

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Металлургия и материаловедение

УДК 621.7

Новый подход к рециклингу термопластичных полимеров

О.Ю. Еренков, И.Ф. Уманец, Н.Б. Зайцева

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию электрофизической обработки термопластичных материалов на их механические свойства. Установлено, что обработка исследуемых термопластов наносекундными электромагнитными импульсами приводит к заметному снижению прочности и твердости материала. Представлено описание нового способа вторичной переработки отходов из термопластов. Новизна предлагаемого технического решения заключается в реализации электрофизической обработки отходов термопластов на стадии их агломерации технологического процесса переработки. Реализация такой обработки позволит обеспечить получение изделий с качественными характеристиками, максимально приближенными к первичному материалу, а также повысить производительность процесса переработки.

Ключевые слова: термопластичные полимеры, вторичная переработка, электрофизическая обработка, наносекундные электромагнитные импульсы, прочность.

New Approach to the Thermoplastic Polymers Recycling

O.Ju. Erenkov, I.F. Umanets, N.B. Zaitseva

Pacific National University, Khabarovsk

The results of experimental studies on the effect of electrophysical treatment of thermoplastic materials to their mechanical properties presented. It is found that the treatment of studied thermoplastics by electromagnetic nanosecond impulses leads to a marked reduction in the material strength and hardness. The paper describes a new method of thermoplastics recycling. The novelty of the proposed technical solution is implementation of electrophysical treatment of thermoplastics on the agglomeration stage of recycling. Such treatment will allow to obtain products with the quality characteristics most close to the primary material, as well as to improve the performance of the processing.

Key words: thermoplastic polymers, recycling, electrophysical treatment, nanosecond electromagnetic impulses, strength.

Введение

В связи с непрерывным возрастанием объема производства и потреблением термопластичных полимеров увеличивается и количество их от-

ходов. При этом весьма важным становится вопрос повторной переработки отходов или использования их в различных композициях. При разработке способов переработки производственных отходов главные трудности связаны с их более низким качеством по сравнению с первичными пластмассами, что не позволяет выпускать продукцию с физико-механическими показателями, аналогичными исходным изделиям. Таким образом, повышение эффективности вторичной переработки отходов термопластов

ЕРЕНКОВ Олег Юрьевич – д.т.н., проф., e-mail: erenkov@list.ru; УМАНЕЦ Ирина Фаритовна – к. социол. наук, доцент; e-mail: erenkov@list.ru; ЗАЙЦЕВА Наталья Борисовна – магистрант, e-mail: erenkov@list.ru.

является актуальной задачей, решение которой позволит в значительной степени использовать отходы в качестве мощного сырьевого источника при производстве изделий высокого качества.

Одним из подходов к повышению эффективности вторичной переработки отходов термопластов для производства высококачественной продукции является реализация электрофизической обработки перерабатываемых отходов.

Цель данной работы – исследование влияния электрофизической обработки термопластичных материалов на их прочность и разработка на этой основе новых технических решений по вторичной переработке отходов термопластов. В качестве электрофизической обработки применялись наносекундные электромагнитные импульсы [1–3].

Экспериментальные исследования

Проводились экспериментальные исследования прочности термопластичных полимерных материалов в зависимости от параметров обработки образцов наносекундными электромагнитными импульсами (НЭМИ). В качестве материалов экспериментальных образцов выбраны наиболее распространенные в различных отраслях промышленности представители термопластичных пластмасс: поливинилхлорид ПВХ-С-7059-М (ГОСТ 14332–78) и полиэтилен низкого давления 21008–075 (ГОСТ 16338–85).

В качестве источника НЭМИ применялся специальный генератор ГНИ-01-1-6, изготовленный Южно-Уральским государственным университетом [4] и имеющий следующие параметры: длительность импульсов – 1 нс; мощность одного импульса более 1 МВт; амплитуда импульсов более 8 кВ; максимальная допустимая частота следования генерирующих импульсов – 1000 Гц; напряженность электрического поля достигает 10^5 – 10^7 В/м.

