

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Чупрова Л.В.<sup>1</sup>, Муллина Э.Р.<sup>1</sup>, Мишурина О.А.<sup>1</sup>, Ершова О.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия (455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38), e-mail: lvch67@mail.ru

Получены композиционные материалы на основе вторичных полимеров: полиэтилентерефталата, полиэтилена и полипропилена. Определён ПТР расплавов на приборе ИИРТ – 5. По величине показателя текучести расплавов установлено, что композиты можно перерабатывать методом литья под давлением. Переработка полимерной композиции экструзией существенно затруднится, так как при температуре переработки полиэтилентерефталата наблюдается деструкция полиэтилена и полипропилена, что повлияет на качество готовых изделий. Экспериментально определено оптимальное соотношение вторичных полимеров в композиционных материалах. Исследованы физико-механические свойства полученных образцов. Результаты исследования химической стойкости композитов позволяют отнести их к классу «стойкие». Доказана возможность использования полимерной композиции в качестве упаковочного материала для изготовления тары.

Ключевые слова: вторичные полимеры, полиэтилентерефталат (ПЭТ), полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), композиционный материал, температура переработки, показатель текучести расплава (ПТР).

## FEASIBILITY ANALYSIS OF COMPOSITE MATERIALS ON THE BASIS OF SECONDARY POLYMERS

Chuprova L.V.<sup>1</sup>, Mullina E.R.<sup>1</sup>, Mishurina O.A.<sup>1</sup>, Ershova O.V.<sup>1</sup>

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia (38 Lenin Avenue, Magnitogorsk, 455000), e-mail: lvch67@mail.ru

Composite materials were obtained from such secondary materials as polyethylene terephthalate, polyethylene and polypropylene. Melt flow index of the melt was determined using IIRT – 5 apparatus. By the value of the melt flow index it was that the composite materials can be processed by the injection moulding method. Processing of polymer compound by extrusion is quite difficult as the high temperature of polyethylene terephthalate processing causes destruction of polyethylene and polypropylene thus influencing the final product quality. Optimum share of secondary polymers in the composite materials was determined experimentally. Mechanical and physical properties of the obtained samples were studied. The results of the chemical stability tests made it possible to refer these composite materials to the chemically resistant class. The research group proved that polymer compounds can be used to manufacture packaging materials.

Keywords: secondary polymers, polyethylene terephthalate, polyethylene, polypropylene, composite material, processing temperature, melt flow index.

В настоящее время экологическую ситуацию в мире можно охарактеризовать как близкую к критической. Одной из наиболее серьёзных экологических проблем, стоящих перед многими промышленно развитыми странами, является загрязнение окружающей среды бытовыми и промышленными отходами. Из общего числа отходов, ежегодно образующихся на земном шаре, 7 млрд тонн приходится на Россию, на территории которой уже накоплено 80 млрд тонн твердых отходов, некоторые из них обладают такими нежелательными свойствами, как токсичность, канцерогенность, мутагенность, реакционная способность и пожароопасность[5].

Твердые бытовые отходы содержат 40% бумажных и картонных отходов; 25% пищевых отходов; 15% полимерных отходов; 5% металлов; 5% отходов стекла; 5% текстиля, и 5% составляют другие отходы.

В ближайшие 10 лет производство и потребление полимерных материалов в России будет расти опережающими темпами по сравнению с темпами роста промышленного производства. Это приведет к дальнейшему обострению экологических и экономических проблем, обусловленных ростом количества полимерных отходов. По разным оценкам, их ежегодное накопление составляет от 800 тыс. до 1 млн т в год, а средний уровень сбора и переработки не превышает 13 % [7].

По оценке НИЦПУРО, в структуре образующихся полимерных отходов 34 % составляют отходы полиэтилена (ПЭ), 20,4 % — полиэтилентерефталата (ПЭТФ), 17 % — комбинированных материалов на основе бумаги и картона, 13,6 % — поливинилхлорида (ПВХ), 7,6 % — полистирола (ПС), 7,4 % — полипропилена (ПП). Наибольшим уровнем сбора и переработки характеризуются отходы ПЭ — 20 %, ПП — до 17 %, отходов ПВХ перерабатывается не более 10 %, ПС — 12 %, ПЭТФ — около 15% [4].

