

УДК 621.9.04; 621.927.4; 621.926.9; 621.965.02; 621.967.3

Борисенко А. В.

МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Научно-технический прогресс связан с применением перспективных материалов, в том числе пластмасс (конструкционных термопластов, поливинилхлорида, полиэтилентерефталата, полиуретана и т. п.) [1].

Сегодня конкурентная среда в «мусорном» бизнесе (переработка и сортировка) вполне благоприятна для инвестиций. Мусороперерабатывающих компаний немного, самого мусора – огромное количество, а централизованная система его сортировки и переработки отсутствует.

Из всех выпускаемых пластиков 41 % используется в упаковке, из этого количества 47 % расходуется на упаковку пищевых продуктов. Удобство и безопасность, низкая цена и высокая эстетика являются определяющими условиями ускоренного роста использования пластических масс при изготовлении упаковки. Упаковка из синтетических полимеров, составляющая 40 % бытового мусора, практически «вечна» – она не подвергается разложению. Поэтому использование пластмассовой упаковки сопряжено с образованием отходов в размере 40...50 кг/год в расчете на одного человека [1].

В России предположительно к 2010 г. полимерные отходы составят больше одного миллиона тонн, а процент их использования до сих пор мал. Учитывая специфические свойства полимерных материалов – они не подвергаются гниению, коррозии, проблема их утилизации носит, прежде всего, экологический характер. Общий объем захоронения твердых бытовых отходов только в Москве составляет около 4 млн. т в год. От общего уровня отходов перерабатывается только 5...7 % от их массы. По данным на 1998 г. в усредненном составе твердых бытовых отходов, поставляемых на захоронение, 8 % составляет пластмасса, что составляет 320 тыс. т/год.

Утилизация отходов ПЭТ-тары во всем мире является острой проблемой. Сегодня отходы полимеров составляют 10–15 % бытового мусора или до 20 кг в год на человека. Мировое производство ПЭТ уже превысило 10 млн. тонн в год. Учитывая, что ежегодный прирост производства и использования пластиков в последнее десятилетие достигает 10–12 %, то в дальнейшем ситуация будет только усугубляться.

С 2006 года Еврокомиссия вводит новые жесткие нормы переработки упаковочных материалов: 55–70 %. В Украине объемы утилизации образующихся отходов ПЭТФ-тары, с учетом повторного использования бутылей в домашних условиях, не превышают 3 %. В Донецкой области эти отходы практически не утилизируются.

ПЭТ-упаковка менее других подвержена влиянию изменения температуры, не реагирует с CO_2 (важное качество для разлива газированных напитков), устойчива к механическим воздействиям. То есть те преимущества, которые привели к использованию ПЭТ как удобной тары для пищевых продуктов, делают трудоемкой ее переработку. Захоронение ПЭТФ-отходов также не выход: они могут сохраняться в земле сотни лет, при этом в почве постепенно накапливаются токсичные вещества [1, 2].

Однако в настоящее время проблема переработки отходов полимерных материалов обретает актуальное значение не только с позиций охраны окружающей среды, но и связана с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья пластмассовые отходы становятся мощным сырьевым и энергетическим ресурсом.

Вместе с тем решение вопросов, связанных с охраной окружающей среды, требует значительных капитальных вложений. Стоимость обработки и уничтожения отходов пластмасс примерно в 8 раз превышает расходы на обработку большинства промышленных и почти в три раза – на уничтожение бытовых отходов. Это связано со специфическими

особенностями пластмасс, значительно затрудняющими или делающими непригодными известные методы уничтожения твердых отходов. Использование отходов полимеров позволяет существенно экономить первичное сырье и электроэнергию.

Проблем, связанных с утилизацией полимерных отходов, достаточно много. Они имеют свою специфику, но их нельзя считать неразрешимыми. Однако решение невозможно без организации сбора, сортировки и первичной обработки амортизованных материалов и изделий; без разработки системы цен на вторичное сырье, стимулирующих предприятия к их переработке; без создания эффективных способов переработки вторичного полимерного сырья, а также методов его модификации с целью повышения качества; без создания специального оборудования для его переработки; без разработки номенклатуры изделий, выпускаемых из вторичного полимерного сырья.

Результаты переработки пластиковых отходов – вторичные полиамид, поливинилхлорид, полипропилен, полиэтилен. Потребляют продукцию мусоропереработчиков любые предприятия, производящие пластиковые товары широкой номенклатуры (за исключением изделий, которые входят в непосредственный контакт с пищевыми продуктами, фармацевтическими препаратами и т. п.). Заводы покупают вторичный полиэтилен по 2,2–4,5 грн. за 1 кг (первичный продается не дешевле 4,5–4,6 грн. за 1 кг). Из 1 кг отсортированных пластиковых отходов «выходит» 0,8 кг вторичного полиэтилена. Вот в этих денежных рамках и существует бизнес по переработке пластикового вторсырья [2].

