

УДК 67.08/67.03/678/54.384.2

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ

Шварц П. М., студент гр. ХПб-191, II курс

Комаревцева А. О., студент гр. ХПб-191, II курс

Научный руководитель: Касьянова О. В., к.т.н., доцент кафедры УП и ИЗ
Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Проблема утилизации и рационального использования полимерных отходов имеет важное народнохозяйственное значение. Переработка отходов пластмасс позволяет расширить сырьевую базу промышленности. Снизить потребность в первичном сырье, экономить трудовые ресурсы и электроэнергию, способствует охране окружающей среды. По данным Минпромторга в России ежегодно на свалки и в окружающую среду попадает 2 млн. тонн пластика [1].

Все отходы пластмасс делятся на три группы: технологические отходы, которые возникают при синтезе и переработке (технологический брак, литники, облой, обрезки и т.д.); отходы производственного потребления (накапливаются в результате выхода из строя изделий из полимерных материалов, используемых в различных отраслях народного хозяйства (детали машин, тара, упаковка и т.д.); отходы общественного потребления, которые накапливаются у нас дома, на предприятиях общественного питания и т.д., а затем попадают на общественные городские свалки.

Возможность переработки полимерных отходов определяется их свойствами, составом и степенью загрязнения. Технологические отходы, как правило, используются в качестве добавки к исходному первичному сырью (до 20 %). Отходы производственного потребления являются наиболее однородными и малозагрязненными, такие отходы перед повторным использованием требуют минимальной подготовки – измельчение и гранулирование. 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 вышедших из употребления полимерных изделий у населения является чрезвычайно сложным мероприятием с организационной точки зрения и пока еще у нас в стране слабо налажен [2, 3].

В последние годы предлагаются различные технологии оптической сортировки отходов [2, 4]. На рисунке представлена современная технологическая блок-схема системы оптической сортировки отходов. Основными узлами, наряду с системами грохотов, магнитных и вихревых сепараторов и других разделительных устройств, являются сенсорные системы на основе инфракрасного и лазерного излучения, которые позволяют с высокой производительностью определять изделия из различных материалов, в том числе из

различных видов полимеров (ПЭТ, ПП, ПЭ, ПС и др.), а также разделять их по цвету и другим характеристикам. Примером могут служить технология и оборудование, которые разработаны компанией АТЕСН и позволяют осуществить глубокую сортировку отходов без необходимости их предварительного раздельного сбора.