Полимерные отходы сложно утилизировать традиционными методами. При их сжигании образуются опасные для здоровья человека и окружающей среды соединения, которые не могут быть полностью удалены или нейтрализованы имеющимися технологиями. Не является решением проблемы и захоронение отходов пластмасс в землю, и не только по причине длительных сроков их разложения, но и по причине значительных объемов (25%). Следовательно, наиболее перспективным направлением утилизации полимерных отходов является их вторичная переработка. Использование вторичных пластмасс в качестве новой ресурсной базы — одно из наиболее динамично развивающихся направлений переработки полимерных материалов в мире. Для России оно является достаточно новым. Однако интерес к получению более дешевых ресурсов, которыми являются вторичные полимеры, весьма ощутим, поэтому мировой опыт их вторичной переработки успешно востребуется.

**Исследование проводилось с целью** изучения возможности получения композиционных материалов на основе вторичных полимеров: полиэтилентерефталата, полипропилена и полиэтилена и использования полученных композитов для производства транспортной тары.

При реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- определение оптимального содержания вторичных полимеров в полимерной композиции;
- выбор способа переработки полимерной композиции;

- определение прочностных свойств композиционного материала;
- определение стойкости полимерной композиции к действию химических сред;
- выбор химической среды, для которой будет изготавливаться тара из композиционного материала.

### **Объекты исследования**

Объектами исследования являются полимерные композиции, содержащие вторичные полиэтилентерефталат, полиэтилен и полипропилен.

### **Методики эксперимента**

Проведены исследования реологических и физико-механических свойств полученных композитов: показатель текучести расплава, прочность при разрыве и стойкость к действию химических сред.

Для определения вышеперечисленных свойств использовались методики, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Методики эксперимента

Определяемая характеристика	Нормативный документ	Название методики
Оценка реологических свойств полимеров и композитов на их основе	ГОСТ 11645-73. Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов	Метод определения показателя текучести расплава термопластов
Прочность при разрыве	ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение	Определение прочности при разрыве полимерных композиционных материалов
Стойкость к действию химических сред	ГОСТ 12020 - 72. Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред	Определение стойкости полимерной композиции к действию химических сред

### **Результаты и их обсуждение**

Оценка технологичности полимерного материала включает комплекс показателей его реологических свойств, основным из которых является показатель текучести расплава (ПТР).

На приборе ИИРТ - 5 в соответствии с ГОСТ 11645 - 73 были определены показатели текучести расплава полимерных композиционных материалов, содержащих различное количество (в %) вторичных полимеров: полиэтилентерефталата, полиэтилена высокого давления, полипропилена [2].

Принцип действия установки основан на измерении скорости истечения расплава через калиброванный капилляр при определенном давлении и температуре. Диапазон рабочих температур от 50 до 400 °С.

При определении показателя текучести расплава полимерных композиций, содержащих вторичный полиэтилентерефталат и вторичный полипропилен, были соблюдены следующие условия: температура термостата – 250 °С; груз массой 2160 г.

Результаты испытания представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2

Показатели текучести расплава смесей, содержащих вторичный полиэтилентерефталат (ВПЭТ) и вторичный полипропилен (ВПП)

Номер полимерной композиции	Содержание ВПЭТ, (%)	Содержание ВПП, (%)	Значение ПТР, (г/10 мин)
1	0	100	2,67
2	10	90	5,88
3	20	80	7,79
4	30	70	10,11
5	40	60	13,97
6	50	50	17,60
7	60	40	20,10
8	70	30	22,07
9	80	20	23,92
10	90	10	27,27
11	100	0	30,17

Анализ результатов эксперимента позволил сделать вывод, что увеличение содержания ВПЭТ в композиции способствует увеличению показателя текучести расплава композиции, т.к. ВПЭТ имеет более высокую текучесть по сравнению с ВПП.

При определении способа переработки полимерных смесей необходимо ориентироваться на соотношение «ПТР – способ переработки» [3; 6].

Композиционный полимерный материал, содержащий вторичный ВПЭТ и ВПП, необходимо перерабатывать литьем под давлением. Переработка материала экструзией существенно затруднится, т.к. при температуре плавления полиэтилентерефталата наблюдается деструкция полиэтилена, и это приведет к получению продукции низкого качества. Поэтому данная полимерная композиция в дальнейшем не будет рассматриваться.

