

нат позволяет повысить ионную проводимость на 68% по сравнению с непластифицированной системой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярмоленко О. В., Хатмуллин К. Г. Полимерные электролиты для литиевых источников тока: современное состояние и перспективы развития / О. В. Ярмоленко, К. Г. Хатмуллина // АЭЭ, 2010. – № 3. – С. 18.
2. A reflection on polymer electrolytes for solid-state lithium metal batteries. / Z. Song, [et al.] // Nat Commun, 2023. – Vol. 13. – С 14.
3. Исследование твердых электролитов на основе смеси полимеров поливинилиденфторида и гидрированного бутадиен-нитрильного каучука. / О. В. Завидов [и др.] // Известие ВолгГТУ, 2023. – №12(283). – С. 54–61.
4. Изучение совместимости поливинилиденфторида и сополимера бутадиена с акрилонитрилом для применения в качестве полимерной матрицы для твердых полимерных электролитов / О. В. Завидов [и др.] // Химическая технология и техника: материалы 87-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием). – Минск: БГТУ, 2023. – С. 238–240.

УДК 678.01:539.5, 547.371

А. Б. Жураев, проф., д-р техн. наук;
М. Г. Алимухамедов, проф., д-р техн. наук;
Р. И. Адилов, проф., д-р техн. наук;
А. Т. Худайбердиев, науч. сотр.;
М. Тохиров, науч. сотр.
(ТХТИ, г. Ташкент, Республика Узбекистан)

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ТРУБ НА ОСНОВЕ НЕНАСЫЩЕННЫХ ПОЛИЭФИРОВ ИЗ ПЭТ-СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Благодаря ценным свойствам ненасыщенные полиэферы (НПЭФ) находят применение в качестве конструкционных деталей, изделий общетехнического назначения и ширпотреба, а также сантехнических изделий и лакокрасочных материалов [1].

В Республике Узбекистан за последние годы организованы ряд предприятия по производству стеклопластиков, сантехнических изделий, труб на основе НПЭФ. Это привело к появлению спроса на этот тип полимерных материалов.

Одним из перспективных направлений исследований в этой области является вовлечение вторичного полиэтилентерефталатной упаковки в цикл производства полиольных составляющих НПЭФ.

В исследовании были синтезированы НПЭФ, полученные при различных соотношениях ВПЭТФ:диэтиленгликоль (ДЭГ) = 1:4 и 1:1,18 эл. звено/моль и продолжительности реакции 6 часов. Все операций проводили при постоянном пропускании через колбу азота. Процесс контролировали определением кислотного числа НПЭФ [2]. Пригодность НПЭФ к переработке оценивали по следующим технологическим параметрам, принятых в производстве труб: внешний вид – визуально, условная вязкость – на приборе Брукфильд при 23°C, время желатинизации, максимальная температура экзотермии при отверждении и продолжительность саморазогрева определяли по ГОСТ 22181-91.

В Республике Узбекистан трубы на основе НПЭФ производятся на СП «Asia pipe plast». В соответствии с технологией, реализованной на данном предприятии, используются два вида НПЭФ, имеющие фирменное название «Боди» и «Лайнер». При этом по объему использования НПЭФ типа «Боди» превосходит НПЭФ типа «Лайнер». На его основе изготавливается композиция для отливки жесткого каркаса труб. В исследованиях изучены следующие технологические свойства: вязкость по Брукфильду 180–250 мПа·с, кислотное число 17–22 мгКОН/г, время гелеобразования 7–12 с, максимальная температура экзотермии 150–190°C, продолжительность саморазогрева 15–30 мин [3]. Ранее нами и другими исследователями были проведены исследования по синтезу НПЭФ на основе продуктов алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата (ПАВПЭТ), изучены их физико-химические свойства и была показана возможность регулирования физико-химических свойств НПЭФ путем целенаправленного варьирования условий алкоголиза ВПЭТФ [4, 5].

Первоначально изучено технологические и прочностные свойства НПЭФ марки на основе ПАВПЭТ и «Боди», полученные данные показали, что технологические свойства НПЭФ полученные в лаборатории практически соответствуют, но по механическим свойствам ПН-МА-01 уступает полиэфир «Боди».

Известно, что для улучшения показателя модуля эластичности труб необходимо повысить гибкость цепи между узлами сшивки макромолекул НПЭФ [1, 6, 7]. При этом можно ожидать улучшения значений технологических показателей смол в процессе отверждения и их перерабатываемость.

