

лимеров на основе ДЦПД и ДМЭ.

Цель данной работы заключалась в получении сополимеров с разным соотношением дициклопентадиена и диметилового эфира норборнен-дикарбоновой кислоты метатезисной полимеризацией под действием рутениевого катализатора типа Ховейды-Граббса II поколения.

Диметиловый эфир норборнен-дикарбоновой кислоты получали из дициклопентадиена и диметилового эфира малеиновой кислоты [4]. Поскольку при проведении реакции Дильса-Альдера получается смесь изомеров, то диметиловый эфир норборнен-дикарбоновой кислоты представляет собой две формы экзо,экзо- и эндо,эндо в соотношении 40 и 60 мас. % соответственно. Чистоту и содержание изомерных форм мономера определяли с помощью газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектором [5].

Полимеризацию ДМЭ, ДЦПД и их сополимеризацию проводили в массе. В мономер добавляли катализатор в массовом соотношении 1/15000, перемешивали и помещали в полиме-

ризационную форму, нагретую до 40 °С. После заливки мономера форму нагревали до 60 °С и выдерживали в течение 30 минут, затем поднимали температуру до 120 °С и выдерживали еще в течение часа.

Соотношение ДЦПД варьировали от 0 до 100 мас. % с шагом 10 мас. %. Для всех образцов были испытаны модуль упругости при изгибе (ISO 178) и растяжении (ISO 527), ударная вязкость (ISO 180/1A), температура стеклования.

Дициклопентадиен – это бициклическое соединение с двумя циклоолефиновыми связями, активными в ROM-полимеризации. В связи с этим, при добавлении дициклопентадиена в смесь диметиловых эфиров норборнен-дикарбоновой кислоты образуется сшитый полимер. С увеличением концентрации ДЦПД повышается степень сшивки полимера и, как следствие, увеличиваются модули упругости при изгибе и растяжении, прочность при разрыве, но уменьшается относительное удлинение при растяжении, что также свидетельствует об образовании полимера сшитой структуры.

Список литературы

1. Slugovc C. *Olefin Metathesis: Theory and Practice*. John Wiley & Sons, Inc. Published, 2014.– 333p.
2. Nickel A., Edgecombe B.D. // *Polymer Science: A Comprehensive Reference*, 2012.– Vol.4.– P.749–759.
3. Гуревич П.А., Боженкова Г.С., Земляков Д.И., Аширов Р.В. // *Вестник Казанского технологического университета*, 2015.– Т.18.– №2.– С.227–230.
4. Гуревич П.А., Земляков Д.И., Боженкова Г.С., Аширов Р.В. // *Вестник Казанского технологического университета*, 2013.– Т.16.– №11.– С.155–157.
5. Заманова М.К., Боженкова Г.С., Бондалетов В.Г., Самочернова А.П., Земляков Д.И. // *Сорбционные и хроматографические процессы*, 2016.– Т.16.– №2.– С.241–250.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЮЧЕСТИ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ, НАПОЛНЕННЫХ ТЕРМОРАСШИРЕННЫМ ГРАФИТОМ

А.Е. Пронина¹, И.С. Бердюгина², А.Г. Баннов²

Научный руководитель – д.т.н., профессор О.Б. Назаренко

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

²Новосибирский государственный технический университет
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса 20, prosha_evgenyevna@mail.ru

Полимерные материалы обладают такими ценными характеристиками как малая объемная масса, химическая стойкость, легкость в обработке, что позволяет использовать их для разнообразных целей в промышленности и быту. Недостатком полимерных материалов, ограни-

чивающим область их применения, является их пожарная опасность [1].

Целью данного исследования являлась оценка влияния терморасширенного графита, используемого в качестве наполнителя, на характеристики горючести эпоксидных компо-

Таблица 1. Результаты определения характеристик горючести образцов

№ обр.	T _{max}	T _{воспл}	T _{ср}	m ₀	m ₁
	°C	°C	°C	г	г
Контрольный образец без наполнителя					
1	400	298	303	6,01	расплавлен
2	400	298		6	4,68
3	400	312		6	5,51
Образец с ТРГ 0,5 мас. %					
4	400	312	317	6	4,79
5	400	324		6	3,8
6	400	314		6	5,08
Образец с ТРГ 0,25 мас. %					
7	400	317	324	6	5,2
8	400	327		6	5,19
9	400	327		6	4,31

зитов. Терморасширенный графит термически устойчив при высоких температурах. Стойкость ТРГ к высоким температурам, а также к высоким скоростям нагрева делает этот материал перспективным в использовании его в качестве антипирена.

В качестве полимерного материала в исследовании использована эпоксидная смола ЭД-20, по химическому составу она представляет собой олигомер на основе диглицидилового эфира дифенилолпропана. В качестве отвердителя использовали полиэтиленполиамин (ПЭПА). Наполнителем выступал терморасширенный графит, концентрация которого в образцах составляла 0,25 и 0,5 мас. %. Терморасширенный графит (ТРГ) для данных исследований был получен нагреванием оксида графита в воздушной атмосфере [2].

Для оценки горючести образцов использована стандартная методика экспериментального определения температуры воспламенения твердых веществ и материалов согласно ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

Эксперимент включал в себя три серии испытаний. Для каждого испытания были изготовлены пять образцов цилиндрической формы с

диаметром 45 ± 3 мм и высотой 50 ± 3 мм. Перед испытанием каждый образец взвешивали, определяя его массу с точностью до 0,1 г. Испытания проводили на установке ОТП, которая состоит из печи, помещенной в теплоизолирующую среду; конусообразного стабилизатора воздушного потока; защитного экрана, обеспечивающего тягу; держателя образца и устройства для введения держателя образца в печь; станины, на которой монтируется печь.

При испытании регистрировали следующие показатели: массу образца до испытания m_0 ; массу образца после испытания m_1 ; максимальную температуру печи $T_{\max}$; конечную температуру печи T_k ; температуру воспламенения $T_{\text{воспл}}$, а также рассчитывали среднюю температуру воспламенения $T_{\text{ср}}$.

В таблице приведены результаты проведенных испытаний.

Сравнение характеристик горючести композитов с контрольным ненаполненным образцом позволило установить, что применение терморасширенного графита в качестве наполнителя эпоксидной матрицы способствует повышению температуры воспламенения. Большей термической устойчивостью характеризуется образец, наполненный ТРГ с концентрацией 0,25 мас. %.

Список литературы

1. Щеглов П.П., Иванников В.Л. *Пожароопасность полимерных материалов*. – М.: Стройиздат, 1992. – 110с.
2. Стеклова Ю.П., Бердюгина И.С., Шибяев

А.А., Ухина А.В., Максимовский Е.А., Попов М.В., Баннов А.Г. // *Журнал прикладной химии*, 2016. – Т.89. – №10. – С.1265–1273.