



Научная статья

2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)

УДК 678.057.74

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.029



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Александр Павлович Лукьяненко ¹, Владимир Александрович Сомин ²,
Лариса Федоровна Комарова ³

^{1, 2, 3} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ ttertools@mail.ru

² vladimir_somin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3276-5174>

³ htie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9321-57292>

Аннотация. Рассмотрена проблема вторичного использования полимерных отходов, оцениваются существующие технологии их переработки, обеспечивающие минимизацию воздействия на окружающую среду. Приводятся результаты исследований по влиянию инертных добавок на свойства полимерных изделий из полиолефинов методом литья под давлением. Определено, что содержание меловой добавки выше 70 % приводит к потере прочности изделия, непроливаемости на станке и плохому съему с пресс-формы. Вместе с тем литьевой режим станка при изменении рецептуры остается в целом без резких изменений, а качество изделий соответствует эталонному образцу.

Ключевые слова: полимерные отходы, ресурсосбережение, пластиковые изделия, низкоуглеродные материалы.

Для цитирования: Лукьяненко А. П., Сомин В. А., Комарова Л. Ф. Совершенствование технологии литья полимерных изделий под давлением // Ползуновский вестник. 2023. № 3. С. 209–213. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.025. EDN: <https://elibrary.ru/SLEVIO>.

Original article

IMPROVEMENT OF POLYMER CASTING TECHNOLOGY PRODUCTS UNDER PRESSURE

Alexander P. Lukyanenko ¹, Vladimir A. Somin ², Larisa F. Komarova ³

^{1, 2, 3} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ ttertools@mail.ru

² vladimir_somin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3276-5174>

³ htie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9321-57292>

Abstract. The problem of the secondary use of polymer waste is considered, the existing technologies of their processing are evaluated, ensuring the minimization of the impact on the environment. The results of studies on the effect of inert additives on the properties of polymer products made of polyolefins by injection molding are presented. It was determined that the content of the chalk additive above 70% leads to a loss of the strength of the product, non-spillability on the machine and poor removal from the mold. At the same time, the injection molding of the machine remains generally unchanged when the formulation changes, and the quality of the products corresponds to the reference sample.

Keywords: polymer waste, resource conservation, plastic products, low-carbon materials.

For citation: Lukyanenko, A.P., Somin, V.A. & Komarova, L.F. (2023). Improvement of polymer casting technology products under pressure. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 209-213. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.029. <https://elibrary.ru/SLEVIO>.

© Лукьяненко А. П., Сомин В. А., Комарова Л. Ф., 2023

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно развивается направление использования вторичного сырья, в том числе полимерного. Это обусловлено широкой доступностью полимерных материалов, изделия из которых дешевы, просты в изготовлении, и им можно придать практически любую форму: листы, пленки, нити. Кроме того, они характеризуются высокой химической стойкостью к кислотам и щелочам, не пропускают воду, устойчивы к коррозии, имеют низкую тепло- и электропроводность.

Самыми распространенными полимерами являются поливинилхлорид (ПВХ), полиэтиленрефталат (ПЭТ), полипропилен (ПП), поликарбонат (ПК), полистирол (ПС), полиэтилен низкого давления (ПЭНД), полиэтилен высокого давления (ПЭВД), полибутилентерефталат (ПБТ); полиамид (ПА). В настоящее время база синтетических полимерных материалов насчитывает до 100 тысяч наименований [1].

Многообразие полимеров обуславливает аналогичный спектр отходов, образующихся в процессе их изготовления и использования. Поступая в окружающую среду, они вызывают неблагоприятные последствия в виде засорения территорий, выделения токсичных компонентов при возгорании и накоплении продуктов частичной деструкции в живые организмы (микропластик).

В этой связи возникает проблема переработки и вторичного использования образующихся отходов.

В настоящее время широко используются методы механической и химической переработки полимерных отходов.

Способ переработки пластиковых отходов определяется исходя из целевого назначения конечного изделия и физико-химических, технологических и механических свойств утилизируемого изделия. Однородные отходы чаще всего перерабатываются на месте их образования с предварительным измельчением и грануляцией.

Механический метод обеспечивает вторичное использование материалов с учетом некоторых потерь в их свойствах. Он может быть реализован непосредственно в месте накопления отходов и, как правило, не требует привлечения значительных ресурсов.

При использовании химической переработки происходит преобразование материалов в мономеры, из которых получается новое полимерное сырье, или топливо. Однако этот метод требует привлечения значительных ресурсов и специального оборудования.

