

УДК 541.64

С. В. БАСОВ, А. А. ЛИЩИЦКАЯ, А. А. ЛУБКОВА

Беларусь, Брест, БрГТУ

МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Согласно международной терминологии отходы представляют собой вещества или предметы, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с положениями национального законодательства [1]. Ежегодно во всем мире образуется более 2 млрд т муниципальных отходов и свыше 10 млрд т промышленных отходов, многие из которых свыше – около 530 млн т являются опасными и токсичными [2].

Структура образующихся в странах Европы отходов выглядит следующим образом: 22 % – строительные, 4 % – отходы энергетики, 26 % – промышленные, 29 % – отходы добычи полезных ископаемых, 14 % – твердые бытовые отходы и 5 % – другие виды [2].

Одной из глобальных экологических проблем современности является проблема переработки (утилизации) полимерсодержащих отходов, и прежде всего – упаковочных. Традиционные способы и методы обращения с такими видами отходов – захоронение, пиролиз, сжигание, вторичная переработка (рециклинг) и др. не всегда экономически и экологически оправданы. Особенно остро эта проблема выражена для отходов крупнотоннажных полимерных термопластичных материалов, к которым относят полиэтилен (PE) и полипропилен (PP), основные стирольные пластики (PS) и особенно акрилаты (acrylic), ПВХ (PVC), бутылочный ПЭТ (PET) и с термопластами, со-

держажими стекловолокно и другие виды стеклянных наполнителей, которые традиционно называют стеклопластиками (glass filled).

В последние годы неуклонно растет доля отходов материалов, наполненных длинным стекловолокном, которые требуют особые условия переработки. Своя специфика и для переработки отходов углепластиков (carbon filled) и материалов, содержащих антипирены (материалы с повышенной стойкостью к горению), электропроводящие добавки (антистатические, электропроводящие, ЭМИ-экранирующие материалы), антифрикционные добавки (материалы с пониженным коэффициентом трения), добавки, придающие износостойкость и др.

При переработке реактопластов возникают свои особенности т. к. в отличие от термопластов их нельзя повторно расплавить, поскольку при повторном нагреве происходит деструкция молекул. Наиболее распространенные реактопласты на основе феноло-формальдегидных, полиэфирных, эпоксидных и карбамидных смол содержат обычно большие количества наполнителя – стекловолокна, сажи, мела и др. Основное отличие в переработке термопластичных и термореактивных пластиков состоит в температуре переработки. Они нагреваются приблизительно до 70–100 °С и затем впрыскиваются в пресс-форму, разогретую до 150–190 °С. Одним из возможных путей интенсификации процесса прессования термореактивных материалов является использование внешних воздействий, например, вибрации.

Одним из наиболее современных и перспективных направлений в технологии переработки полимерсодержащих отходов является метод, основанный на ускоренной деструкции таких отходов под действием атмосферных и почвенных микроорганизмов, света и воды. Создание и широкое внедрение в производство биоразлагаемых полимерных материалов, сохраняющих свои эксплуатационные свойства в течении установленного срока, а при закапывании в почву быстро претерпевающих физико-химические и биологические превращения, деструктурируя и включаясь в обменные процессы экосистем, является одним из приоритетных направлений современного полимерного материаловедения [3].

Одним из самых доступных и рациональных решений этой проблемы являются композиты пластиков с разлагаемыми добавками, придающими всей полимерной массе полную или частичную биоразлагаемость, сохраняя при этом их первоначальные свойства.

Неуклонное возрастание требований к экологической безопасности обуславливает актуальность создания новых функциональных полимерных материалов на основе возобновляемого сырья – целлюлозы, хитина и хитозана. Гидразин рассматривают как возможный фото- и биоразлагаемый материал, открытый еще в конце XIX в., на основе производных которого

впоследствии были созданы, в том числе, ракетное топливо и топливные элементы.

В Республике Беларусь переработка полимерсодержащих отходов производится различными методами. Начиная с 2003 г. в нашей стране функционируют специализированные производства (порядка 50 предприятий) по переработке отходов полимеров, не все из которых в настоящее время работают на полную мощность в связи с недостаточным количеством собираемого полимерного сырья и его качеством.