Характерной особенностью наносекундных электромагнитных импульсов является их однополярность, что приводит к отсутствию осциллирующих колебаний в излучаемом поле. Следствием этого выступает наличие пространственно-временного направленного действия силы за время одного импульса, создающего условия для воздействия на структуру и физико-химические свойства вещества.

Экспериментальные исследования влияния облучения НЭМИ на прочность термопластов выполнялись следующим образом. На первом этапе плоские образцы полиметилметакрилата и фторопласта, изготовленные в виде двусторонних «лопаток» с прямоугольным сечением в рабочей зоне размером 3×2 мм, подвергались воздействию НЭМИ в течение определенного про-

межутка времени от 1 до 20 минут. Затем образцы подвергались одноосному растяжению при помощи нагружающего устройства универсальной установки АЛА ТОО ИМАШ 20–75. Кривая нагружения $\sigma = f(\tau)$ регистрировалась с помощью самописца разрывной установки, при этом испытания проводили при постоянных условиях проведения опытов: выдерживались технология изготовления образцов, температура, влажность, скорость и величина нагружения при одноосном растяжении согласно ГОСТ 11262–80.

На рис. 1 и 2 представлены экспериментальные данные по исследованию прочности полиметилметакрилата и фторопласта, соответственно, в зависимости от времени воздействия НЭМИ. Анализ представленных данных показывает, что облучение исследуемых термопластов НЭМИ в течение 5, 10 и 20 минут приводит к снижению прочности образцов.

Такой факт можно объяснить следующим образом. Как известно, полимерные материалы имеют тенденцию к изменению физико-механических свойств за счет электронного возбуждения полимерной структуры после электрофизического воздействия [5]. Если происходит электронное возбуждение полимерных цепей, то оно вызывает уменьшение энергий её связи.

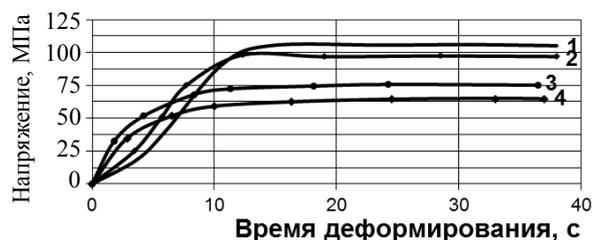


Рис. 1. Прочность полиэтилена в зависимости от времени облучения НЭМИ: 1– без облучения; 2–5 минут; 3–10 минут; 4–20 минут

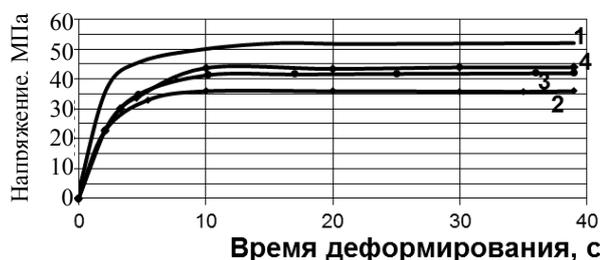


Рис. 2. Прочность поливинилхлорида в зависимости от продолжительности обработки НЭМИ: 1 – без облучения; 2 – время облучения 5 минут; 3 – время облучения 10 минут; 4 – время облучения 20 минут

Данный эффект приводит к уменьшению механической стабильности нагруженной полимерной сетки и таким образом способствует

разрыву цепи, возникновению разрушения или распространению микротрещин, увеличению дефектных мест, т. е. разрыхлению и охрупчиванию и, следовательно, снижению механической прочности материала.

В табл. 1 приведены экспериментальные данные по взаимосвязи между временем обработки термопластов НЭМИ и значениями твердости. Твердость термопластов измеряли по известной методике [6]. Анализ представленных данных показывает, что облучение термопластичных материалов НЭМИ приводит к снижению твердости благодаря проявлению вышеописанного эффекта, о чем свидетельствуют значения твердости, которые снижаются практически при любом времени электрофизической обработки.