Процесс переработки отходов во вторич-

ные гранулы включает в себя при необходимости очистку отходов на моющей линии от внешних загрязнений, сортировку на сепарационных аппаратах, измельчение дробилкой, переходом дробленого материала в вязкотекучее состояние с дальнейшим охлаждением и грануляцией.

План мероприятий по переработке отходов, образованных на месте производства, включает:

- соблюдение технологических режимов работы оборудования для предотвращения появления брака;
- минимизацию использования разнородных материалов как по химической структуре, так и по цветовому оттенку на одной рабочей единице;
- контроль и сортировку отходов согласно маркам и виду материала, цветовой гамме, по наличию модифицирующих и инертных добавок наполнителей.

Есть примеры успешного внедрения подобных технологий. В частности, авторами [2] выявлено, что при многократной переработке полимеров возможно сохранить их стабильность. Исследуемые материалы подвергались четырем циклам переработки, в ходе которых выяснилось, что физико-механические свойства уменьшаются незначительно по сравнению с исходными характеристиками. В частности, на примере полистирола выявлено, что используемый при переработке растворитель не модифицирует полимер в случае проведения процесса при низкой температуре. Это позволяет сохранить молекулярную цепочку полистирола и получать высококачественный вторичный продукт, который может быть использован при производстве электротехнической, строительной и другой продукции.

В Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова были изучены свойства вторичного полипропилена с добавками из золы уноса и золошлаков Южно-Уральской ГРЭС, вспенивателя ЧХЗ-21 и композитов, состоящих из полимерной матрицы и минерального наполнителя. Выявлено, что наилучшими физико-механическими свойствами обладает композит, полученный с добавкой к вторичному полипропилену 4 % вспенивателя и 25 % шлака. Образец имеет высокую степень водонепроницаемости. Полученный материал можно применять в качестве звукоизоляции на бетонном основании, теплоизоляции, гидроизоляции перегородок, стен и для упаковки изделий, конструкций [3].

Авторами [4] предложен химический метод утилизации одного из самых распростра-

ненных полимеров – полиэтилентерефталата. Отходы предварительно дробили и очищали на ультразвуковой установке, после чего перемешивали с модифицирующими реагентами: полиизобутиленом, фторопластом и дисульфидом молибдена. Полученную смесь сушили в вакуумном шкафу, затем перерабатывали в экструдере с получением готового продукта в виде гранул. Полученный в результате материал обладает низким коэффициентом трения и повышенной износостойкостью, сопоставимыми со свойствами исходных материалов.

Несмотря на многообразие вариантов переработки пластиковых отходов, более рациональным является минимизация их образования, что может быть достигнуто различными способами. В частности, фирма Protec Polymer Processing предложила при проведении литья под давлением использовать раствор Somos Perfoamer, который позволяет вспенивать формы. В результате достигается значительная экономия сырья [5].

Технология литья под давлением широко используется в производстве пластмассовых изделий сложной формы с точным соответствием заданных размеров. Увеличение производства таких материалов приводит к накоплению полимерных отходов, которые образуются на профильных предприятиях в виде литников, обрезков, обломов, брака. Как правило, такие отходы могут использоваться в качестве вторичного сырья почти на 90 %.

Рециклинг позволяет не только снизить негативное воздействие от отходов, но и за счет включения в состав сырья низкоуглеродных материалов сократить углеродный след.

В зависимости от качества исходного сырья гранулы вторичного материала могут подвергаться рециклингу до 4 раз, что связано с термической деструкцией при переработке, в результате которой уменьшается механическая прочность изделий, их проливаемость и потеря заданных производителями физико-химических свойств.

При использовании специальных добавок можно облегчить дальнейшую переработку изделий из пластмассы, придать необходимые физико-химические свойства готовому продукту и снизить усадку изделия.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

С целью снижения потребления исходного полимерного сырья в виде гранул при производстве пластмассовых изделий авторами было предложено на одном из предприятий г. Барнаула вводить инертную добавку в виде мела с массовым содержанием от 3 % до

15 % и одновременно произвести замещение части исходного сырья на вторичное, полученное при дроблении бракованных изделий. Норма расхода вторичного материала оставила от 15 % до 70 %. В эксперименте использовалась меловая добавка марки «CALTECH» с содержанием карбоната кальция порядка 80 %.

Испытания проводились на инжекционно-литьевой машине усилием смыкания в 180 тонн, пресс-форма для литья имела шесть контуров охлаждения на четыре гнезда литья.