В соответствии с мировой практикой максимально достижимый уровень объема сбора и переработки отдельных видов полимерной упаковки составляет не более 80 % [2]. В нашей республике в сфере отходов потребления сложились три основные системы сбора отходов полимеров: контейнерная; заготовка отходов на стационарных и передвижных приемных пунктах; заготовка отходов на сортировочных станциях коммунальных отходов. При этом основная часть отходов пленочного полиэтилена и полипропилена (отходы упаковки, тепличная пленка), образующихся в коммунальном секторе, сильно загрязнена и состоит из подвергшихся деструктивным изменениям полимеров, что значительно затрудняет их переработку, а в большинстве случаев их переработка экономически нецелесообразна.

Для более эффективного изъятия полимеров из коммунальных отходов предусматривается развитие и совершенствование систем сбора отходов пластмасс; совершенствование экономического механизма, стимулирующего дальнейшее развитие системы сбора и переработки таких отходов; обеспечение охвата раздельным сбором отходов не менее 80 % населения; обеспечение сбора 80 % образующихся отходов ПЭТ-упаковки и 22,5 % отходов других видов полимерной упаковки, подлежащей переработке; разработка и внедрение различных видов рециклинга полимерных материалов.

В сфере отходов производства почти 50 % приходится на отходы полиэтилена и ПЭТ-бутылки. Известно, что ПЭТ составляет четвертую часть всех полимерных отходов, складываемых на полигонах Беларуси. Он меньше, чем другие полимеры, подвержен воздействию окружающей среды и поэтому практически не разлагается.

Основных методов и технологий переработки таких отходов в настоящее время в Республике Беларусь несколько.

Технология механической переработки ПЭТ может несколько отличаться в зависимости от фирмы-производителя оборудования, но обязательно включает следующие основные операции: разбивка кип; первичная мойка; первичное дробление; мойка с флотацией; промывка; сепарация от воды; сушка; измельчение; воздушная сепарация; упаковка [2].

По ряду причин, в настоящее время для Беларуси наиболее предпочтителен термомеханический рециклинг, т. е. переработка полимера через расплав. Технологии, позволяющие перерабатывать полимерную тару в промежуточный продукт (так называемые «флексы» – хлопья размером 5–10 мм различной степени чистоты), достаточно развиты и широко используются во всем мире. Из хлопьев получают гранулят, который является сырьем для получения полиэфирного волокна. В свою очередь полиэфирное волокно – это сырье для производства многих материалов: синтепона, мягкой кровли, линолеума, наполнители подушек, одеял и пр. Наполняя ПЭТ стекловолокном, получают композиционные материалы, обладающие высокой твердостью, жесткостью, теплостойкостью, хорошей износостойкостью, электрическими и диэлектрическими свойствами, высокой стойкостью к действиям факторов окружающей среды.

Основная проблема этого метода переработки – сбор в необходимом объеме ПЭТ-отходов и доставка их к месту переработки. Эта статья расходов составляет около 50 % себестоимости получаемых флексов. Получаемый продукт в основном экспортируется в Китай, где большая его часть перерабатывается в штапельные волокна (утеплитель для зимних курток, спальных мешков) и в этом виде возвращается во многие страны, в т. ч. в Беларусь. Использование вторичного полиэтилентерефталата для производства тары, контактирующей с пищевыми продуктами, возможно, однако соответствующее оборудование и технологии являются весьма дорогостоящими. В настоящий момент в Беларуси переработка ПЭТ-тары через расплав развивается в двух направлениях: получении волокна и переработка в изделия конструкционного назначения литьем под давлением [2].

В среднем вторичный полимер имеет только 60 % свойств первичного. Для того чтобы получить относительно качественный материал, вторичный полиэтилентерефталат необходимо модифицировать. Одним из возможных способов модификации является получение смеси полимеров. Введение термoplastа, схожего по своему строению с ПЭТ, приводит к образованию переходных слоев на границе раздела фаз. При нагружении изделия эти слои препятствуют росту микротрещин, что в итоге приводит к увеличению прочности материала.

