

УДК 678.024

Е. З. Хрол, А. Ф. Петрушеня, М. М. Ревяко, Е. П. Пучинская
Белорусский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ОАО «БЕЛЦВЕТМЕТ»

В статье описываются состав, структура, эксплуатационные и технологические характеристики полимерсодержащих отходов, образующихся в результате разделки аккумуляторных батарей в ОАО «Белцветмет». Такие отходы можно разделить на два типа, которые в работе предлагается использовать, соответственно, в качестве полимерной матрицы и наполнителя при получении полимерных композиций. Было выявлено, что образцы композиционных материалов на основе отходов по сравнению с первичным сырьем имеют достаточно высокие эксплуатационные характеристики (прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве, прочность при изгибе, модуль упругости при растяжении и изгибе, ударная вязкость, плотность, усадка, водопоглощение). Такие композиты могут использоваться для изготовления изделий технического назначения, к которым не предъявляется жестких требований. Предложенные материалы могут перерабатываться с применением стандартных методов на обычном оборудовании. В работе также подобран режим получения изделий из предложенных полимерных композитов методом литья под давлением и указаны возможные варианты изделий, которые могут получаться из исследуемых материалов. Изготовление композиций из полимерсодержащих отходов позволяет предприятию получать дополнительную прибыль и снижать степень воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: полимерсодержащие отходы, эксплуатационные и технологические характеристики, полимерные композиты, параметры переработки.

E. Z. Khrol, A. F. Petrushenia, M. M. Revyako, E. P. Puchinskaya
Belarusian State Technological University

DEVELOPMENT OF PROCESSING TECHNOLOGY FOR POLYMER WASTE OF JSC “BELTSVETMET”

The article describes the composition, structure, performance and technological characteristics of polymer wastes resulting from cutting of batteries on JSC “Beltsvetmet”. Such wastes can be divided into two types that are encouraged to use as a polymer matrix and a filler, respectively, during polymer composites production. It was revealed that the samples of composite materials based on wastes compared to primary raw materials have a high enough performance (tensile strength, elongation at break, bending strength, tensile and bending module of elasticity, impact strength, density, shrinkage, water absorption). Such composites can be used for the manufacture of products for technical purposes which do not impose stringent requirements. Offered materials can be processed by standard methods on an ordinary equipment. The mode of obtaining products from polymeric composites by injection molding method is also matched in the paper. The products that can come from the materials are proposed. Making of composite materials from polymer wastes allows to the enterprise to get an additional profit and reduce the degree of influence on environment.

Key words: polymer wastes, performance and technological properties, polymeric composites, processing parameters.

Введение. С каждым годом в Республике Беларусь все актуальнее становится проблема вторичного использования различных отходов производства и потребления. Подобные отходы могут применяться в качестве вторичного сырья, что снижает потребность страны в первичных природных ресурсах. Ситуация усугубляется еще

и тем, что во многих случаях такие отходы в Республике Беларусь утилизируются путем захоронения на полигонах, что негативным образом сказывается на состоянии окружающей среды. Используя вторично такие отходы, можно не только достичь экономического эффекта, но и улучшить экологическую ситуацию в стране.

Одним из видов отходов, которые в настоящее время в стране используются неэффективно, являются полимерсодержащие отходы, получаемые в результате разделки аккумуляторных батарей в ОАО «Белцветмет». Часть этих изделий используется в качестве вторичного сырья для формирования изделий, в то время как вторая часть чаще всего утилизируется путем захоронения на полигоне. В связи с этим возникает вопрос о возможности более полного использования таких отходов для нужд производства, что позволило бы снизить нагрузку со стороны перерабатывающего предприятия на окружающую среду [1].

Основная часть. В настоящей работе описываются результаты исследования, направленного на разработку эффективной технологии утилизации полимерсодержащих отходов, образующихся в ОАО «Белцветмет» в результате разделки аккумуляторных батарей. На первой стадии работы был определен состав и структура подобных отходов [2]. Полимерсодержащие отходы, образующиеся в ОАО «Белцветмет», можно разделить на два типа:

- 1) отходы, образующиеся в результате разделки корпусов аккумуляторных батарей (КАБ);
- 2) отходы, образующиеся в результате разделки внутренней части аккумуляторных батарей (ПОАБ).

Отходы двух указанных типов существенно отличаются по составу и свойствам – КАБ состоят, в основном, из термопластичного полипропилена, в то время как ПОАБ содержат большое количество сшитого, неплавкого ма-

териала. Был сделан вывод о том, что отходы первого типа можно использовать в качестве полимерной матрицы, в то время как отходы второго типа – в качестве наполнителя [2]. В работе были исследованы композиции, сформированные на базе этих компонентов.