Схема машины представлена на рисунке 1. Первичные и вторичные гранулы вместе с мелом и концентратом поступают в бункер, оттуда смесь подается непосредственно на термопласт-автомат. Бракованные изделия собираются в емкость 10, из которой поступают в дробилку 5, а из нее – на переплавку в экструдер 8. Расплав полимера охлаждается в ванне с водой 11, при прохождении через которую затвердевает, а затем измельчается и собирается в накопительной таре 12. Вторичный гранулят может быть переработан до 5 раз.

Были определены основные параметры работы литьевой машины при работе с минеральной добавкой: температура на горячеканальном блоке – 240 °С, время отливки изделия – 10,5 с, время охлаждения – 1,5 с.

Был определен предотвращенный выброс углекислого газа при использовании новой рецептуры, который составил 565 м³ в год для одного термопласта-автомата производительностью 400 кг сырья в сутки.

Проведённые мероприятия по настройке режима литья (увеличение дозы загрузки) показало следующее:

- литьевой режим станка при изменении рецептуры остается в целом без резких изменений;
- качество изделий соответствует эталонному образцу;
- испытания на усадку изделия по истечении 24 часов удовлетворительны.

При проведении испытаний было определено, что содержание мела выше 70 % приводит к потере прочности изделия, непроницаемости на станке и плохому съему с пресс-формы.

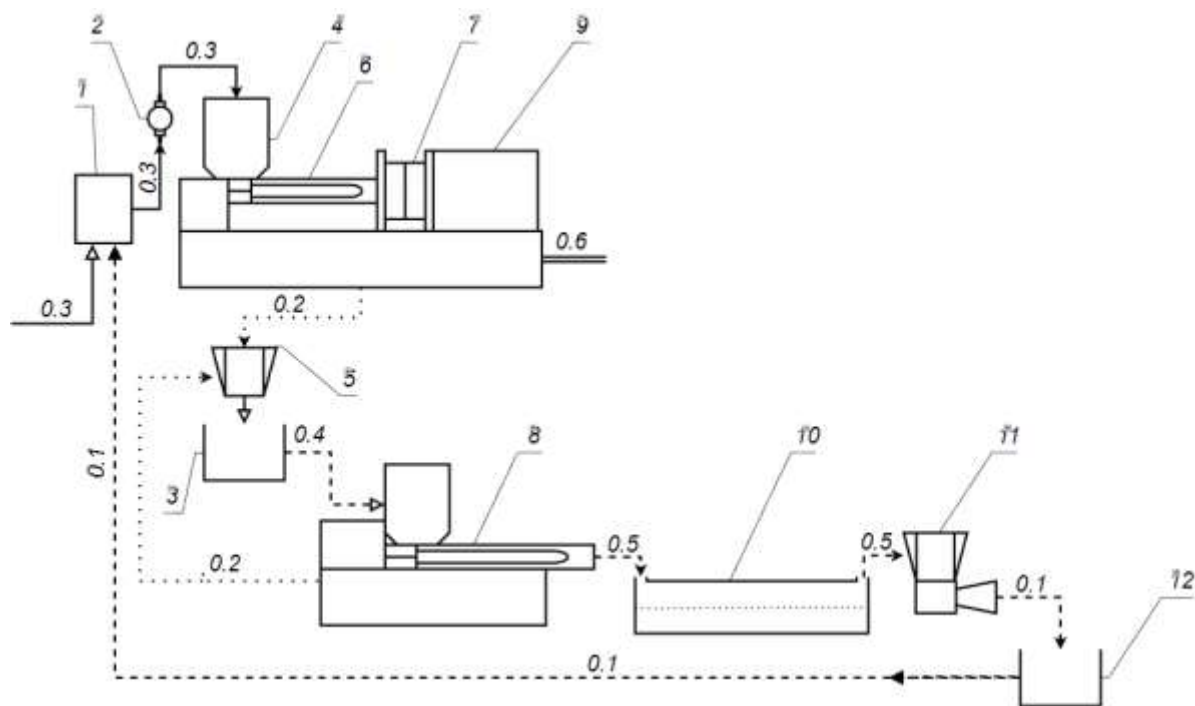
Таким образом, исследования показали, что литьевой режим станка при изменении рецептуры остается в целом без значительных изменений, а качество изделий соответствует эталонному образцу, что позволяет рекомендовать выбранные параметры процесса к выпуску в серийное производство.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены испытания на новых рецептурах и вторичного гранулированного материала с меловой добавкой показали, что подобранные технологические параметры поз-

волят снизить усадку изделий, их себестоимость, а также сократить количество потребляемого исходного сырья в виде первичного пластика и сделать производство более экологичным.