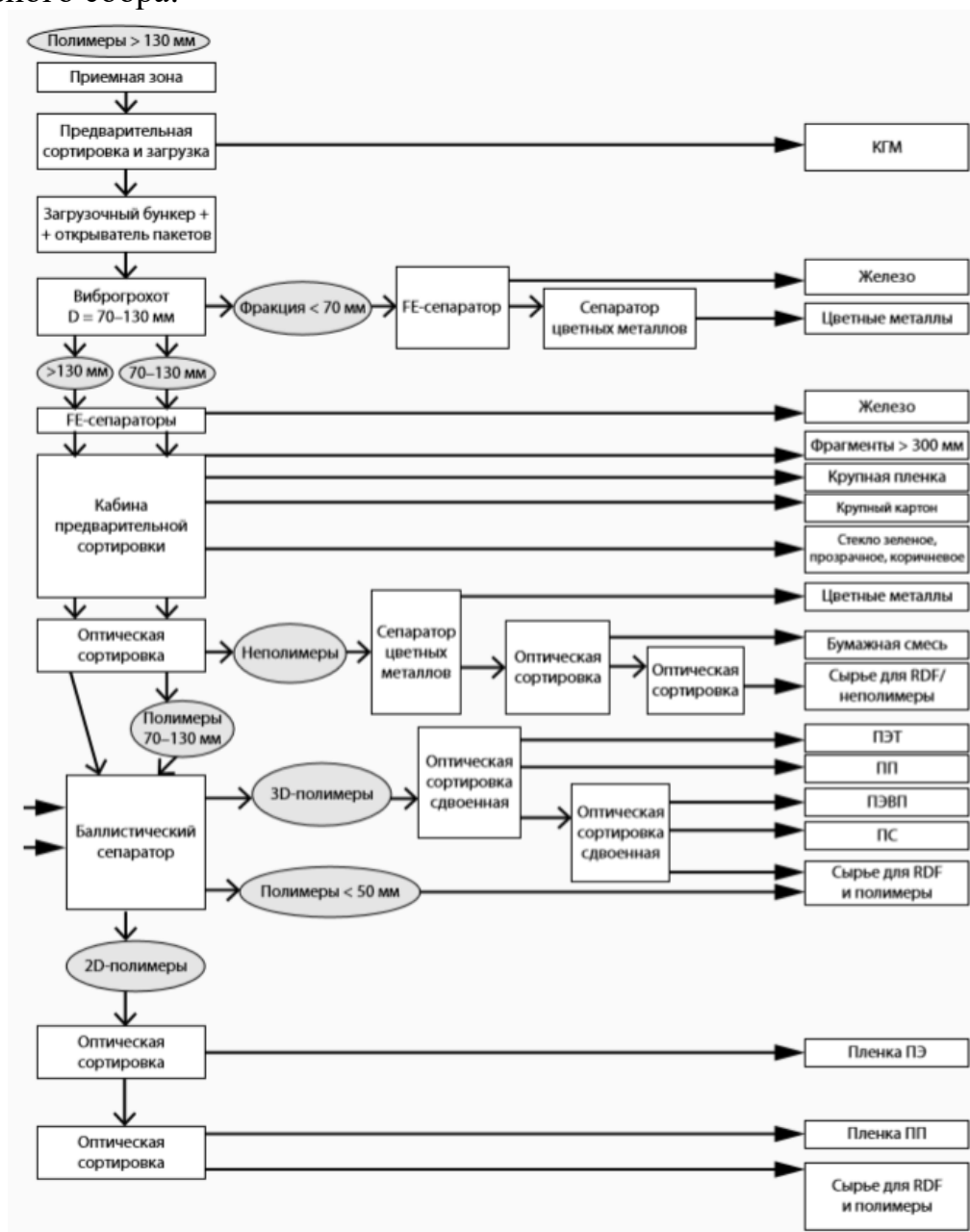


Рис. Принципиальная технологическая блок-схема системы оптической сортировки отходов: 2D- и 3D-полимеры – материалы одинарной и пространственной кривизны; КГМ – крупногабаритный мусор; FE – черные металлы; RDF – высококалорийное вторичное топливо (в миллиметрах указан размер частиц сортируемого материала) [5].

В процессе переработки и эксплуатации полимерные материалы подвергаются воздействию различных факторов (агрессивная среда, повышенная температура, свет и т.д.) которые приводят к процессам старения, сопровож-

дающимся изменением их химической и физической структур и ухудшением прочностных, диэлектрических и других свойств. Чаще всего для большей эффективности повторной переработки вторичное полимерное сырье подвергают модификации. Например, при введении во вторичный полипропилен (ПП) углеродных нанотрубок и графена повышается прочность при изгибе и ударная вязкость, снижается прочность при растяжении [6]. Перспективным способом модификации является обработка расплава полимера ультразвуковыми колебаниями для придания им лучших эксплуатационных свойств. В процессе ультразвуковой обработки в полимерах протекает целый ряд специфических физических и химических явлений, приводящих не только к интенсификации процесса переработки, снижению энергоемкости полимерного оборудования, повышению адгезионной прочности материалов и качества готовых изделий, но и влияет на вязкость и молекулярную массу полимеров [2].

Вторичное полимерное сырье, полученное из отходов, относящихся к третьей группе, применяют в дорожном строительстве. Например, вторичный полиэтилен (ВПЭ) высокого давления (дробленый с размером частиц 1,5–2,5 мм) рекомендуется использовать для получения дорожно-строительной пасты – укрепляющий слой в конструкции лесной автомобильной дороги [7]. Материал имеет прочность при сжатии 170, 63–552,08 МПа. Эффективным для создания дорожных вяжущих с требуемым комплексом свойств и условий эксплуатации, автомобильных дорог является использование модификаторов на основе термоэластопласта типа ДСТ-30-01 с его частичной заменой более дешевыми полимерными отходами ПЭ или стрейч-пленки с добавлением поверхностно-активных адгезионных добавок. Такое модифицированное дорожное вяжущее по своим физико-механическим показателям аналогично широко используемому в дорожном строительстве битуму БНД 60/90, но при этом обладает улучшенными показателями эластичности, растяжимости и температуры размягчения. Использование модифицированного битума на основе ДСТ-30-01, отходов полиэтилена и адгезионной присадки «Амдор-10» улучшает свойства асфальтобетона, что в дальнейшем позволит повысить качество дорожного покрытия и увеличить его срок службы, способствуя уменьшению затрат на содержание и ремонт [8].

Области применения вторичных полимерных материалов постоянно расширяются. Например, из отходов пенополиуретана (ППУ) получают гранулят, который возможно использовать для литья подошв и промежуточных деталей обуви, а получаемые изделия обладают высоким сопротивлением истиранию – 5,3 Дж/мм³ и многократному изгибу – 50 килоциклов, относительно высокой прочностью – 6,9 МПа и удлинениями: относительным – 400 %, остаточным – 30%, также имеют наиболее высокую плотность – 1,3–1,5 г/см³ и высококачественный внешний вид [9].

