

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 628.477.6

Э. А. Артюх, И. М. Самотья, И. А. Богданович
учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи,
Республика Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ТАРЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Введение. Полиэтилентерефталат $(C_{10}H_8O_4)_n$ — это термопластичный полимер, являющийся самым распространенным среди полиэфигов. Имеет широкое коммерческое применение в виде синтетического волокна, а также в виде пленок и изделий. Материал может быть представлен в виде следующих аббревиатур и коммерческих названий: ПЭТ, ПЭТФ, PET, валокс, лавсан, ULTRADUR, CELANEX, RYNITE.

Материал характеризуется прозрачностью, хорошей пластичностью, достаточной химической стойкостью. Безопасность ПЭТ подтверждена результатами научных исследований. Полиэтилентерефталат сохраняет свои свойства в широком диапазоне температур (от -40 до $+75$ градусов) [1; 2]. Данный материал легко поддается механической обработке.

Получают полиэтилентерефталат поликонденсацией терефталевой кислоты или ее диметилового эфира с этиленгликолем в две стадии. ПЭТФ материалы, как и большинство полимерных материалов, имеет склонность к самопроизвольной кристаллизации с течением времени, то есть «старению». Это приводит к изменению свойств материала, что может вызвать усадку и коробление изделия.

Товарный ПЭТ материал выпускается обычно в виде гранулята с размером гранул 2—4 миллиметра. Производители ПЭТ в основном находятся за пределами России и СНГ. Из ПЭТФ-материала изготавливают изделия экструзией и литьем под давлением. Литьем под давлением из ПЭТ материала производят в основном преформы для ПЭТФ-бутылок. Для производства ПЭТФ-преформ используют термопластавтомат, литьевую форму, холодильники; процесс механизирован.

Данная работа посвящена рассмотрению вопросов потребления, утилизации и рециклинга изделий из полиэтилентерефталата.

Основная часть. Во всем мире постоянно идет увеличение производства и потребления пластмасс, что приводит к складированию неразлагающихся отходов. ПЭТФ при этом образует основной вес в общем количестве полимерного мусора. Пластиковые бутылки занимают второе место по распространенности в упаковке товаров [3].

Мировой рынок ПЭТФ-тары оценивается в 22 млн тонн в год [4]. Прогнозируется рост производства ПЭТФ-бутылок в 4—7 % ежегодно [5]. По мнению экспертов, около 60—70 % содержимого бытового мусора является вторичным сырьем, годным к переработке (бумага, стекло, металлы, пластик) [4].

Отходы можно просто термически утилизировать. Однако утилизация сжиганием сопряжена с возникающими экологическими вопросами, а также с высокими затратами по приобретению соответствующего оборудования.

С точки зрения экологических моментов у полимеров есть существенный недостаток, заключающийся в низком уровне естественной деструкции ПЭТФ тары: они не разрушаются под влиянием природных факторов на протяжении многих лет. Утилизация ПЭТФ-продукции также связана с серьезными затратами.

Поэтому вопрос о вторичной переработке полимеров, в частности ПЭТФ бутылок, поднимался мировой общественностью и в настоящее время продолжает быть актуальным. Например, ежегодно в Японии производится около 22,7 миллиардов ПЭТ-бутылок, в среднем около 180 бутылок на человека, и почти 85 % из них перерабатываются, что является одним из самых высоких показателей в мире [6].

Существующие способы переработки отходов ПЭТФ можно разделить на две основные группы: механические и физико-химические [7—9]. Механическая переработка предусматривает разнообразные способы дробления вторичного сырья. Химические методы предполагают деполимеризацию полиэтилентерефталата при взаимодействии с химическими веществами. Далее продукты обработки подвергают гидролизу до терефталевой кислоты и этиленгликоля, из которых вновь получают ПЭТФ.

Авторами [7] предложен способ механического дробления ПЭТФ-тары с получением гранул или крошки и их последующей переработкой методом компрессионного прессования. Результаты испытаний образцов, изготовленных из первичного и вторичного ПЭТФ, приведены в таблице 1.