По оценкам специалистов, человек «вырабатывает» в год до 250 кг бытовых отходов. В среднестатистическом мусорном баке около 25 % занимают пищевые отходы, 5–10 % – бумага, 50 % – полимеры, остальное приходится на металл, текстиль, резину, стекло и прочий хлам. Классический путь удаления отходов (контейнер – мусоровоз – свалка – рекультивация) сегодня неэффективен и, кроме того, потенциально опасен, поскольку даже тщательно обработанная и засыпанная почвой свалка является источником «свалочного газа», стимулирующего парниковый эффект.

Вложенные на первых порах средства окупить можно достаточно быстро. Рентабельность производства достаточно высока. По оценкам операторов перерабатывающего рынка, рентабельность у начинающего мусоропереработчика может достигать 20 %, а со временем и 50 %.

Помимо «чистой» переработки отходов предприятия впоследствии осваивают производство изделий из вторичного сырья. Максимально рентабельной может быть именно глубокая переработка отходов.

Таким образом, целью работы является анализ переработки синтетических отходов в мире и перспективные и доступные способы его утилизации в условиях Украины.

Отходы пластических масс можно разделить на 3 группы:

а) технологические отходы производства, которые возникают при синтезе и переработке термопластов. Они делятся на неустраняемые и устранимые технологические отходы. Неустраняемые – это крошки, высебки, обрезки, литники, облой, грат и т. д. В отраслях промышленности, занимающихся производством и переработкой пластмасс, таких отходов образуется от 5 до 35 %. Неустраняемые отходы, по существу, представляющие собой высококачественное сырье, по свойствам не отличаются от исходного первичного полимера. Переработка его в изделия не требует специального оборудования и производится на том же предприятии. Устранимые технологические отходы производства образуются при несоблюдении технологических режимов в процессе синтеза и переработки, т. е. это – технологический брак, который может быть сведен до минимума или совсем устранен. Технологические отходы производства перерабатываются в различные изделия, используются в качестве добавки к исходному сырью и т. д.;

б) отходы производственного потребления – накапливаются в результате выхода из строя изделий из полимерных материалов, используемых в различных отраслях народного хозяйства (амортизованные шины, тара и упаковка, детали машин, отходы сельскохозяйственной

пленки, мешки из-под удобрений и т. д.). Эти отходы являются наиболее однородными, малозагрязненными и поэтому представляют наибольший интерес с точки зрения их повторной переработки;

в) отходы общественного потребления, которые накапливаются у нас дома, на предприятиях общественного питания и т. д., а затем попадают на городские свалки; в конечном итоге они переходят в новую категорию отходов – смешанные отходы.

Наибольшие трудности связаны с переработкой и использованием смешанных отходов. Причина этого в несовместимости термопластов, входящих в состав бытового мусора, что требует их постадийного выделения. Кроме того, сбор изношенных изделий из полимеров у населения является чрезвычайно сложным мероприятием с организационной точки зрения и пока еще у нас в стране не налажен.

Основное количество отходов уничтожают – захоронением в почву или сжиганием. Однако уничтожение отходов экономически невыгодно и технически сложно. Кроме того, захоронение, затопление и сжигание полимерных отходов ведет к загрязнению окружающей среды, к сокращению земельных угодий (организация свалок) и т. д.

Однако и захоронение, и сжигание продолжают оставаться довольно широко распространенными способами уничтожения отходов пластмасс. Чаще всего тепло, выделяющееся при сжигании, используют для получения пара и электроэнергии. Но калорийность сжигаемого сырья невелика, поэтому установки для сжигания, как правило, являются экономически малоэффективными. Кроме того, при сжигании происходит образование сажи от неполного сгорания полимерных продуктов, выделение токсичных газов и, следовательно, повторное загрязнение воздушного и водного бассейнов, быстрый износ печей за счет сильной коррозии.

Основной путь использования отходов пластмасс – это их утилизация, т. е. повторное использование. Показано, что капитальные и эксплуатационные затраты по основным способам утилизации отходов не превышают, а в ряде случаев даже ниже затрат на их уничтожение. Положительной стороной утилизации является также и то, что получается дополнительное количество полезных продуктов для различных отраслей народного хозяйства и не происходит повторного загрязнения окружающей среды. По этим причинам утилизация является не только экономически целесообразным, но и экологически предпочтительным решением проблемы использования пластмассовых отходов. Подсчитано, что из ежегодно образующихся полимерных отходов в виде амортизированных изделий утилизации подвергается только незначительная часть (всего несколько процентов). Причиной этого являются трудности, связанные с предварительной подготовкой (сбор, сортировка, разделение, очистка и т. д.) отходов, отсутствием специального оборудования для переработки и т. д.