В результате проведения исследований было выяснено, что композиции на основе КАБ, содержащие в качестве наполнителя ПОАБ, имеют вполне приемлемые физико-механические характеристики (табл. 1). Подобные композиции потенциально могут использоваться для формирования изделий технического назначения, к которым не предъявляется жестких требований [3].

Однако актуальным являлся также вопрос проверки технологических характеристик предлагаемых композиций. В связи с этим в работе были проведены исследования показателей, характеризующих возможность получения из этих материалов изделий методом литья под давлением. Так, в частности, было выявлено, что значение показателя текучести расплава (ПТР) для КАБ составляет $(2,4 \pm 0,08)$ г/10 мин, что соответствует нижней границе для переработки его литьем под давлением. Был сделан вывод о том, что данный материал и композиции на его основе можно перерабатывать методом литья под давлением. В то же время за счет введения в композиции на основе КАБ измельченных отходов ПОАБ вязкость расплава полимера в некоторой степени повышается, в результате чего его становится сложнее переработать указанным методом.

Таблица 1

Эксплуатационные и технологические свойства композиций, полученных из полимерсодержащих отходов аккумуляторных батарей

Показатель	Материал					Полипропилен*
	КАБ	КАБ + 5% ПОАБ	КАБ + 10% ПОАБ	КАБ + 15% ПОАБ	КАБ + 20% ПОАБ	
Насыпная плотность, г/см ³	0,33	–	–	–	–	0,4–0,5
Естественный угол откоса, град.	31,5	–	–	–	–	–
Линейная усадка, %	1,0	–	1,46	–	1,13	1,0–2,5
ПТР, г/10 мин	$2,40 \pm 0,08$	–	–	–	–	–
Плотность, г/см ³	0,92	0,93	0,95	0,98	1,02	0,90–0,91
Предел текучести при растяжении, МПа	24,2	20,3	18,4	18,2	17,1	25–35
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	17,3	18,4	16,0	15,7	15,7	30–32
Модуль упругости, МПа:						
– при растяжении	807	679	670	645	643	1220
– при изгибе	1136	1193	1165	1117	1099	1860
Изгибающее напряжение при изгибе при максимальной нагрузке, МПа	32,7	33,4	31,6	30,2	28,7	50
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ²	39,3	46,7	38,0	28,7	27,3	20–40
Коэффициент водопоглощения, %	0,06	–	–	–	0,15	0,09

* Для справки [4].

Экспериментально было выявлено, что методом литья под давлением можно перерабатывать композиции на основе КАБ, содержащие до 20% ПОАБ. При дальнейшем увеличении содержания ПОАБ в полимерной композиции текучесть расплава материала снижается в такой степени, что он теряет способность полностью заполнять формующую полость.

Широко известно, что технологические параметры процесса формования изделия оказывают существенное влияние на их эксплуатационные характеристики. В связи с этим в работе был проведен анализ оптимальных параметров литья под давлением полимерных композиций, при котором достигаются максимальные деформационно-прочностные характеристики формующих изделий. Образцы получались из композиций на основе КАБ и ПОАБ (содержание 10 и 20%) на литьевой машине Kuasu 60/20 при различных значениях температуры литья, после чего оценивались физико-механические характеристики этих образцов. Испытания образцов проводились по ГОСТ 11262–80 на тензомере Instron 2020. Результаты таких исследований представлены на рис. 1 и 2.

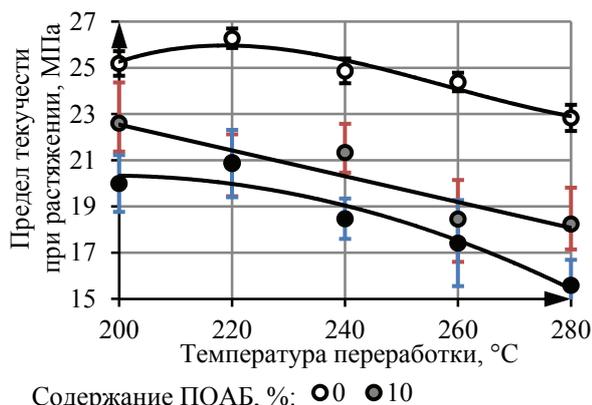


Рис. 1. Зависимость предела текучести при растяжении полимерных композиций от температуры их переработки и содержания в них ПОАБ

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что перерабатывать КАБ и композиции на его основе целесообразно в диапазоне температур от 220 до 240°C, поскольку при таких условиях достигаются максимальные эксплуатационные характеристики получаемых образцов. Такой результат хорошо согласуется с информацией об оптимальном режиме переработки полипропилена, который составляет большую часть КАБ. Кроме того, в работе были проанализированы и другие параметры процесса переработки композиций на основе КАБ и ПОАБ. В табл. 2 приведен полный перечень оптимальных параметров получения изделий из подобных материалов.