Для этого нами было изменено концентрация двойных связей и удлинения участков цепи между двойными связями в НПЭФ с помощью ВПЭТФ:ДЭГ от 1:4 (продукт 140) до 1:1,18 (продукт 118) моль эл. звено/моль. В качестве отверждающей системы в образцах использовали перекиси метилэтилкетона (ПМЭК):нафтенат кобальта (НК) в соотношении 2:1. Изменение участков цепи двойных связи НПЭФ с помощью продукта 118 привело улучшению таких показателей как время желатинизации, максимальная температура экзотермии и продолжительность саморазогрева, но обладает более высокой условной вязкостью. Снижение вязкости НПЭФ можно благодаря нарушению регулярности строения макромолекул, приводящих к снижению межмолекулярного взаимодействия, а также увеличением доли статистических звеньев в составе макромолекул [5–7].

Для достижения цели изменена рецептура НПЭФ путем замены части ПАВПЭТФ традиционными гликолями (пропиленгликоль) и частичной заменой малеинового ангидрида фталевым. Технологические свойства синтезированного модифицированного НПЭФ (МНПЭФ) приведены в таблице 1.

Установлено, что модифицированный НПЭФ из ПАВПЭТФ имеет сравнимые по всем показателям со смолой типа «Боди» технологические свойства и ее можно использовать для производства труб. Нарботанный в лабораторных условиях модифицированный НПЭФ был передан для испытаний в центральную лабораторию СП «Asia pipe plast». Результаты испытаний в заводской лаборатории приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Технологические свойства НПЭФ, синтезированных в лабораторных условиях

№	Наименование показателей	Ненасыщенный полиэфир		
		показатели согласно сертификату качества на «Боди»	типа «Боди»	модифицированный из ПАВПЭТФ
1	Вязкость, по Брукфильду, 23°C, мПа·с	180–250	217	206
2	Кислотное число, мгКОН/г	17–22	19	18,2
3	Время желетинизации, мин	7–12	11,5	12
4	Максимальная температура экзотермии, °C	150–190	188	186
5	Продолжительность саморазогрева, мин	15–30	20	23

Данные таблицы подтверждают результаты, полученные в нашей лаборатории и позволяют предложить синтезированный НПЭФ в качестве связующего труб взамен импортного аналогичного полиэфира типа «Боди».

**Таблица 2 – Результаты испытаний в заводской лаборатории
модифицированной НПЭФ на основе ПАВПЭТ**

№	Наименование показателей	Ненасыщенный полиэфир		
		показатели согласно сертифика- ту качества на «Боди»	типа «Боди»	модифици- рованный НПЭФ из ПАВПЭТФ
1	Вязкость, по Брукфильду, 23°C, мПа·с	180–250	212	202
2	Кислотное число, мгКОН/г	17–22	19	18,2
3	Время желатинизации, мин	7–12	11	12
4	Максимальная температура экзотермии, °C	150–190	158*	169*
5	Продолжительность саморазогрева, мин	15–30	27	28
6	Жесткость кольца, МПа	не норми- руется	0,788	0,765
7	Модуль эластичности, МПа	≥3000	3186	3182

Примечание: * – Максимальная температура экзотермии определяли на приборе Julabo-25, снабженной самописцом.

Таким образом, проведенные комплексные исследования показали принципиальную возможность получения НПЭФ на основе продуктов алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата, не уступающий промышленным аналогам, и позволили рекомендовать для производства полимерных труб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев И. К. Коррозионно-стойкие трубы и емкости из стекло-пластиков: материалы, свойства, технологии. – М.: Энас, 2015. – 448 с.
2. Жураев А. Б., Низамов Т. А., Адиллов Р. И., Алимухаммедов М. Г. ПЭТ содержащие бытовые отходы как источник сырья для синтеза ненасыщенных полиэфинов // Пластические массы, 2011. – № 4. – С. 55–59.
3. Каталог нормы спецификации по сырью фирмы «Хобас», 2008 г.
4. Sunain Katoch. Kinetics study of Unsaturated Polyester synthesized from waste PET // Asian Journal of advanced basis sciences, 2013. – № 1. – P. 87–92.
5. Juraev A. B., Magrupov F. A., Alimukhamedov M. G., Adilov R. I., Shokirova M. M., Studying the Curing Conditions of Unsaturated Polyesters from Secondary Polyethylene Terephthalate Alcoholysis Products // Open Journal of Polymer Chemistry, 2020. – Vol. 10. – P. 77–86.
6. Седов Л. Н. Михайлова З. В. Ненасыщенные полиэфиры. – М.: Химия, 1977. – 232с.
7. Ульрих П. Полиэфиры и алкидные смолы. – М.: Пэйт-Медиа, 2009. – 475 с.