Т а б л и ц а 1

Твердость термопластов

Материал образцов	Твердость, МПА				
	Продолжительность обработки наносекундными электромагнитными импульсами, мин				
	0	5	10	15	20
Полиэтилен	54	48	42	46	52
Поливинилхлорид	42	38	33	36	40

Новый способ переработки отходов термопластов

На основании представленных экспериментальных данных (рис. 1, 2 и табл. 1) разработан способ обработки заготовок из термопластов, сущность которого защищена положительным решением о выдаче патента на изобретение [7]. Технической задачей, на решение которой направлено изобретение, является повышение производительности процесса переработки отходов и получение высококачественных вторичных полимеров в виде гранул для дальнейшего их использования при производстве изделий. Известные в настоящее время способы не позволяют обеспечивать высокую производительность и получать гранулы вторичных полимеров со свойствами, максимально приближенными к свойствам первичных материалов, так как во время агломерации происходит термическое деструктирование (пережигание) материала.

Указанная задача решается тем, что в способе, включающем загрузку отходов в агломератор, измельчение отходов, охлаждение измельченной до тестообразного состояния массы, сушку и выгрузку высушенной массы, согласно изобретению, одновременно с измельчением производят процесс облучения отходов наносекундными электромагнитными импульсами. В

качестве электродов для облучения наносекундными электромагнитными импульсами используют пластины – электроды, смонтированные на внутренней поверхности корпуса агломератора, контактирующие с перемещаемыми отходами и изолированные от корпуса.

На рис. 3 приведена схема установки для вторичной переработки отходов из термопластов. Для реализации способа применяется агломератор 1 с загрузочным люком 2. Внутри корпуса 3 агломерата 1 размещены электродвигатели 4 с роторными ножами 5. На внутренней стенке корпуса 3 укреплены пластины-электроды 6 и изолирующие элементы 7. Пластины-электроды 6 соединены известным образом с генератором 8 наносекундных электромагнитных импульсов. Агломератор 1 с помощью гибких трубопроводов 9 соединен с воздушной 10 и циклоном 11. На внешней стенке корпуса 3 закреплены пневмоцилиндр 12 и заслонка 13.

Пример реализации способа. В корпус 3 агломератора 1 через загрузочный люк 2 при включенных электродвигателях 4 загружаются отходы термопластов. Измельчение отходов на мелкие частицы осуществляется роторными ножами 5 и вся измельченная масса отходов в результате трения о стенки корпуса 3 нагревается, происходит переход механической энергии в тепловую. Одновременно производится обработка отходов наносекундными электромагнитными импульсами, которые вырабатываются генератором 8 и воздействуют на отходы через пластины – электроды 6. Обработка измельчаемых отходов наносекундными электромагнитными импульсами способствует возбуждению полимерных цепей, что вызывает уменьшение энергии её связи. Данный эффект приводит к уменьшению механической стабильности нагруженной полимерной сетки и таким образом способствует разрыву цепи, возникновению и распространению микротрещин в структуре материала отходов, увеличению дефектных мест, т. е. его разрыхлению и охрупчиванию и, следовательно, к снижению механической прочности материала.

Это позволяет снизить тепловую нагрузку операции измельчения отходов и обеспечить температуру нагрева материала ниже температуры плавления, и таким образом гарантировано избежать явления термодеструкции материала.