К основным способам утилизации отходов пластических масс относятся:

- термическое разложение путем пиролиза;
- разложение с получением исходных низкомолекулярных продуктов (мономеров, олигомеров);
- вторичная переработка [2].

Пиролиз – это термическое разложение органических продуктов в присутствии кислорода или без него. Пиролиз полимерных отходов позволяет получить высококалорийное топливо, сырье и полуфабрикаты, используемые в различных технологических процессах, а также мономеры, применяемые для синтеза полимеров.

Газообразные продукты термического разложения пластмасс могут использоваться в качестве топлива для получения рабочего водяного пара. Жидкие продукты используются для получения теплоносителей. Спектр применения твердых (воскообразных) продуктов пиролиза отходов пластмасс достаточно широк (компоненты различного рода защитных составов, смазок, эмульсий, пропиточных материалов и др.) Разработаны также процессы каталитического гидрокрекинга для превращения полимерных отходов в бензин и топливные масла. Многие полимеры в результате обратимости реакции образования могут снова разлагаться до исходных веществ. Для практического использования имеют значение способы

расщепления ПЭТФ, полиамидов (ПА) и вспененных полиуретанов. Продукты расщепления используют снова в качестве сырья для проведения процесса поликонденсации или как добавки к первичному материалу. Однако имеющиеся в этих продуктах примеси часто не позволяют получать высококачественные полимерные изделия, например, волокна, но чистота их достаточна для изготовления литевых масс, легкоплавких и растворимых клеев.

Гидролиз является реакцией, обратной поликонденсации. С его помощью при направленном действии воды по местам соединения компонентов поликонденсаты разрушаются до исходных соединений. Гидролиз происходит под действием экстремальных температур и давлений. Глубина протекания реакции зависит от рН среды и используемых катализаторов.

Этот способ использования отходов энергетически более выгоден, чем пиролиз, так как в оборот возвращаются высококачественные химические продукты [2].

По сравнению с гидролизом для расщепления отходов ПЭТФ более экономичен другой способ – гликолиз. Деструкция происходит при высоких температурах и давлении в присутствии этиленгликоля и с участием катализаторов до получения чистого дигликольтерефталата. По этому принципу можно также переэтерифицировать карбаматные группы в полиуретане. Все же самым распространенным термическим методом переработки отходов ПЭТФ является их расщепление с помощью метанола – метанолиз. Процесс протекает при температуре выше 150 °С и давлении 1,5 МПа, ускоряется катализаторами переэтерификации. Этот метод очень экономичен. На практике применяют и комбинацию методов гликолиза и метанолиза.

В настоящее время наиболее приемлемым для Украины является вторичная переработка отходов полимерных материалов механическим рециклингом, т. к. этот способ переработки не требует дорогого специального оборудования и может быть реализован в любом месте накопления отходов. Однако данное оборудование может быть использовано в местах крупного накопления отходов и не может быть ориентировано на лиц занимающихся малым бизнесом [2].

В Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск, Украина) была разработана установка для измельчения пластиковых бутылок (рис. 1). Данное оборудование будет доступно для малого бизнеса и может быть установлено в пунктах приема отходов из пластика.