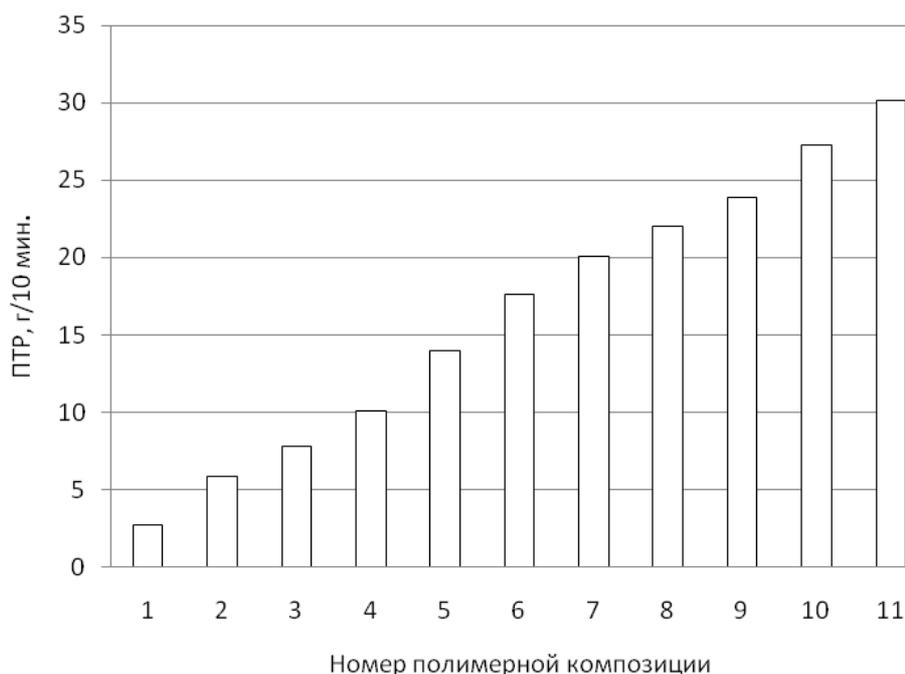


Рис. 1. Диаграмма зависимости показателя текучести расплава полимерных композиционных материалов, содержащих ВПЭТ и ВПП, от состава этих композиций

Рассмотрение технологических особенностей процесса литья под давлением позволяет сделать вывод, что оптимальной полимерной композицией для получения литьевых изделий является материал, содержащий 30% вторичного полиэтилентерефталата и 70% вторичного полипропилена (ПТР - 10,12 г/10 мин). Данное значение ПТР является серединой интервала переработки литья под давлением, поэтому расплав композиции будет иметь среднюю текучесть, что обеспечивает оптимальные условия проведения процесса переработки методом литья под давлением.

В результате эксперимента были получены значения ПТР смесей композиционных материалов, содержащих вторичный полиэтилентерефталат (ВПЭТ) и вторичный полиэтилен высокого давления (ВПЭ). Полученные значения находятся в диапазоне от 0,72 до 1,39 г/10 мин, что позволило выбрать их способ переработки [3]. Переработка этой композиции экструзией существенно затруднится, так как при температуре переработки полиэтилентерефталата наблюдается деструкция полиэтилена. Изделия, полученные таким способом, будут низкого качества, поэтому дальнейшее исследование проводилось для смеси композиционного материала, содержащего 30% вторичного полиэтилентерефталата и 70% вторичного полипропилена.

Для определения прочностных свойств композиционного материала установленного состава (30% вторичного полиэтилентерефталата и 70% вторичного полипропилена) было проведено исследование по ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение».

Эксперимент осуществлялся на разрывной машине РМУ - 0,05-1, которая оснащена системой измерения, позволяющей производить испытания с постоянной скоростью нагружения, обеспечивающей измерение перемещения активного захвата и его индикацию, запись результата на самопишущем двухкоординатном приборе. Машина оснащена торсионным блоком измерения нагрузки.

Принцип действия машины основан на растяжении с постоянной скоростью (50 мм/мин) испытываемого образца до момента разрыва, при этом фиксируется усилие в момент разрыва.

Результаты эксперимента представлены на рисунке 2. Полимерная композиция, содержащая 30% вторичного полиэтилентерефталата и 70% вторичного полипропилена, имеет среднее значение показателя по сравнению с вторичным полипропиленом и первичным и имеет сопротивление разрыву, равное 18,44 МПа.

Увеличение показателя сопротивления разрыву композиции по сравнению с вторичным полипропиленом может быть объяснено адгезией, которая обусловлена межмолекулярным взаимодействием в поверхностном слое и характеризуется удельной работой, необходимой для разделения поверхностей. Адгезия матрицы и наполнителя композитов является также одним из важнейших факторов, влияющих на их прочность.