Свойства	ПЭТФ первичный	ПЭТФ вторичный
Плотность, кг / м ³	1400	1150
Прочность, МПа: – при сжатии – при изгибе	70 110	50 90
Ударная вязкость по Шарпи, кДж / м ²	30	20
Твердость по Бринеллю, МПа	110	95
Теплостойкость по Вика, °С	140	115

Анализ данных таблицы показывает, что эксплуатационные характеристики ПЭТФ при вторичной переработке хоть и уменьшаются, но незначительно. Это дает возможность рекомендовать его для применения в различных отраслях промышленности, в том числе для упаковки продуктов.

Следует отметить, что загрязненный дробленый ПЭТФ материал должен пройти несколько контуров мойки, зону отделения примесей и сушку. Это приводит к повышению качества вторичной продукции.

Из полимерного сырья чаще всего делают вторичные преформы для бутылок. Повторное сырье также применяется для различных упаковок, в том числе под моющие средства, водные растворы красок и эмульсий. Кроме того, было установлено, что ПЭТФ изделия можно подвергать пиролизу для получения активированного угля. На основе отходов ПЭТФ предлагается создавать композиционные материалы, в том числе строительные, с использованием различных наполнителей. Переработанный полиэтилентерефталат используется и при изготовлении многослойных пленок, где внешние слои состоят из первичных полимерных материалов. Также можно создавать волокна и веревки из переработанного пластика. Вторсырье ПЭТФ используют для текстиля и ковровина, которые могут полностью состоять из переработанного полимера. Из бывших бутылок производят ткань — полиэстер. Многие спортивные бренды используют в коллекциях одежды исключительно ткань из вторичного пластика. К тому же волокно полиэтилентерефталата применимо в зимней одежде в качестве утеплителя [1; 2; 6–10].

Помимо снижения уровня накопления пластиковых отходов, технологии переработки ПЭТФ позволяют экономить расход нефти, ведь еще в первичном производстве пластик создают именно из нее. Рециклинг пластика снижает выбросы CO₂ в атмосферу за счет снижения энергопотребления [10].

Заключение. Таким образом, вопросы накопления и рециклинга отходов из полиэтилентерефталата остаются в настоящее время актуальными. Исследователи предлагают различные пути их решения, многое из предложенного активно внедряется в жизнь. Наиболее простые методы, такие как механические и термические, преобладают над более наукоемкими химическими.

Список цитируемых источников

1. Пластэксперт: все о пластике и полимерах [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://e-plastic.ru/spravochnik/materiali/pet/>. — Дата доступа: 01.05.2023.
2. Кудашёв, С. В. Полиэтилентерефталат : особенности модификации, структура и направление рециклинга : моногр. / С. В. Кудашёв, В. Ф. Желтобрюхов, Т. И. Даниленко / Волгоград : ВолГТУ. — 2014. — 148 с.
3. Вяткин, А. В. Проблемы и перспективы международной интеграции в сфере производства ПЭТ-бутылок / А. В. Вяткин, М. В. Кравченко // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2019. — Т. 3. — С. 438—440.
4. Григорян, Р. Победное шествие пластиковой бутылки [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://plast.guru/page747401.html>. — Дата доступа: 01.05.2023.
5. Производство ПЭТ-преформ: цены, процесс, технология [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://klona.ru/blog/promyshlennyy-dizayn/proizvodstvo-pet-preform-tseni-protsess-tehnologiya>. — Дата доступа: 02.05.2023.
6. Наш любимый пластик: использование и переработка бутылок из ПЭТ в Японии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.nippon.com/ru/japan-data/h00401/>. — Дата доступа: 02.05.2023.
7. Арламова, Н. Т. Экологические аспекты переработки отходов полиэтилентерефталата / Н. Т. Арламова [и др.] // Вестн. ДНУЖТ. — 2012. — № 40. — С. 146—150.
8. Мисюля, Д. И. Современные методы переработки полиэтилентерефталата : экологические аспекты / Д. И. Мисюля // Устойчивое развитие: региональные аспекты : сборн. мат. XI Междунар. науч.-практич. конф. мол. уч. — Брест. гос. техн. ун-т ; под ред. А. А. Волчека и [др.]. — Брест : БрГТУ. — 2019. — С. 109—112.
9. Данюшина, Г. А. Способ химической переработки полиэтилентерефталата / Г. А. Данюшина, В. В. Стрельников, Н. В. Шишка // Инженер. вестн. Дона. — 2017. — № 2.
10. ПЭТ обретает вторую жизнь: как перерабатывают и используют пластик [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://plast.guru/page828039.html>. — Дата доступа: 02.05.2023.