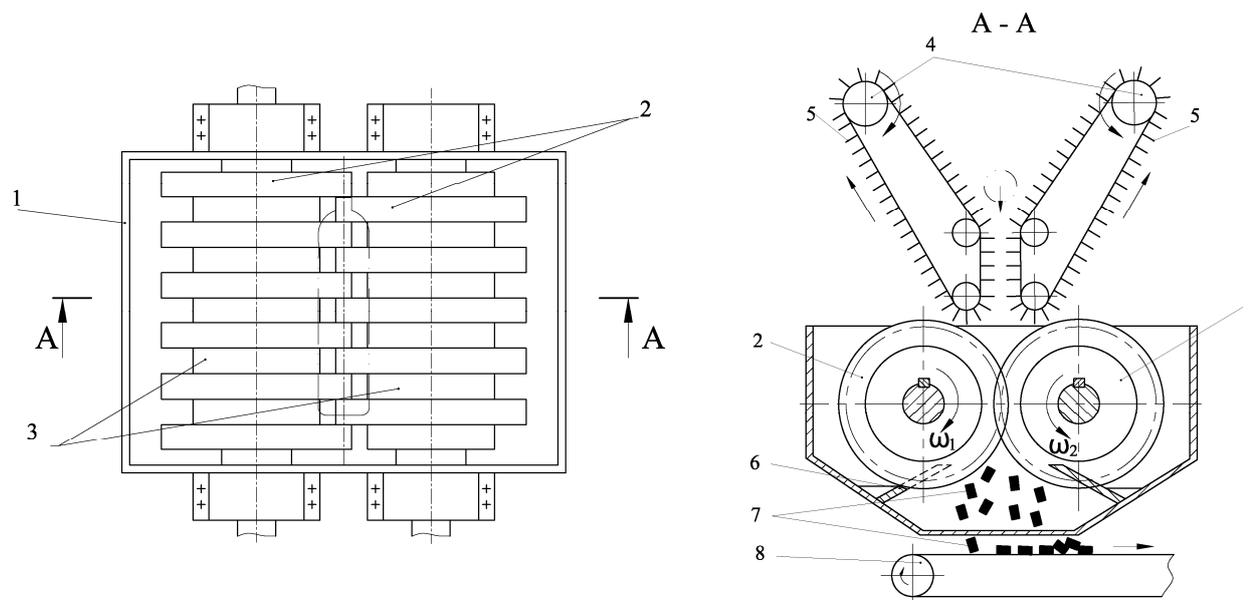


Рис. 1. Установка для измельчения пластиковых бутылок [3]:

1 – корпус; 2 – зубчатые дисковые ножи; 3 – распорные втулки; 4 – цепные транспортеры; 5 – металлические пластины; 6 – скребки; 7 – измельченные фрагменты; 8 – транспортер

Устройство для измельчения пластиковых бутылок состоит из корпуса 1, в котором размещен комплект ножевых валов. На ножевых валах размещены дисковые ножи 2, между которыми установлены распорные втулки 3. Ножи выполнены с зубчатой нарезкой на периферийных поверхностях и посажены на вал таким образом, что верхняя часть зуба каждого следующего ножа вдоль вала смещена относительно верхней части зуба предыдущего ножа на величину $2S/K$, где S – шаг зубчатой нарезки, K – количество ножей на одном вале в плоскости каждого уровня. Для улучшения захвата материала ножами устройство снабжено механизмом задачи материала в зону резания, представляющее собой два цепных транспортера 4, образующие бункер-накопитель, к цепям которых прикреплены металлические пластины 5. Транспортеры движутся навстречу друг другу. Во впадинах между ножами скребки 6, а для удаления измельченных фрагментов 7, полученных из пластиковых бутылок после измельчения использован ленточный транспортер 8 (рис. 1).

Устройство работает следующим образом. Пластиковые бутылки загружаются в бункер-накопитель, образованный цепными транспортерами механизма задачи материала. При включении устройства цепные транспортеры 4 перемещают пластиковые бутылки при помощи металлических пластин 5 по направлению к зоне резания. Попадая в зону резания, пластиковые бутылки захватываются дисковыми ножами 2 и измельчаются как в продольном, так и в поперечном направлении. Захват происходит за счет принудительной задачи пластиковых бутылок пластинами 5 цепных транспортеров 4 в зону резания. После порезки фрагменты пластиковых бутылок 7 удаляются при необходимости из впадин скребками 6 и подаются транспортером 8 на склад либо на последующие стадии технологического процесса переработки. Применение механизма задачи материала позволит обеспечить захват материала ножами при малом угле захвата. Это в свою очередь позволяет уменьшить металлоемкость машины [3].

ВЫВОДЫ

Существует несколько основных способов утилизации синтетических отходов. К ним можно отнести: термическое разложение путем пиролиза; разложение с получением исходных низкомолекулярных продуктов (мономеров, олигомеров); вторичная переработка.

Для Украины наиболее перспективным и доступным способом является вторичная переработка. Однако, процесс переработки отходов во всех способах начинается с разделения и измельчения материала. Все основные технологии рассчитаны на крупный и средний бизнес и требуют значительных капитальных затрат. В Украине же, учитывая экономическую ситуацию, необходимо опираться на малый бизнес и организацию в первую очередь пунктов приема, что позволит сэкономить средства на сортировке различного вида отходов. Кроме того, применение такого оборудования как, разработанное в Донбасской государственной машиностроительной академии, позволит обеспечить измельчение полученных отходов на пунктах приема и, как следствие этого, увеличить выход годного за счет увеличения насыпной массы, ведь синтетические отходы являются легкими и в тоже время довольно значительно занимают пустое пространство не только в местах приема, а также и в грузовых отсеках автомобиля при последующей транспортировке на перерабатывающие заводы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкционный материал на основе вторичных полиэтилена и полиэтилентерефталата / В. Б. Юрханов, Г. С. Воробьева и др. // Пластические массы. – 1998. – № 4. – С. 40–42.
2. Арашкевич Д. А. Вторичная переработка отходов пластмасс и специальные роторные дробилки / Д. А. Арашкевич // Пластические массы. – 2003. – № 5. – С. 13.
3. Пат. на корисну модель № 25632 Пристрій для подрібнення пластикових пляшок // Сатонін О. В., Добронос Ю. К., Пашков В. Г., Борисенко А. В. – Вид. 10.08.2007. – Бюл. № 12.

Борисенко А. В. – ассистент кафедры графики ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: draw@dgma.donetsk.ua