

**Таблица 1.** Параметры процесса полимеризации лактида

Время, мин	Температура, °С	Давление, мбар	Обороты, об/мин
0–30	121	30	60
30–70	140	151	60
70–130	159	302	60
130–220	171	451	40
220–370	182	603	40

молекулярных примесей (непрореагировавший лактид, молочная кислота, олигомер молочной кислоты) провели переосаждение в этиловом спирте.

При полимеризации преимущественно образовался олигомер молочной кислоты (гель), в меньших количествах – высокомолекулярный полимер (белый порошок). Выход высокомолекулярной фракции составил всего 8%.

### Список литературы

1. Белов Д.А. // *Наука и инновации*, 2013.– Т.9.– №127.– С.21–23.
2. Легонькова О.А., Асанова Л.Ю. // *Высокотехнологическая медицина*, 2017.– Т.4.– №1.– С.16–31.
3. Севостьянов М.А., Баикин А.С., Насакина Е.О., Сергиенко К.В., Леонов А.В., Каплан М.А., Конушкин С.В., Хватов А.В., Тертышная Ю.В., Колмаков А.Г. // *Успехи современного естествознания*, 2016.– №5.– С.43–46.

## ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Д.С. Липчанский

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

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, Lipuchka18@mail.ru*

В настоящее время полимерные композиционные материалы изготавливают для различных областей промышленности. Это связано с тем, что полимеры обладают таким набором свойств, которые отсутствуют у традиционных конструктивных материалов [1].

Однако у большинства полимерных материалов, в том числе и у эпоксидных смол, имеется недостаток, который заключается в повышенной пожароопасности.

В последние годы большое внимание уделяют наполнителям в нанодисперсном состоянии из-за их значительного улучшения физико-механических свойств. Добавление всего нескольких процентов по массе наночастиц может привести к значительному улучшению термических, диэ-

Возможных причин образования столь малого количества полимера может быть несколько: недостаточная чистота мономера, использование ZnO в качестве катализатора (чаще применяется октоат олова), не самые оптимальные параметры процесса (проведение полимеризации без азотной подушки).

Так как для производства упаковки рекомендуется применять высокомолекулярный ПЛА, то полученный олигомер молочной кислоты может быть использован в медицине, например, для капсулирования лекарственных средств.

Таким образом, проведенные исследования показали, что термокаталитическая переработка полимерных отходов на основе полилактида позволяет выделить до 57% (масс.) мономера, который далее может быть вновь полимеризован с образованием олигомеров и высокомолекулярных соединений с различной молекулярной массой.

лектрических и механических свойств [2].

Цель данной работы состоит в определении температуры воспламенения эпоксидных полимеров. В качестве наполнителей выступали нанопорошок (НП) железа и порошок борной кислоты.

Объектом исследования является эпоксидно-диановая смола марки ЭД-20, отверженная с помощью полиэтиленполиамин (ПЭПА). Для того, чтобы определить температуру воспламенения эпоксидных полимеров было изготовлено 15 образцов. Пять образцов были отверждены без наполнителей, пять других образцов были изготовлены с концентрацией НП железа 5 мас. % и остальные пять образцов были изготовлены с комбинацией 5 мас. % НП железа и 10 мас. %

Таблица 1. Результаты исследования по определению температуры воспламенения эпоксидных полимеров

Состав образца	№ образца	$T_{\text{вос}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{до вос}}, \text{сек.}$	Особенности испытания
Эпоксидный полимер	1	304	300	Белый дым, едкий запах, чернение образца, треск, не затухает
	2	302	393	
	3	303	319	
	4	311	370	
	5	303	308	
Наполненный полимер НП железа	1	320	348	Едкий дым, повышенная вспученность
	2	338	361	
	3	308	339	
	4	316	378	
	5	307	345	
Наполненный полимер НП железа и борной кислотой	1	335	308	Быстрое затухание
	2	331	370	
	3	321	312	
	4	316	284	
	5	317	298	

борной кислоты. Масса каждого образца составляла приблизительно 3 г. и представляла собой цилиндрическую форму.

Определение температуры воспламенения данных образцов проводилось на установке ОТП согласно методике, представленной в соответствии ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов». Принцип работы установки ОТП основан на задании температурного режима в рабочей камере при воздействии пламени горелки ( $400^\circ\text{C}$ ). После внесения образцов в рабочую камеру проводился контроль температуры.

В таблице 1 представлены результаты исследования по определению температуры воспламенения данных образцов.

По полученным данным определили среднее значение температуры воспламенения и среднее время до воспламенения для исследуемых образцов. Для эпоксидного полимера, который был без наполнителя, результаты оказа-

лись следующими: температура воспламенения составила  $304,6^\circ\text{C}$ , а время до воспламенения – 338 сек.; для полимера, наполненного НП железа, эти параметры составили соответственно  $317,8^\circ\text{C}$  и 354,2 сек.; для полимера, наполненного НП железа и борной кислотой:  $324^\circ\text{C}$  и 314,5 сек.

Таким образом, исследование показало, что температура воспламенения наполненных образцов выше, чем у эпоксидного полимера без наполнителя. Наилучший результат был получен для образца, наполненного НП железа и борной кислотой, для которого среднее значение температуры воспламенения повысилось приблизительно на  $20^\circ\text{C}$  по сравнению с ненаполненным эпоксидным полимером и на  $6^\circ\text{C}$  по сравнению с образцом, наполненным только НП железа. Полученные данные свидетельствуют о том, что исследованные наполнители способны снизить пожароопасность эпоксидных полимеров.

### Список литературы

1. Бондалетова Л.И. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учеб. пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118с.
2. Михайлин Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 416с.