

Промышленное использование полученного продукта осуществляется в настоящее время на лакокрасочных заводах г.г. Новосибирска, Тюмени, Урала, а также со шпалопропиточным заводом г. Томска.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. [http://www.cleandex.ru/opinion/2010/06/17/etl\\_recycling\\_in\\_the\\_world](http://www.cleandex.ru/opinion/2010/06/17/etl_recycling_in_the_world)
2. <http://www.ecoshina-nk.ru/index.php?page=26>
3. Ла Мантия, Ф. Вторичная переработка пластмасс [Текст] / Ф. Ла Мантия, пер. с англ. под ред. Г. Е. Заикова.– СПб: Профессия, 2007. – 400с.
4. Папин, А. В. Пути утилизации отработанных автошин и анализ возможности использования технического углерода пиролиза отработанных автошин / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, Е. А. Макаревич // Вестник КузГТУ. – 2015. – №2. – С. 96–100.
5. Федосеев, И.В. Технологии утилизации отработанных резино-технических изделий / И. В.Федосеев [и др.] // Химия и химическая технология. – 2013. –том 56. – С. 117–120.

УДК 541.64

И.А. Будкоте, доц., канд. техн. наук;  
Л.А. Щербина, доц., канд. техн. наук; М.Д. Герасимова, студ.  
(МГУП, г. Могилев)

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА ТЕРМОЛИЗА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ**

В связи с постоянно возрастающими объемами производства полимерной продукции все острее становится проблема обращения с соответствующими отходами. В настоящее время утилизация полимерных отходов осуществляется, во-первых, путем их сжигания, во-вторых, посредством использования в качестве вторичного полимерного сырья. Однако первый способ и с экологической, и с экономической точек зрения мало приемлем и не очень эффективен. Так, теплотворная способность 2 т отходов полимерных упаковочных материалов эквивалентна теплотворной способности 1 т нефти [1].

В Республике Беларусь, занимающей одно из ведущих мест в мире по количеству выпускаемой полимерной продукции на душу населения, проблема утилизации отходов является очень актуальной. Так, по данным отчета «Об объемах сбора и использования вторичных

материальных ресурсов, размерах и направлениях расходования средств, полученных от производителей и поставщиков» в 2015 году в стране было собрано 52,1 тыс. т полимерных отходов и 10,5 тыс. т текстильных отходов.

Решать технические, экономические, организационные, законодательные вопросы, связанные с обращением с отходами, необходимо на любой стадии «жизненного» цикла продукции: от ее разработки и производства до утилизации.

Так, при производстве полиакрилонитрильного (ПАН) волокна (на заводе «Полимир» ОАО «Нафтан») образуются жгутовые отходы, которые в настоящее время реализуются тем или иным заинтересованным потребителем. В данной работе рассматривается термический способ переработки ПАН волокнистых отходов в технически ценный продукт, предназначенный для производства композиционных материалов различного назначения, спецодежды, противопожарных мембран и т.д. Целесообразность такого варианта утилизации обусловлена тем, что в результате термоокислительной стабилизации ПАН волокнистых материалов может быть получен продукт, характеризующийся такими ценными свойствами как пониженная горючесть, термо- и хемостойкость. Поиск оптимальных технологических условий для получения подобных материалов с необходимыми физико-механическими и физико-химическими показателями является важной задачей, поскольку подобные технологические решения, разработанные зарубежными фирмами-производителями, являются предметом их экономической безопасности и не распространяются.

В ходе выполнения работы была проведена серия экспериментов, заключающихся в термообработке ПАН жгута в определенных температурно-временных условиях (температура,  $t$ , указана в таблице; продолжительность каждой стадии составляла 85 мин.). При этом оценивались следующие характеристики термоокисленного волокна (таблица):

- линейная плотность волокна,  $T$ ;
- удельная разрывная нагрузка,  $\sigma$ ;
- удлинение при разрыве,  $l_p$ ;
- кислородный индекс, КИ;
- плотность волокна,  $\rho$ .

Сравнительный анализ представленных в таблице результатов показывает, что реализация первого варианта термолиза (так называемый «быстрый» режим) приводит к получению некачественного продукта с повышенной хрупкостью, что делает его непригодным к дальнейшей переработке и применению.

