

АНАЛИЗ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ КАБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Николаев О.О., Бритов В.П.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), г.Санкт-Петербург*

Ключевые слова: переработка отходов, сшитый полиэтилен, сепарация.

Аннотация. В статье затрагиваются вопросы вторичного использования полимерных отходов промышленных производств. В рамках исследования был проведен качественный и количественный анализ полимерных отходов, получаемых при утилизации кабельной продукции нефтегазовых компаний. В статье указывается на экономическую нецелесообразность применения традиционных схем переработки полимерных отходов подобного типа. В результате проведения поисковых исследований на базе традиционных способов вторичной переработки предложена инновационная технология переработки полимерных отходов с высоким содержанием сшитого полиэтилена (РЕ-Х). Разработана установка сепарации полимерных смесей с системой саморегуляции.

В настоящее время в России уделяется большое внимание высоким эксплуатационным характеристикам полимерных изделий (срок использования, надежность, безопасность и пр.), тем не менее, большая часть полимерных изделий имеет ограниченный срок службы, по истечении которого они выводятся из эксплуатации и утилизируются. Разнообразие полимерных отходов бытового происхождения велико и организовать высокоэффективную систему сбора и утилизации (вторичного использования) отходов в России удастся еще не скоро. Лишь малый процент полимерных отходов бытового происхождения сортируется и используется должным образом. Ситуация с промышленными полимерными отходами несколько иная. Для этого направления относительно просто реализуется система селективного сбора и утилизация (вторичное использование) полимерных отходов [1].

В рамках поисковой работы на кафедре ОРПП (СПбГТИ(ТУ)) было проведено исследование по оценке возможности повторного использования отходов кабельной продукции нефтегазовых компаний на примере нефтепогружных кабелей с полиолефиновой изоляцией, объем которых на сегодняшний день исчисляется десятками тысяч тонн.

На первом этапе исследования был проведен качественный анализ накопленных и поступающих полимерных отходов. Опираясь на декларации производителей кабельной продукции данного назначения, отмечается широкое использование следующих материалов: РЕ (полиэтилен), РР (полипропилен), РЕ-Х (сшитый полиэтилен). Детальный анализ имеющихся отходов показал наличие большого количества посторонних примесей. Так, в составе различных партий обнаруживались значительные количества FEP (фторопласт 4 МБ). В небольших количествах встречались пленки PTFE (фторопласт 4), пленки PI (полиимида), кусковая медь (элементы токопроводящей жилы), свинец, листовая сталь

(обрезки брони кабеля). В качестве сопутствующих загрязнений присутствует нефть, вода и песок.

Наличие посторонних включений в составе полимерных отходов обусловлено достаточно низким уровнем технического оснащения участков по разделке выведенной из эксплуатации кабельной продукции. Поскольку целевым и наиболее ценным продуктом утилизации является медь, логистика рециклинга полимерной составляющей кабелей отходит на второй план. Попытка акцентировать внимание на проблеме селективного сбора полимерных отходов несколько улучшила ситуацию, но не решила ее полностью. Кроме этого, конструкция некоторых кабельных систем предусматривает применение различных посторонних материалов при монтаже и ремонте кабельных линий.

Анализ множества партий полимерных отходов, поступающих на переработку, позволил оценить усредненный состав и его крайние вариации. Содержание сшитого полиэтилена было определено методом экстракции.

Табл. 1. Качественный состав отходов при разделке нефтепогружных кабелей с температурой эксплуатации от 80 до 120°C

№ п/п	Компонент смеси		Усредненное содержание	Предельное содержание
			%, масс.	%, масс.
1	Полипропилен	PP	40	до 100
2	Полиэтилен	PEHD	40	до 100
3	Полиэтилен сшитый (радиационн.)	PE-X	20	до 100
4	Фторопласт	PTFE, FEP	0,25	до 10
5	Полиимид	PI	0.1	-
6	Песок (грунт)		1	-
7	Медь		0,2	-
8	Сталь		0,1	-
9	Свинец		0,1	-
10	Нефть		3	До 10

Существенной проблемой для прямой переработки полимерных отходов являются небольшие объемы единичных партий (не более 500-700 кг), при этом качественный состав партий может различаться кардинально. Оценить качественный состав на основе органолептического анализа затруднительно, а приборный анализ экономически нерентабелен. Кроме этого, некоторые конструкции кабеля предусматривают получение неразделяемых участков полимерной изоляции, в составе которых присутствует сшитый полиэтилен (PE-X).

