

Технология может быть использована для организации производства изделий различного общетехнического и потребительского назначения преимущественно плоских в плане, усиленных ребрами: поддоны, контейнеры, элементы линейного водоотвода, тротуарная плитка, бордюры, опалубка, садовые скамейки и т.п. Есть возможность применения закладных деталей, выполнения других конструктивных элементов.

Широкое внедрение технологии позволит ввести в гражданский оборот неиспользуемые в настоящее время в Республике Беларусь смешанные полимерные отходы и некоторые другие виды ТКО. В качестве потенциальных потребителей и/или заинтересованных в освоении технологии могут быть предприятия Республики Беларусь, на которых образуются смешанные полимерсодержащие отходы (на данный момент не перерабатываются в сырье и изделия и захораниваются) и есть потребность в выпуске дешевых изделий массового потребления.

#### Литература

1. Обращение с отходами: учебное пособие / А.А. Челноков и др. – Минск: Вышэйшая школа, 2018. – 460 с.

2. Китиков В.О. Анализ эффективных направлений получения вторичных материальных ресурсов из отходов пластика / В.О. Китиков, И.В. Барановский, И.И. Вага // Природопользование и экологические риски: материалы науч.-практ. конф., Минск, 5 июня 2019 г. – Минск : БГТУ, 2019. – С.60-64.

УДК 678.746.4

Гулаев Н.А., Можейко Ю.М.  
(ОАО «Могилёвхимволокно»)

### **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОПОЛИМЕРА ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА – ПОЛИМЕРА ДЛЯ УПАКОВКИ ИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЫРЬЯ**

В Институте природопользования НАН Беларуси разработана Полиэтилентерефталат (ПЭТ, PET) является одним из самых распространенных полимеров и находит широкое применение в самых различных областях. Он служит сырьем для получения полиэфирных волокон и нитей, пленок, нетканых материалов, инженерных пластиков, преформ для бутылок и др.

Популярность ПЭТ обусловлена его стойкостью к слабым кислотам и щелочам, жирам, бензину и спиртам. Как материал для упаковки, ПЭТ имеет и другие преимущества: малый вес достаточно объемной тары; возможность широкого применения благодаря химической нейтральности; износоустойчивость, долговечность и отсутствие хрупкости; высокую прозрачность, возможность окрашивания в любой цвет.

Высокомолекулярный ПЭТ бутылочного назначения в подавляющем большинстве случаев выпускается не в виде гомополимера, а в виде сополимера - модифицируется изофталевой кислотой (ИФК) или диэтиленгликолем (ДЭГ).

Добавление ИФК и ДЭГ понижают температуру плавления и стеклования полимера, повышают температуру кристаллизации, улучшают прозрачность и кристалличность ПЭТ. Это те характеристики, которые являются преимущественными при переработке сополимера ПЭТ по сравнению с гомополимером ПЭТ.

ОАО «Могилевхимволокно» является единственным в Республике Беларусь и СНГ крупным производителем диметилтерефталата (ДМТ) и на его основе гранулята ПЭТ, полиэфирных волокон и нитей, используемых в легкой промышленности Республики Беларусь.

Ещё в марте 1991 г. было создано СП «Белпак» - первое на рынке стран бывшего СССР производство ПЭТ для упаковки. Данное предприятие было интегрировано в технологический процесс производства ОАО «Могилевхимволокно» и находилось на его территории. Основным сырьем для производства ПЭТ 8200 – основной продукции СП «Белпак» являлся ПЭТ марки F (гомополимер), выпускаемый ОАО «Могилевхимволокно».

С 01.09.2007 года в результате приобретения 100 % акций СП «Белпак» было включено в состав ОАО «Могилевхимволокно» в качестве структурного подразделения – цех дополиконденсации завода органического синтеза.

В 2007 году введена в эксплуатацию установка непрерывной поликонденсации ПЭТ мощностью 80 тыс. тонн в год. В 2009 году данная установка была переведена на выпуск гранулята сополимера ПЭТ марки SF2, из которого получают высоковязкий гранулят, предназначенный для изготовления упаковочной тары. Синтез сополимера ПЭТ осуществляется методом этерификации терефталевой кислоты (ТФК) этиленгликолем с использованием добавок (ИФК, ДЭГ) с последующей поликонденсацией. Основное сырьё для производства сополимера ПЭТ, ТФК закупалась по импорту (в РФ, Польше, Южной Корее, Португалии и др.).

В 2015 году в соответствии с протоколом поручений Заместителя Премьер-министра РБ Семашко В.И. определена стратегия перспективного развития ОАО «Могилёвхимволокно», которая предусматривала модернизацию существующего производства и полный переход на новые технологии получения полиэфирной продукции. Согласно принятой стратегии в организации реализуется инвестиционный проект «Комплекс по производству полиэфирной продукции». В настоящее время реализована первая очередь проекта – на базе существующей установки непрерывной поликонденсации (мощность – 80 тыс. т в год) организован выпуск гранулята ПЭТ текстильного назначения, запущено новое производство полиэфирного волокна, в т.ч. типа «конжугейт».

Также следует отметить в настоящее время перенасыщение рынка гранулята ПЭТ для упаковки и высокой конкуренции с его производителями у наших соседей. Только в Российской Федерации имеются четыре крупных производителя – «Алко-Нафта», Калининград – 220 тыс.т./год; «Полиэф», Башкортостан - 269 тыс.т./год; «Сенеж», Московская обл. – 100 тыс.т./год; «Сибур-ПЭТФ», Тверь – 76 тыс.т./год.