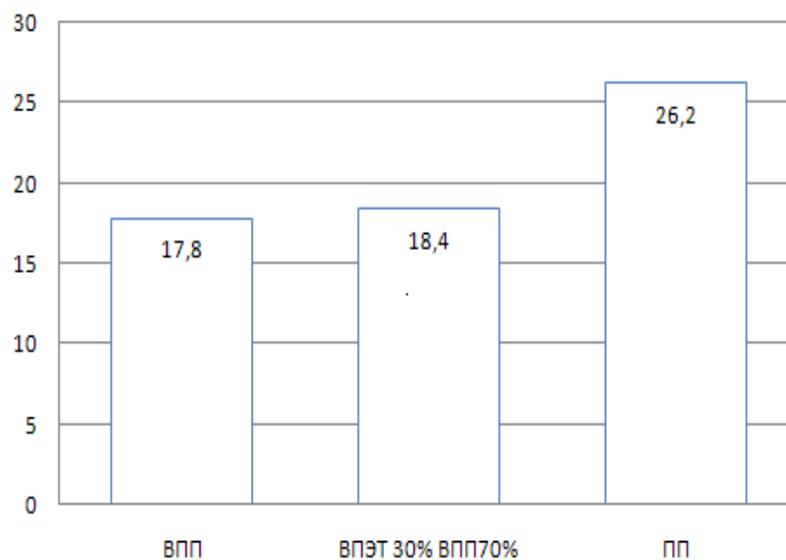


Рис. 2. Среднее значение разрушающего напряжения при растяжении композиции и полипропилена

Для определения возможности использования полимерной композиции в качестве материала для получения технической тары проведён эксперимент на определение стойкости композиции к действию химических сред по ГОСТ 12020 – 72.

Образцы композиции перед испытанием взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,00001 г, опускали в химические среды, выдерживали 24 часа (краткосрочные испытания) и 7 суток (стандартные испытания), вынимали из химических сред, промывали неагрессивной жидкостью (водой), вытирали фильтровальной бумагой и взвешивали на аналитических весах. Результаты испытаний отображены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты испытаний

Агрессивная среда	Изменение массы образца при краткосрочных испытаниях, %	Изменение массы образца при стандартных испытаниях, %	Изменение массы образца после 6 недель испытания, %
Бензин	4,9	11,4	15,1
Моторное масло	1,9	2,5	3,2
NaOH (насыщ.)	-0,1	-1,2	-2,9
NaOH 17,5%	0,9	-2,0	-6,5
NaOH 10%	0,2	-3,3	-7,9
NaOH 5%	0,3	-3,4	-7,9
Вода дистиллированная	-0,7	-1,0	-3,0
Серная кислота	0,3	1,2	2,4

Для термопластов оценка стойкости к действию химического реагента проводится согласно таблице 4 [1].

Таблица 4

Оценка стойкости термопластов к действию химического реагента

Оценка стойкости	Изменение показателя, %
Хорошая	0-10
Удовлетворительная	10-15
Плохая	>15

По результатам испытания можно сделать вывод, что полимерный композиционный материал (30% ВПЭТ, 70% ВПП) растворяется в щелочной среде, т.к. наблюдается процесс гидролиза полиэтилентерефталата. Полимерная композиция обладает хорошей стойкостью к действию моторного масла и может использоваться для производства тары, в которую будут упаковываться технические масла.

**Заключение.** Таким образом, результаты проделанной работы позволили сделать вывод о возможности получения композиционного материала с использованием вторичного полиэтилентерефталата и вторичного полипропилена. Состав оптимальной полимерной смеси включает 30% вторичного полиэтилентерефталата и 70% вторичного полипропилена. Данная композиция может перерабатываться методом литья под давлением и использоваться для производства тары, в которую возможно упаковывать технические жидкости.

### Список литературы

1. Вторичное использование полимерных материалов. – М. : Химия, 1985. – 192 с.
2. ГОСТ 11645. Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов, 1973.
3. Ершова О.В., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р., Мишурина О.В. Исследование зависимости свойств древесно-полимерных композитов от химического состава матрицы // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. - URL: [www.science-education.ru/116-12363](http://www.science-education.ru/116-12363) (дата обращения: 20.07.2014).
4. Жураев А.Б. Пути утилизации бытовых отходов полиэтилентерефталата // Пластические массы. – 2005. - № 3. – С. 47 – 53.
5. Папьянов Е.К. Экологически перспективные процессы термической переработки отходов полимерной природы : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2009. – 27 с.
6. Пахаренко В.А., Яковлева Р.А., Пахаренко А.В. Переработка полимерных композиционных материалов. - Киев : Издательская компания «Воля», 2006. – 552 с.
7. Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Технологические особенности производства упаковки из вторичного полиэтилентерефталата (ПЭТ) // Молодой учёный. – 2013. – № 5. – С. 123 – 125.

### Рецензенты

Бигеев В.А., д.т.н., профессор, директор Института металлургии, машиностроения и металлообработки ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Стеблянко В.Л., д.т.н., профессор ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.