Результаты экспериментов показали, что отделение металлов, песка, нефтяного загрязнения может быть решено в рамках традиционных технологий. Существенную проблему представляет терморезактивный PE-X (сшитый

полиэтилен), доля которого может составлять от 0 до 100 % в единичном объеме отходов.

При применении прямой регрануляции с предварительным дроблением отходов до фракции 3-7мм (рис. 1) проявились особенности поведения сшитой фракции полимера. Было отмечено, что фильтрование расплава от неплавящейся фракции РЕ-Х не дает результата из-за высокой эластичности частиц РЕ-Х при температурах переработки. Так, например, частица РЕ-Х размером 3-4 мм с легкостью проходит под давлением через отверстие фильтра 0,5 мм, после чего восстанавливает свои размеры и форму, что крайне негативно сказывается на прочности и внешнем виде изделий изготовленных методом литья под давлением и, особенно, экструзией.

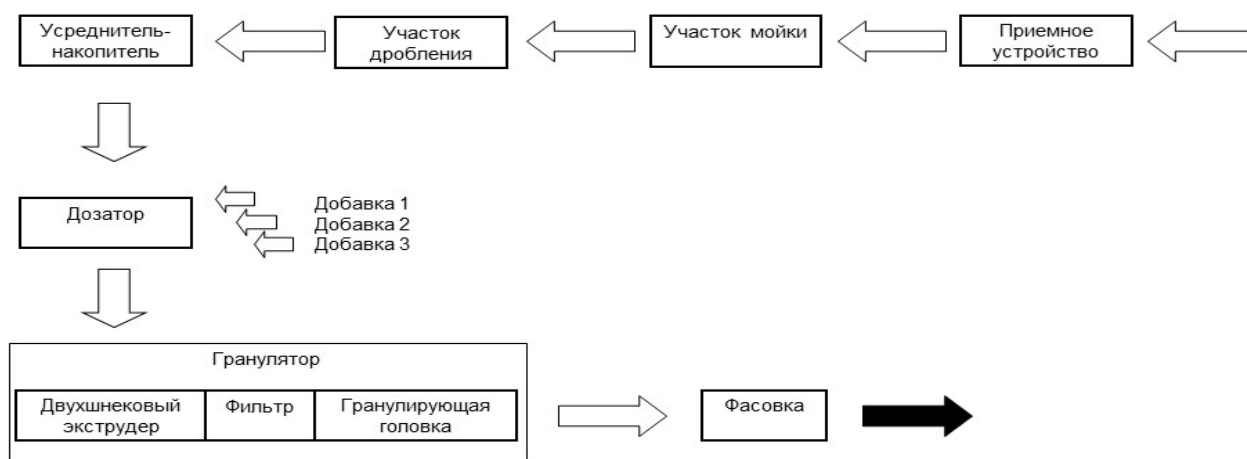


Рис. 1. Технологическая схема прямой регрануляции полимерных отходов

Применение более тонкой фильтрации приводит к мгновенному засорению фильтра даже при незначительном содержании сшитой фракции.

Традиционная схема очистки, дробления и регрануляции полимерных отходов позволила получить удовлетворительные результаты только при тщательном дроблении отходов до фракции не более 1,5-2 мм и предельном содержании РЕ-Х 25-28%. В противном случае, полимерный регранулят создавал технологические сложности при вторичном применении. Однако, использование оборудования для тонкого измельчения отходов многократно увеличивает стоимость продукта и делает процесс экономически нецелесообразным.