**Таблица – Влияние условий термолиза на свойства термоокисленного ПАН волокнистого материала**

Стадия	T, текс	$\sigma$ , сН/ текс	$l_p$ , %	КИ, %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
<i>Исходное волокно</i>					
–	0,15	38,9	12,7	21,0	1,14
<i>Первый режим термолиза (общая продолжительность – 170 мин.)</i>					
I (t = 175-215 °С)	0,16	28,1	15,5	–	–
II (t = 208-240 °С)	хрупкий жгут				
<i>Второй режим термолиза (общая продолжительность – 340 мин.)</i>					
I (t = 175-206 °С)	0,16	31,7	14,8	–	1,14
II (t = 203-226 °С)	0,17	21,3	10,2	–	1,18
III (t = 220-242 °С)	0,18	16,3	16,0	–	1,29
IV (t = 240-250 °С)	0,17	9,5	7,6	39,2	1,40
<i>Третий режим термолиза (общая продолжительность – 425 мин.)</i>					
I (t = 170-205 °С)	0,13	37,0	12,8	–	1,16
II (t = 203-225 °С)	0,14	30,7	14,2	–	1,17
III (t = 222-241 °С)	0,12	27,7	12,9	–	1,24
IV (t = 240-253 °С)	0,16	23,7	9,9	–	1,27
V (t = 240-252 °С)	0,13	19,3	7,1	36,0	1,36

Второй вариант термолиза, характеризующийся более плавным повышением температуры, позволяет получить термоокисленное ПАН волокно с более приемлемыми физико-механическими и физико-химическими свойствами. При этом, по мере увеличения глубины термолиза, наблюдается снижение удельной разрывной нагрузки, удлинения при разрыве полученного материала, а также повышение плотности и кислородного индекса волокнистого материала. Причем, по последним двум показателям полученный продукт приближаются к мировым коммерческим аналогам (типа PANOX) [2]. Однако термоокисленное ПАН волокно имеет настолько низкую прочность (9,5 сН/текс), что, по-видимому, его использование в промышленности (в частности, в качестве наполнителя композиционных материалов) практически невозможно.

Третий режим термолиза почти идентичен второму по температурному диапазону, но является более продолжительным (425 мин.). В данном варианте временной фактор играет, вероятно, решающую роль в плане получения продукта с наилучшими в этой серии экспериментов физико-механическими и физико-химическими свойствами. Так, сравнительный анализ характеристик термоокисленного ПАН волокна с зарубежными аналогами показал, что прочность и плотность экспериментального образца соответствуют показателям аналогичной продукции мировых фирм-производителей. Однако по удлинению при разрыве и кислородному индексу полученный продукт несколько ус-

тупает промышленным образцам, которые имеют  $I_p$ , равное 20-22 %, и КИ, равный 44-48 %. По-видимому, увеличение продолжительности термолиза ПАН волокна может обеспечить температурно-временную экспозицию (в условиях рассмотренного температурного режима), необходимую для оптимального протекания термохимических превращений в полимерном субстрате, определяющих в итоге необходимый комплекс эксплуатационных характеристик продукта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Проблема утилизации отходов полиэтилентерефталата. / А.Л. Черных / – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.recyclers.ru/uploads/library/pet\\_waste.pdf](http://www.recyclers.ru/uploads/library/pet_waste.pdf). Дата доступа: 03.09.2016.

2 Проспект фирмы SGL Group / – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.sglgroup.com/cms/\\_common/downloads/.pdf](http://www.sglgroup.com/cms/_common/downloads/.pdf). Дата доступа: 01.07.2016.

УДК 677.4

И.С. Городнякова, ассист.; П.В. Чвиров, ст. преп.;  
Л.А. Щербина, доц., канд. техн. наук  
(МГУП, г. Могилев)

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН ПО ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДНОМУ МЕТОДУ**

В настоящее время в Республике Беларусь полиакрилонитрильные (ПАН) волокна производятся только по диметилформамидному методу, который достаточно хорошо отлажен на практике. Однако диметилформамид (ДМФ) токсичен и легко разлагается при высоких температурах во время дистилляции. Перспективным растворителем для производства ПАН волокон является диметилсульфоксид (ДМСО). Данный растворитель менее токсичен и в нем могут быть получены высококонцентрированные прядильные растворы. Кроме того, наши исследования показали, что использование ДМСО позволяет получать волокна, обладающие высокой однородностью, что дает возможность рекомендовать такой метод для получения высококачественных ПАН прекурсоров для производства углеродных волокон.

По аппаратурному оформлению технологический процесс получения ПАН волокон по диметилсульфоксидному методу подобен диметилформамидному. Одним из видов отходов производства волокна Нитрон-Д являются мокрые отходы, образующиеся на стадиях фор-