Вторичные ПЭТ отходы могут быть использованы в качестве добавки для улучшения физико-механических или электромеханических характеристик другого полимера. Так, например, смеси ПЭТ с полиарилатами исполь-

зуются в качестве упаковки для косметики благодаря более высокой прочности (71МПа) по сравнению с ПЭТ (около 50МПа). Перспективно применение нанокompозитов на основе вторичного ПЭТ и слоистых алюмосиликатов, обладающих повышенной огнестойкостью и гораздо более высокими по сравнению с первичным ПЭТ барьерными свойствами по отношению к O_2 и CO_2 [10]. Самый большой сегмент использования ПЭТ отходов это получение волокон (полиэстера). Так, компания «Adidas» включилась в борьбу за окружающую среду. Их особая «экологичная линия» создается исключительно из переработанного пластика, превращенного в особый тип экополиэстера. «Adidas» одел в форму из переработанного полиэстера (обозначаемого как PES) около 70000 волонтеров на Олимпийских играх в Лондоне в 2012 году. Следует отметить, что некоторые компании занимающиеся переработкой ПЭТ разработали технологии получения вторичного ПЭТ-волокна, которое по свойствам превосходит волокна из первичного полиэфира (например, волокна выпускаемые компанией «Foss Manufacturing» под маркой Ecospun). Переработка «бутылка в бутылку» применяется так называемая «многослойная технология», когда вторичный ПЭТ оказывается между двумя слоями первичного полимера. Многослойные бутылки могут содержать до 50 % вторичного ПЭТ. Этот способ объединяет все методы получения продукта, который можно снова использовать для производства пищевой упаковки и бутылок для напитков. На территории РФ сбором и переработкой ПЭТ занимаются следующие предприятия: компания ЕВРОПЛАСТ, завод ПЛАРУС – применяет для утилизации ПЭТ бутылок, технологию механической переработки «бутылка в бутылку» (Московская обл., г. Солнечногорск); компания ЮНИПЭТ (Московская область г. Клин); компания ПЛАСТИНДУСТРИЯ (г. Новосибирск). В Кузбассе нет предприятий, занимающихся переработкой ПЭТ отходов, однако есть компании, которые осуществляют сбор и пакетирование: «А-Втор» (г. Кемерово); Кемеровский завод полимерных изделий; ЭРЦ (Экологический региональный центр, г. Новокузнецк); ООО "ЭкоЛэнд (г. Новокузнецк); Эко-Транс-Сервис (г. Новокузнецк).

Отходы поливинилхлорида (ПВХ). В России образуется около 600 тыс. т отходов ПВХ в год: кабельный пластикат 18 %, оконные конструкции 25 %, сайдинг 22 %, напольные покрытия 10 %. Основная часть отходов ПВХ, более 500 тыс. т/год, отправляется на свалку. Это обусловлено тем, что большинство изделий из ПВХ имеют смешанный состав (бумага, металл) и в любой композиции ПВХ присутствуют стабилизаторы, красители, наполнители и др. Кроме того, этот полимер производится разными методами (блочный, суспензионный и эмульсионный), ПВХ различаются по молекулярной массе и молекулярно-массовому распределению. Между тем, по мнению специалистов, практически все отходы ПВХ можно применять в качестве вторичного полимерного сырья т.к. основная масса ПВХ сохраняет свои свойства, изменению подвергаются лишь тонкие поверхностные слои 20 мкм. В г. Томске перерабатывают кабельные отходы методами измельчения и скальпирования. Вторичный ПВХ может использоваться для изготовления

декоративных облицовочных элементов, а также для изготовления жестких строительных конструкций, которые выдерживают существенные напряжения, не размягчаясь и не разрушаясь, длительное время [2, 3, 11].

Полимерные отходы могут быть использованы для получения углеродных сорбентов [12–15]. Преимущества полимерных пористых материалов:

- дешевизна (по сравнению с керамикой и металлокерамикой);
- из полимерных материалов возможно получение малозольных углеродных сорбентов, что позволяет использовать их для очистки сточных вод в широком диапазоне изменения рН среды и для очистки газовых выбросов, содержащих кислые газы (сернистый, углекислый газ, сероводород и т.д.)
- возможность достижения более высокой производительности;
- возможность довольно точного регулирования размеров пор. Кроме того, полимерные фильтры можно формовать, придавая им практически любую форму.

Основные сорбционные характеристики полученных образцов активированных углей (АУ) приведены в таблице.

Таблица

Сравнительная характеристика полученных образцов углеродных сорбентов с известными промышленными марками АУ.