На основании результатов проделанной работы, была разработана система непрерывной автоматической сепарации термопластичных фракций от эластичных или твердых включений с переменным содержанием последних и предложена инновационная схема дробления полимерного материала (Рисунок 2), при которой тонкому дроблению подвергается только фракция с высоким содержанием РЕ-Х [2]. Для других компонентов смеси при регрануляции допускается размер частиц до 10-15мм. Однако, отделить компонент РЕ-Х механическим, электростатическим или каким-либо другим способом в твердом состоянии не представлялось возможным в силу схожести физических свойств или экономически целесообразным.

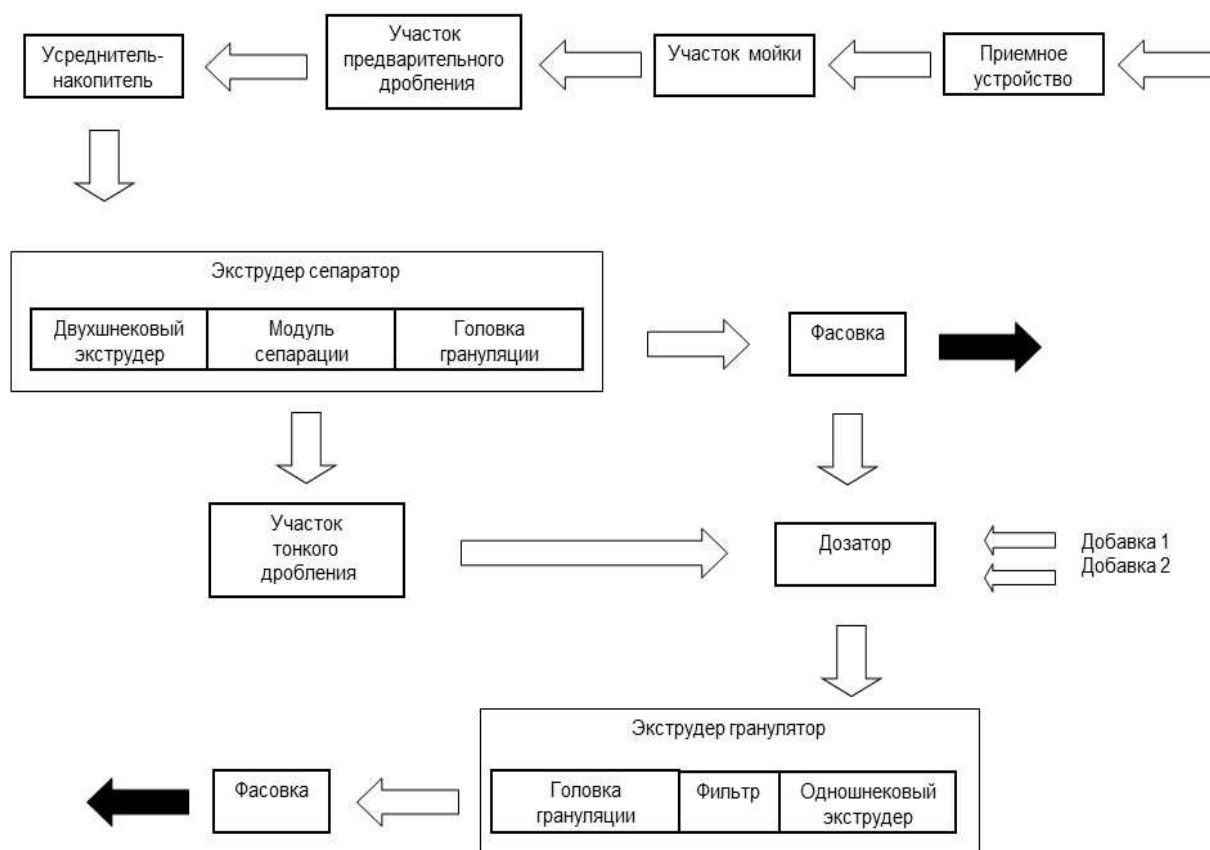


Рис. 2. Технологическая схема регрануляции отходов полимеров с использованием дополнительного дробления неплавкой фракции

Использование непрерывного автоматического сепаратора малого давления позволило избежать «тонкого» дробления всего потока полимерных отходов [3]. Дроблению до фракции 0,5 подвергался только поток с высоким содержанием РЕ-Х. Содержание РЕ-Х в отделенном продукте составляло около 65-80%. После чего этот компонент можно использовать как инертный наполнитель для полимерных смесей.

