросферы, модифицированные элементоорганическим модификатором // Каучук и резина. – 2017. – Т. 76, № 4. – С. 244–247.

2. Каблов В. Ф., Кочетков В. Г. Физико-механические, теплофизические и огнезащитные свойства эластомерных композиций на основе этиленпропиленового каучука, наполненных полыми алюмосиликатными микросферами // Журнал прикладной химии. – 2017. – Т. 90, вып. 2. – С. 236–240.

3. Каблов В. Ф., Кочетков В. Г. Эластомерные теплозащитные материалы, содержащие алюмосиликатные микросферы // Вестник машиностроения. – 2017. – № 9. – С. 72–73.

4. Мань Хунг Ву, Ким Дао Фам, Каблов В. Ф., Гайдадин А. Н., Кочетков В. Г. Оценка применимости стеклянных микросфер для использования в качестве наполнителей теплозащитных материалов на основе каучука // Технология органических веществ: материалы докл. 87-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, науч. сотр. и аспирантов. – Минск, 2023. – С. 331–334.

УДК 661.717.5

Ю. Т. Панов, д-р техн. наук, зав. кафедрой ХТ;
Е. В. Ермолаева, доц., канд. техн. наук;
Е. А. Тимаков, ст. преп.

(ВлГУ им. Столетовых, г. Владимир, Российская Федерация)

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИМОЧЕВИННЫХ ПОКРЫТИЙ ЭПОКСИДНЫМИ ОЛИГОМЕРАМИ

Полимочевины – современные высокотехнологичные материалы, которые широко используются в качестве гидроизоляционных и антикоррозионных покрытий в строительстве и добывающей промышленности. Технология полимочевин схожа с технологией полиуретанов, однако стандартные рецептуры полимочевин выгодно отличаются от полиуретановых набором улучшенных физико-механических свойств: они более стойки к истиранию, имеют большее удлинение на разрыв, стойки к образованию микротрещин.

Все чаще эти соединения применяют в горнодобывающей про-

мышленности для футеровки труб, по которым под высоким давлением протекают пульповые составы, несущие в себе множество абразивных частиц [1]. Данные составы часто имеют кислую или щелочную среду, к которым у полимочевинных покрытий изначально слабая стойкость. Поэтому актуальность создания полимочевинного покрытия, стойкого к воздействию химических веществ, не вызывает сомнений [1, 2]. Модификацию полимочевин проводили эпоксидными олигомерами на стадии получения предполимера с целью получения материалов с повышенной твердостью, химической стойкостью и улучшенными диэлектрическими свойствами [3, 4].

Для приготовления образцов предполимеров в химической колбе смешивали эпоксидную смолу YD-128 и полиизоцианат (ПИЦ) в количествах, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Соотношение исходных компонентов в реакционной смеси для синтеза

Номер синтеза	Содержание компонентов, мас. ч.	
	YD 128	ПИЦ
1	0,00	1
2	0,25	1
3	0,50	1
4	0,75	1
5	1,00	1

Далее смесь помещали в термошкаф, разогретый до температуры 105°C и выдерживали в течение 2 часов при периодическом перемешивании. Образцы исследовались на ИК-Фурье спектрометре с использованием приставки нарушенного полного внутреннего отражения PikeMIRacle с кристаллом ZnSe (селенид цинка) при комнатной температуре в области длин волн от 400 до 4000 см⁻¹.

Для всех образцов (синтезы 1–5) были получены спектры с аналогичной картиной распределения, но разной интенсивностью пиков поглощения продуктов реакции. Для примера на рисунке представлены результаты спектроскопии для образца, соответствующего синтезу 1 таблицы 1.

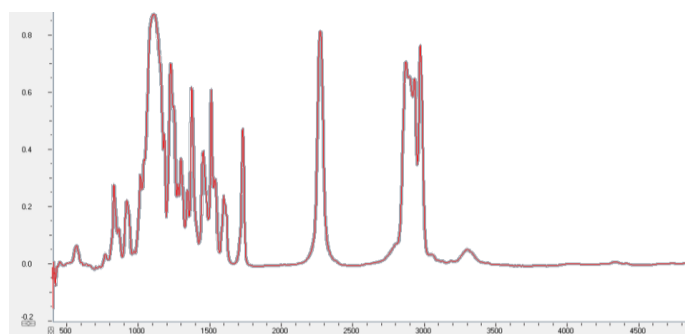


Рисунок 1 – Пики поглощения продуктов реакции, соответствующие номеру 1 синтеза в таблице 1