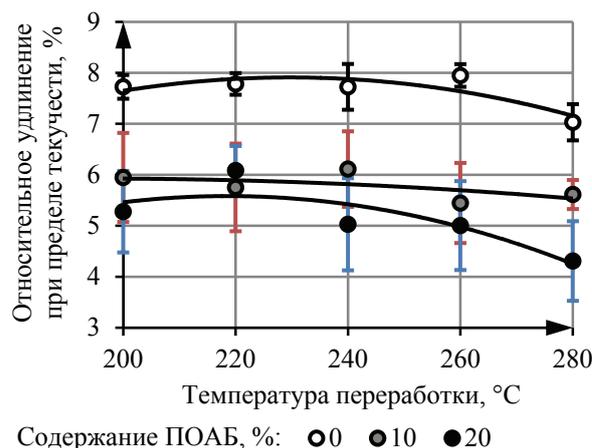


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения при пределе текучести при растяжении полимерных композиций от температуры их переработки и содержания в них ПОАБ

Таблица 2

Оптимальные параметры переработки композиций на основе КАБ и ПОАБ методом литья под давлением

Параметр процесса литья под давлением	Значение параметра
Температура литья, °C	220–240
Температура формы, °C	40–60
Давление литья, не менее, МПа	120
Время охлаждения (в зависимости от толщины изделия), с	30–60
Время выдержки под давлением (в зависимости от толщины изделия), с	4–12

Заключение. В ходе работы были выявлены оптимальные режимы изготовления изделий из композиций на основе полимерсодержащих отходов, образующихся в ОАО «Белцветмет» в результате разделки аккумуляторных батарей. Подобные материалы имеют достаточно высокие эксплуатационные и технологические характеристики (прочность при растяжении композиций меньше прочности исходного полипропилена на 5–20%), что позволяет изготавливать из них изделия технического назначения, к которым не предъявляется жестких требований. При необходимости, предложенные композиции могут модифицироваться с целью придания получаемым изделиям каких-то специфических свойств.

Кроме того, за счет целевого использования всех образующихся полимерсодержащих отходов предприятие имеет возможность уменьшать количество отходов, утилизируемых путем захоронения на полигоне, уменьшая тем самым воздействие на окружающую среду и, одновременно, уменьшая затраты на такую утилизацию, достигая дополнительного экономического эффекта.

Данные, полученные в результате проведения исследования, могут использоваться на практике при разработке конструкции и техно-

логических режимов промышленных процессов производства конкретных изделий из полимерных композиционных материалов.

Литература

1. Перспективы использования смешанных полимерных отходов аккумуляторных батарей для формования изделий / О. И. Карпович [и др.] // Труды БГТУ. 2012. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 3–6.
2. Состав и структура полимерсодержащих отходов ОАО «Белцветмет» / О. И. Карпович [и др.] // Труды БГТУ. 2015. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 74–77.
3. Физико-механические свойства композиционных материалов на основе полимерсодержащих отходов, образующихся в ОАО «Белцветмет» / О. И. Карпович [и др.] // Труды БГТУ. 2015. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 78–82.
4. Технические свойства полимерных материалов: учеб.-справ. пособие / В. К. Крыжановский [и др.]. СПб.: Профессия, 2003. 240 с.

References

1. Karpovich O. I., Kalinka A. N., Spiglazov A. V., Melyuh E. P. Perspectives of using mixed polymer waste from accumulators for parts molding. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 4, Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 3–6 (In Russian).
2. Karpovich O. I., Revyako M. M., Khrol E. Z., Dubina A. V. Composition and structure of polymer waste at JSC “Beltsvetmet”. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 4, Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 74–77 (In Russian).
3. Karpovich O. I., Narkevich A. L., Khrol E. Z., Petrushenya A. F., Pozhen'ko Ya. I. Physical and mechanical properties of composite materials polymer waste at JSC “Beltsvetmet”. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 4, Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 78–82 (In Russian).
4. Kryzhanovskiy V. K., Burlov V. V., Panimatchenko A. D., Kryzhanovskaya Yu. V. *Tekhnicheskiye svoystva polimernykh materialov: uchebno-spravochnoye posobiye* [Technical properties of polymeric materials: training and reference manual]. St. Petersburg, Professiya Publ., 2003. 240 p.

Сведения об авторах

Хрол Евгений Зенонович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: khrolez@belstu.by

Петрушеня Александр Федорович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: petraf@belstu.by

Ревяко Михаил Михайлович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: revjako@mail.ru

Пучинская Екатерина Петровна – студентка. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь).

Information about the authors

Khrol Evgeniy Zenonovich – PhD (Engineering), Senior Lecturer, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: khrolez@belstu.by

Petrushenia Aliaksandr Fedorovich – PhD (Engineering), Senior Lecturer, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: petraf@belstu.by

Revyako Mihail Mihaylovich – DSc (Engineering), Professor, Professor, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: revjako@mail.ru

Puchinskaya Ekaterina Petrovna – student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

Поступила 09.02.2016