Применение селективного подхода к измельчению полимерных отходов позволяет прогнозировать уменьшение затрат на дробление в 4 раза. Кроме этого, дозированное введение тонко измельченного РЕ-Х в полимерную композицию позволяет регулировать состав получаемого вторичного материала, что существенно расширяет его применение.

Краткие выводы. В рамках исследования проведен качественный и количественный анализ полимерных отходов, получаемых при утилизации кабельной продукции нефтегазовых компаний. На базе традиционного способа предложена инновационная технология переработки полимерных отходов, которая основана на селективном дроблении различных компонентов полимерных смесей. Для реализации данной технологии был разработан автоматический сепаратор малого давления. Применение разработанного способа селективного дробления позволило обеспечить экономическую целесообразность повторного использования отходов подобного типа и, в значительной мере снизить остроту экологических проблем, связанных с загрязнением окружающей среды комплексными полимерными отходами.

Список литературы

1. Вторичная переработка пластмасс / Ф.Ла Мантия (ред.); пер. с англ. Под ред. Г.Е. Заикова. – СПб.: Профессия, 2006. – 400 с.
2. Николаев О.О., Бритов В.П. Инновационная схема регрануляции полимерных отходов содержащих сшитый полиэтилен // Материалы научной конференции "Традиции и Инновации", посвященной 190-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) (22-23 ноября 2018г.). – СПб., 2018. – С. 119.
3. Николаев О.О., Бритов В.П. Непрерывная сепарация полимерных отходов с высоким содержанием твердых и эластичных загрязнений // Материалы научной конференции "Традиции и Инновации", посвященной 189-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) (30 ноября-1 декабря 2017г.). – СПб., 2017. – С.122.

Сведения об авторах:

Николаев Олег Олегович – к.т.н., доцент кафедры оборудования и робототехники переработки пластмасс, СПбГТИ (ТУ), г.Санкт-Петербург;

Бритов Владислав Павлович – д.т.н., профессор кафедры оборудования и робототехники переработки пластмасс, СПбГТИ (ТУ), г.Санкт-Петербург;

ANALYSIS AND TECHNOLOGICAL DECISION OF RECYCLING OF POLYMER WASTE CABLE INDUSTRY

Nikolaev O.O., Britov V.P.

Keywords: recycling, cross-linked polyethylene, separation.

Abstract. The article touches upon the issues of the recycling of polymer wastes of industrial production. In the framework of the study, a qualitative and quantitative analysis of polymer waste obtained from the utilization of cable products of oil and gas companies was carried out. The article focuses on the economic inexpediency of the use of traditional schemes of processing of polymer waste of this type. An innovative technology for processing polymer waste with a high content of cross-linked polyethylene (PE-X) is proposed on the basis of traditional methods of recycling. The installation of self-regulating separation of polymer mixtures was developed.

Reference

1. Handbook of plastics recycling. F La Mantia (ed). Rapra Technology, Shrewsbury UK, 2002. p 441.
2. Nikolaev O.O., Britov V.P. Innovative scheme of the regranulation of polymer waste with cross-linked polyethylene. / Proceedings of the scientific conference "Traditions and Innovations", dedicated to the 190th anniversary of the St. Petersburg state technological Institute (technical University) (22-23 November 2018).-SPb.- 2018. - P.119.
3. Nikolaev O.O., Britov V.P. Continuous separation of plastic waste with a high content of solid and elastic contamination. / Proceedings of the scientific conference "Traditions and Innovations", dedicated to the 189th anniversary of the St. Petersburg state technological Institute (technical University) (November 30-December 1, 2017).-SPb.- 2017. - P. 122.