Реализация инвестиционного проекта привела к прекращению выпуска сополимера ПЭТ в химическом цехе №2 (ХЦ №2). Поэтому для обеспечения, в первую очередь, отечественных производителей минеральной воды, безалкогольных напитков и пива сырьем для производства полимерной упаковки, было возобновлено производство из ДМТ гомополимера ПЭТ на старом производстве полиэтилентерефталата. Уже привыкшие к переработке сополимера потребители, безусловно, почувствовали разницу в переработке гомополимера: более высокие температуры плавления, стеклования и кристаллизации потребовали проведение корректировки технологических параметров при получении преформ и выдуве из них бутылок.

Для удовлетворения требований и возможности выбора всеми многочисленными потребителями могилёвского полимера было принято решение о проработке вопроса выпуска сополимера ПЭТ в химическом цехе производства органического синтеза (ХЦ ПОС).

Следует отметить, что первый опыт получения сополимера ПЭТ в ХЦ ПОС был реализован в 2006 году. Тогда после проведенных в центральной исследовательской лаборатории испытаний, в цехе регенерации ЛиОР был синтезирован дигликольизофталат (ДГИ) из ИФК и этиленгликоля. Затем на технологической линии 3.1 ХЦ ПОС из ДМТ и этиленгликоля с добавлением ДГИ был синтезирован со-ПЭТ марки СФ. Целью наработки являлось уточнение параметров технологического режима, исследование возможных неполадок и «узких мест»

оборудования установки. На СП «Белпак» из со-ПЭТ марки SF был получен кристаллический высокомолекулярный полимер, предназначенный для переработки в литьевые изделия. Продолжения производства со-ПЭТ в тот период не последовало по ряду причин, но в первую очередь, из-за перевода ХЦ №2 на выпуск сополимера марки SF2. Однако производственным персоналом был приобретен необходимый технологический опыт, который и был реализован в 2019 году.

С целью получения в ХЦ ПОС аналога сополимера ПЭТ марки SF2, выпускавшегося в ХЦ № 2 ПОС, в сентябре и декабре 2019 года на технологической линии №2 была проведена наработка опытных партий со-ПЭТ марки SF с дальнейшей переработкой его в высоковязкий со-ПЭТ.

Синтез со-ПЭТ марки SF проходил стабильно. Было получено более 550 тонн сополимера, качественные показатели которого аналогичны со-ПЭТ марки SF2.

Процесс твердофазной дополиконденсации опытного со-ПЭТ прошёл без замечаний. Качественные показатели полученного опытного высоковязкого со-ПЭТ марки SPET 8200 соответствовали требованиям для со-ПЭТ марки SPET 8200. Опытный высоковязкий сополимер отличался от со-ПЭТ марки SPET 8200 более низкой температурой плавления (~(245-247) и ~(248-250) °С соответственно) и лучшими цветовыми характеристиками.

Опытный высоковязкий со-ПЭТ марки SPET 8200 был реализован 17 потребителям Российской Федерации и Республики Беларусь. Получены заключения о положительных результатах переработки опытного гранулята: преформы хорошо раздувались, никаких отклонений по цветовым и литьевым характеристикам не обнаружено, рабочие температуры были на 5°С снижены по сравнению с ранее перерабатываемым гомополимером; качество преформ соответствовало критериям, установленным на данный вид продукции.

В марте 2020 года в ОАО «Могилевхимволокно» сополимер полиэтилентерефталата марки SPET 8200 был использован на литьевых инъекционных машинах PPS-72 и PPS-48 ф. «SIPA» для изготовления 2-х типов опытных преформ – коричневых типа СОПФБ-30,5 и неокрашенных силиконизированных типа СОПФБ-27-С. Полученные опытные преформы отправлены потребителям на переработку.

Сополимер полиэтилентерефталата марки SPET 8200, синтезированный на основе диметилтерефталата, а также преформы бутылок, полученные из указанного сополимера, как продукция со значительными улучшениями существующих продуктов за счёт изменений материалов, компонентах и прочих характеристик продукции, улучшающих

её свойства, решениями заседаний научно-технического совета концерна «Белнефтехим» отнесены к инновационной продукции.

Таким образом, в ОАО «Могилёвхимволокно» из отечественного сырья (парахилола ОАО «Нафтан») собственными силами организовано производство востребованного на рынке продукта – гранулята со-ПЭТ для упаковки. Преимуществом производства данного продукта также является возможность его получения на малопроизводительных технологических линиях химического цеха ПОС, где с учетом сезонности и спроса можно регулировать количество получаемого полимера и с минимальными затратами переходить на выпуск других марок полимера.

UDC 669:187.526.001.5

**Khatia Ananiashvili, Mikheil Okrosashvili, Tamar Loladze**

(Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia)

**Natalia Valko**

(Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus)

### **STUDY OF TANTALUM AND NIOBIUM COATINGS ON COPPER SUBSTRATES OBTAINED BY ELECTRON-BEAM TECHNOLOGY**

In the modern era, with the development of industry, innovative materials are created and technologies are developed. In this regard, the methods of depositing coatings of different materials on the surface of products are noteworthy, which leads to the improvement of the performance characteristics of the products. With electron-beam technology it is possible to obtain coatings on any material, including refractory metals, with good adhesion to the substrate.

The aim of this paper is to study the coatings of refractory metals (Nb, Ta) obtained by electron-beam technology on copper substrates at the temperatures experimentally defined by us. In particular, the morphology of the coatings, the phase composition of the "substrate-condensate" intermediate zone studied by diffraction analysis and the mechanism of phase merging are analyzed [1, 2].

Electron beam evaporation of the refractory metals and subsequent condensation of Ta (Nb) powders on the copper substrate provides formation of coatings with good adhesion that can be used in a variety of industries and technique, especially in high-temperature, aggressive environments.