Показатель	АУ на основе ПП	БАУ-А	АУ на основе ПК	ОУ-А	КАУ-1
Объем микропор $V_{ми}, \text{см}^3/\text{г}$	0,25	0,23-0,26	0,37	0,26-0,29	0,35-0,41
Объем мезопор $V_{ме}, \text{см}^3/\text{г}$	0,10	0,08-0,1	0,04	0,13-0,18	0,10-0,15
Объем сорбционного пространства $W_s, \text{см}^3/\text{г}$	0,3	0,30-0,35	0,41	0,39-0,47	0,45-0,56
Адсорбционная активность по йоду, %	63	60	91	Не норм.	103
Осветляющая способность по метиленовому голубому, мг/г	201	Не норм.	183	225	260
Насыпная плотность, г/дм ³	210	240	-	Не норм.	370
Содержание золы, %	3,9	7	3,0	Не более 10	4-7
Прочность на истирание, %	61	60	-	-	89

Как видно (табл.), основные технические и сорбционные характеристики полученных образцов АУ из вторичного полимерного сырья

сравнимы с известными промышленными марками АУ: БАУ-А (ГОСТ 6217) и ОУ-А (порошкообразный осветляющий уголь ГОСТ 4453) и КАУ-1, и могут быть использованы в системах водоочистки. Объем микропор образца АУ, полученного на основе поликарбоната, в 1,3–1,5 раза выше, чем объем микропор ОУ-Аи сравним с высококачественными АУ, изготовленными из скорлупы кокоса (КАУ-1). Особенностью АУ на основе полимерных отходов является их низкая зольность.

Список литературы:

1. Greenpeace. Отчет по пластику [Электронный ресурс]: <https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2020/03>
2. Аскадский, А. А. Вторичные полимерные материалы: механические и барьерные свойства, пластикация, смеси и нанокompозиты / А. А. Аскадский, Т.А. Мацевич, М. Н. Попова. – монография. – М.: Издательство АСВ. 2017. – 496 с. ISBN 978–5–4323–0232–8
3. Ла Мантия, Ф. Вторичная переработка пластмасс / Ф. Ла Мантия, пер. с англ. под ред. Г. Е. Заикова.– СПб: Профессия, 2007. – 400с.
4. Кирин, Б. С. Современные технологии разделения отходов пластмасс / Б. С. Кирин, А. Н. Клокова // Успехи химии и химической технологии. Том XXVIII. – 2014. –№3. – С.31–33.
5. Абрамов, В. В. Организационно-технические аспекты обращения с полимерными отходами / В. В. Абрамов, Н. М. Чалая // Полимерные материалы. – 2020 – №3 – С.40–45.
6. Шитов, Д. Ю. Разработка нанокompозитов на основе вторичного полипропилена / Д. Ю. Шитов [и др.] // Успехи химии и химической технологии. Том XXVIII. – 2014. –№3. – С.86–88.
7. Минаев, А. Н. Применение золополимерных смесей в строительстве лесовозных дорог / А. Н. Минаев [и др.] // Известие вузов. Лесной журнал. – 2020 – №3 – С. 106–116.
8. Беляев, П.С. К вопросу о комплексном решении проблем экологии и качества дорожных покрытий [и др.] / П.С. Беляев [и др.] // Университет им. Вернадского. Спец. выпуск (39) – 2012. – С.184–189
9. Радюк, А. Н. Использование отходов пенополиуретанов в производстве деталей низа обуви / А. Н. Радюк, А. Н. Буркин Проанализированы варианты технологий производства материалов и изделий // Труды БГТУ, 2020, серия 2, № 1, с. 11–16
10. Процессы получения и практического использования полиэтилен-рефалатного волокна из вторичного сырья [Текст]: монография / Б.А. Сентяков [и др.]. – Старый Оскол «ТНТ», 2015 г. –152 С.
11. Огрель, Л. Д. Тенденции в переработке отходов ПВХ: теория и практика / Л. Д. Огрель // Полимерные материалы. – 2020 – №4 – С.50–56.
12. Татаринцева, Е. А. Модификация отходов термопластов как способ получения адсорбционных материалов / Е. А. Татаринцева [и др.] // Вестник СГТУ. – 2013 – № 1 (69) – С. 273–277.

13. Вайсман, Я. И. Переработка полимерных материалов при утилизации легковых автомобилей с получением активных углей / Я. И. Вайсман [и др] // Вестник СГТУ. – 2013– № 1 (69) – С. 273–277.

14. Сурков, А. А. Синтез углеродных сорбентов из отходов поликарбоната методом химической активации / А. А. Сурков, И.С. Глушанкова, Н. А. Балабенко // Фундаментальные исследования. – 2012 – № 9 – С. 171–175

15. Сурков, А. А. Утилизация полимерных отходов полипропилена и поликарбоната с получением углеродных сорбентов / А. А. Сурков, Н. А. Блабенко, И.С. Глушанкова // Вестник ПНИПУ. – 2012 – № 1 – С.89–96.