Измельченные отходы расплавляют до образования тестообразной массы. Затем в агломератор 1 подают воду и одновременно включают воздушную 10 для отсоса паров воды. Вода охлаждает тестообразную массу, при этом образовавшиеся пары воды отсасываются из агломе-

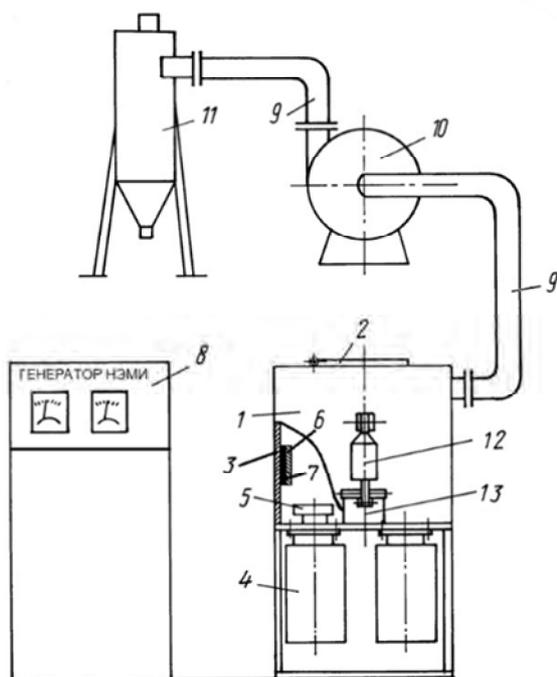


Рис. 3. Схема установки для вторичной переработки отходов из термопластов

ратора 1 через гибкие трубопроводы 9 воздуходушкой 10 из агломерата 1 вместе с парами воды, которые конденсируют в циклоне 11, а тестообразная масса благодаря гидродеструкции разделяется на мелкие гранулы. После отсоса паров воды из агломерата воздуходушка отключается и включается электроклапан пневматического цилиндра 12, открывается заслонка 13 и происходит выгрузка продукта из агломерата. После выгрузки автоматически включается электроклапан пневматического цилиндра 12 и заслонка 13 закрывается.

Выводы

1. Электрофизическая обработка термопластичных полимерных материалов посредством наносекундных электромагнитных импульсов приводит к снижению их физико-механических свойств, о чем свидетельствуют значения прочности на растяжение и твердости, при этом

установлено, что оптимальное время электрофизической обработки составляет 10 минут.

2. Разработан новый способ вторичной переработки отходов из термопластов, в схеме которого реализуется электрофизическая обработка перерабатываемых отходов термопластов посредством наносекундных электромагнитных импульсов, что позволит обеспечить повышение производительности процесса переработки и получение изделий со свойствами, максимально приближенными к первичному материалу.

Литература

1. Еренков О.Ю. Разработка и исследование нового способа модификации полимерного связующего путем электрофизического воздействия / О.Ю. Еренков, В.Л. Никищечкин // Пластические массы. – 2011. – № 11. – С. 61 – 64.
2. Еренков О.Ю. Исследование механических свойств стеклопластика в зависимости от продолжительности электрофизического воздействия на связующее / О.Ю. Еренков, Э.З. Ягубов // Конструкции из композиционных материалов. – 2011. – № 2. – С. 76–81.
3. Еренков О.Ю. Новая концепция высокопроизводительной токарной обработки полимерных материалов / О.Ю. Еренков, М.А. Сигитова // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2015. – № 9. – С. 42–43.
4. Белкин В.С. Наносекундные электромагнитные импульсы и их применение / В.С. Белкин, В.А. Бухарин, В.К. Дубровин и др. / под ред. В. В. Крымского. – Челябинск: Изд-во Южно-Уральского гос. ун-та. – 2001. – 110 с.
5. Карташов Э.М. Структурно-статистическая кинетика разрушения полимеров. / Э.М. Карташов, Б.Цой, В.В. Шевелев. – М.: Химия. – 2002. – 736 с.
6. Еренков О.Ю. Исследование механических свойств полимерных композитных материалов / О.Ю. Еренков, П.В. Игумнов, В.Л. Никищечкин // Вестн. машиностроения. – 2010. – № 4. – С. 61–63.
7. Пат. 2575726 Российская Федерация, (51) МПК В 29 С 43/02. Способ переработки отходов полиэтиленовой пленки / О.Ю. Еренков, М.Ю. Сарилон, Г.В. Коннова. – № 2014141856/05; заявл. 16.10.2014; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 5.

Поступила в редакцию 19.04.2016