1 – бак хранения; 2 – вакуумный загрузчик; 3 – бак накопления дробленого материала; 4 – бункер-сушилка; 5 – дробилка; 6 – материальный цилиндр; 7 – пресс-форма; 8 – экструдер; 9 – узел смыкания; 10 – ванна с водой; 11 – нож; 12 – бак хранения вторичных гранул

Обозначение потоков:

0.1 – вторичный гранулированный материал; 0.2 – технологический и литьевой брак; 0.3 – основное сырье с добавками; 0.4 – дробленый технологический и литьевой брак; 0.5 – переработанный дробленый материал; 0.6 – готовая продукция

Рисунок 1 – Схема производства пластмассовых изделий на литьевой машине

Figure 1 – Diagram of the production of plastic products on an injection molding machine

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потапова Е.В. Проблема утилизации пластиковых отходов / Известия Байкальского государственного университета, ИрГТУ, Иркутск, 2018. № 28(4). С. 535–544.

2. Кирш И.А., Овсянников С.А., Безнаева О.В., Банникова О.А., Губанова М.И., Новиков М.Н., Тверитникова И.С. / Перспективы повторной переработки отходов одноразовой упаковки / HEALTH, FOOD & BIOTECHNOLOGY, Т. 4, № 2, 2022. С. 31–47.

3. Гукова В.А., Ершова О.В. Эксплуатационные характеристики композиционных материалов на основе вторичного полипропилена и техногенных минеральных отходов / Приоритетные научные направления: от теории к практике, № 11, 2014. С. 149–154.

4. Данюшина Г.А., Стрельников В.В., Шишка Н.В. Химическая переработка полиэтилентерефталата / Электронный научный журнал Инженерный вестник Дона, № 2. 9. С. 2017.

5. Абрамов В.В., Чалая Н.М., Абрамушкина О.И. Пластмассы: мировые тенденции производства, применения, переработки и утилизации. По материалам выставок к-2019 и Пластевразия 2019. Пластические массы, № 7–8, 2020. С. 53–60.

Информация об авторах

А. П. Лукьяненко – аспирант АлтГТУ.
В. А. Сомин – д.т.н, зав. кафедрой химической техники инженерной экологии института биотехнологий, пищевой и химической инженерии.

Л. Ф. Комарова – д.х.н., профессор кафедры химической техники и инженерной экологии.

REFERENCES

1. Potapova, E.V. (2018). The problem of plastic waste disposal. *Izvestia of Baikal State University, IrSTU, Irkutsk.* 28(4). 535-544. (In Russ.).

2. Kirsh, I.A., Ovsyannikov, S.A., Beznayeva, O.V., Bannikova, O.A., Gubanov, M.I., Novikov, M.N. & Tveritnikova, I.S. (2022). Prospects repeat-waste recycling of disposable packaging. *Health, Food & Biotechnology*. 4(2), 31-47. (In Russ.).

3. Gukova, V.A. & Ershova, O.V. (2014). Operational characteristics of composite materials based on recycled polypropylene and technogenic mineral waste. *Priority scientific directions: from theory to practice*, (11). 149-154. (In Russ.).

4. Danyushina, G.A., Strelnikov, V.V. & Shishka, N.V. (2017). Chemical processing of polyethylene-reftalate. *Electronic scientific journal Ingenery vestnik. Don*. (2). 9. (In Russ.).

5. Abramov, V.V., Chalaya, N.M., Abramushkina, O.I. (2020). Plastics: global trends in production, application, processing and disposal. Based on

the materials of the exhibitions k-2019 and Plastevrasia. *Plastic Masses*, (7-8). 53-60. (In Russ.).

Information about the authors

A. P. Lukyanenko - PhD student of Polzunov Altai State Technical University.

V.A. Somin - Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Chemical Engineering of Environmental Engineering of the Institute of Biotechnology, Food and Chemical Engineering of Polzunov Altai State Technical University.

L.F. Komarova - Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemical Engineering and Environmental Engineering of Polzunov Altai State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 28.03.2023; одобрена после рецензирования 13.08.2023; принята к публикации 11.09.2023.

The article was received by the editorial board on 28 Mar 2023; approved after editing on 13 Aug 2023; accepted for publication on 11 Sep 2023.