Изменение интенсивности пиков поглощения в соответствующих диапазонах представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение интенсивности пиков поглощения продуктов реакции

Номер синтеза	Интенсивность пика поглощения изоцианатных групп (2277 см^{-1}), %	Интенсивность пика поглощения уретановых групп (1730 см^{-1}), %
1	100	0
2	80	25
3	55	50
4	35	75
5	10	100

Процесс взаимодействия ПИЦ с гидроксильными группами эпоксидного олигомера при температуре 105°C протекает достаточно интенсивно [3]. По данным спектроскопии видно, что в отсутствие сопутствующей реакции взаимодействия изоцианатной группы с влагой воздуха, нарастает интенсивность области, соответствующая уретановой группе (1730 см^{-1}) [5, 6] с одновременным уменьшением интенсивности пика поглощения, характерного для изоцианатных групп (2277 см^{-1}).

Также стоит отметить, что в спектрах отсутствуют полосы триазиновых (1710 см^{-1}) и оксазолидоновых (1760 см^{-1}) групп, что говорит об отсутствии протекания вторичных изоцианатных реакций [7].

Таким образом, с помощью ИК-Фурье спектроскопии доказано взаимодействие гидроксильных групп эпоксидной смолы с изоцианатными группами. Следует отметить, что интенсивность пиков поглощения, соответствующая эпоксидным группам, практически не изменяется. Это может свидетельствовать о том, что некоторые эпоксидные цепочки могут быть встроены в блоки будущих полиуретановых смесей, что, в свою очередь, открывает потенциал направленной модификации полиуретановых композиций и продуктов из них.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы и химические технологии для авиационной техники / Е. Н. Каблов // Вестник Российской академии наук. – 2012. – Т. 82. – № 6. – С. 520–530.
2. России нужны материалы нового поколения / Е. Н. Каблов // Редкие земли. – 2014. – № 3. – С. 813.
3. Разработка композиции на основе полимочевины с увеличенным сроком жизни. / С. В. Романов, О. А. Ботвинова, Е. А. Тимаков, Л. А. Чижова, Ю. Т. Панов // Тонкие химические технологии. – 2021. – Т. 16(2). – С. 176–183.

4. Szycher M. Szycher's handbook of polyurethanes. Boca Raton: Taylor & Francis Group CRC Press, 2013. – 1092 p.

5. Ситникова В. Е., Практикум по колебательной спектроскопии: Учебное пособие / Т. Н. Носенко, В. Е. Ситникова, И. Е. Стрельникова, М. И. Фокина – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 173 с.

6. Durability of Building and Construction Sealants and Adhesives. / Wolf A.T. (Ed.) // Journal of ASTM International. – 2010. – Vol. XVII. – P. 417.

7. High-pressure impingement mixing route to faster, better PU parts. / Stengard R.A. // Plast. Tech. – 1974. – P. 41–44.

УДК 678.046:004.925.84

В. Б. Ходер, асп.;

Е. И. Кордикова, доц., канд. техн. наук;

Г. Н. Дьякова, ст. преп. (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ НА СТРУКТУРУ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОЙ ФОТОПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ

Одной из наиболее известных среди современных процессов аддитивного производства является технология лазерной стереолитографии (SLA), относящаяся к методам фотополимеризации в ванне. Ее принцип действия основан на послойном отверждении ультрафиолетовым лазером светочувствительной смолы или композиции в целях создания трехмерных объектов [1].

Отдельную нишу в мировом научном сообществе занимает разработка новых и модифицирование имеющихся материалов для SLA-технологии, которые в том числе подразумевают получение композиционных систем [1]. Интерес в данном вопросе в первую очередь связан со сложностью теоретического описания процессов, происходящих в объеме материала при фотополимеризации в ванне, а также оценки влияния на них различного рода наполнителей и модификаторов. Целью данной работы является определение влияния содержания наполнителя на структуру процесса отверждения композиционной фотополимерной системы для лазерной стереолитографии.

В качестве метода оценки применялось микроскопическое исследование поверхностей образцов из ненаполненной фотополимерной смолы Clear Resin V4 и с содержанием 10 и 20% наполнителя в виде измельченных отвержденных отходов процесса SLA-печати. Образцы изготавливались под 45° к рабочей поверхности аддитивной