Другим способом повышения физико-механических свойств вторичного ПЭТ является армирование его различного рода минеральными наполнителями. Такие материалы имеют повышенную жесткость и не обладают текучестью, что особенно важно для конструкционных изделий. Так, вторичный полиэтилентерефталат, армированный 20 % стекловолокна, имеет на 40 % большую прочность на изгиб, а прочность при растяжении – на 55 % больше прочности первичного ПЭТ.

В Беларуси развивается также и технология интрузии. Вторичная переработка полимерных отходов, состоящих из комбинации различных полимеров, является несколько трудоемкой, настолько и перспективной задачей.

Важно учитывать, что для загрязненных и смешанных отходов затраты на подготовку к использованию в качестве вторичного сырья могут превосходить стоимость первичного сырья. Росту затрат на сбор и переработку отходов способствуют также высокая доля ручного труда при сборе и сортировке отходов, использование главным образом импортного, более дорогостоящего, оборудования, постоянный рост затрат на энергоресурсы, высокий уровень налогообложения и отсутствие государственной системы субсидий переработчикам отходов. Действие этих факторов определяет то, что сбору и переработке подвергаются главным образом чистые и несмешанные отходы, что, с одной стороны, позволяет экономить на подготовке отходов к переработке во вторичное сырье, с другой – обеспечить приемлемое качество выпускаемой продукции. Вместе с тем качество материалов, получаемых из смесей полимерных отходов, во многих случаях невысоко, т. к. полимеры, составляющие их основу (преимущественно ПЭ, ПП, ПЭТ, ПС и ПВХ), термодинамически несовместимы и образуют многокомпонентную систему с низким межфазным взаимодействием. Более того, присутствие загрязнителей – бумаги, металлов, красителей – приводит к дальнейшему снижению уровня их физико-механических свойств [2].

Таким образом, одной из самых сложных является задача переработки смесей вторичных полимеров в изделия, особенно смесей неопределенного состава. Практически во всех случаях свойства смеси оказываются намного хуже свойств каждого компонента по отдельности. Для достижения видимых успехов в утилизации многокомпонентных отходов необходимо вести переработку с максимально коротким циклом. Задача состоит в том, чтобы, с одной стороны, избежать лишних материальных затрат, а с другой – сократить время переработки, для того чтобы уменьшить вероятность деструкции полимеров, входящих в состав материала. По этой причине необходимо выдерживать рабочую температуру низкой, даже несмотря на то, что определенные компоненты (например, ПЭТ) останутся в твердом состоянии и будут вести себя как инертные наполнители.

Как одно из направлений переработки ПЭТ возможно производство волокна и нетканых материалов. По оценкам западных экспертов, для этого используют 60–70 % вторичного ПЭТ. В России перерабатывается в изделия не более 15 % собираемого вторичного ПЭТ, основная масса которого в виде «флексов» продается за пределы страны, большей частью в Китай. Низкий уровень переработки связан с высокой стоимостью импортного оборудования для производства волокна и нетканых материалов. Сегодня производится оборудование для изготовления нетканых объемных материа-

лов из термопластичных волокнообразующих полимеров (в т. ч. вторичного ПЭТ) по технологии аэродинамического распыления расплава [3; 4].

Таким образом, все вышесказанное свидетельствует о том, что сегодня существуют, постоянно совершенствуются и используются в производстве различные современные методы, технологии и оборудование, позволяющие производить высокорентабельную продукцию из полимерных отходов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об обращении с отходами : Закон Респ. Беларусь, 20 июля 2007 г., № 271-З [Электронный ресурс] : принят Палатой представителей 7 июня 2007 г. : одобр. Советом Респ. 22 июня 2007 г. – Режим доступа: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/blr81391.pdf>.

2. Мисюченко, В. М. Обращение с отходами производства : учеб.-метод. пособие / В. М. Мисюченко, А. Н. Гнедов. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 130 с.

3. Ермалович, О. А. Структура и свойства биоразлагаемых пленочных композиционных полимерных материалов / О. А. Ермалович, А. В. Макаревич, Е. П. Гончарова, Г. М. Власова // Биотехнология.– 2005. – № 4. – С. 47–54.

4. Зинович, З. К. Рециклинг полимеров: информационные, экологические и технологические аспекты / З. К. Зинович, В. А. Халецкий. – Брест : Изд-во С. Лаврова, 1999. – 231 с.