

УДК 678.01

**О. М. Касперович**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
**В. В. Яценко**, кандидат химических наук, доцент (БГТУ);  
**А. В. Прудников**, магистрант (БГТУ);  
**Н. А. Скрабневский**, студент (БГТУ)

## ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВТОРИЧНЫХ СМЕСЕВЫХ СИСТЕМ

В настоящее время проблема переработки отходов полимерных материалов обретает актуальное значение не только с позиций охраны окружающей среды, но также она связана с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья пластмассовые отходы становятся мощным сырьевым и энергетическим ресурсом. Среди отходов большое место занимают смесевые полимерные системы, включающие в себя два и более полимера. Для улучшения качественных характеристик таких смесей и изделий из них к ним добавляют компатибилизаторы. Это позволяет добиться технологической совместимости компонентов, в результате чего надежно обеспечивается допустимая смешиваемость компонентов и высокие деформационно-прочностные свойства материала.

Currently, the problem of waste plastics recycling gains relevance not only from the standpoint of environmental protection, but also due to the fact that the shortage of raw polymer plastic waste becomes a powerful raw materials and energy. Among the large place occupied by waste drop-in polymer systems comprising two or more polymers. To improve the quality characteristics of such mixtures and products from them, they added compatibilizers. This process allows for compatibility of the components, thereby reliably ensured riding components miscibility and high thermo-mechanical properties of the material.

**Введение.** В наши дни полимерные материалы широко распространены и находят свое применение практически во всех отраслях промышленности. Однако ассортимент «чистых» крупнотоннажно выпускаемых полимеров ограничен, поэтому сегодня стремятся создавать новые композиционные материалы на основе таких полимеров и смесевые системы, включающие в себя два и более полимера. Одним из способов получения материалов с новой гаммой свойств является применение смесей несовместимых полимеров. В таких материалах правильно спланированная гетерогенность улучшает технические свойства полимерных матриц и придает им черты, характерные для композиционных материалов. Использование материалов на основе несовместимых полимеров все более возрастает. Это связано с тем, что совмещение несовместимых полимеров обеспечивает взаимную модификацию свойств исходных компонентов смеси и позволяет получать полимеры с промежуточными показателями между компонентами смеси или с совершенно новой гаммой свойств.

Совместимость материалов в таких системах достигается несколькими путями: подбором полимерных пар или модификацией полимеров, которые проводятся для того, чтобы между разнородными полимерными цепями возникало сильное межмолекулярное взаимодействие; проведением химических реакций между компонентами смеси, приводящих к получению ин-

терполимера; введением в систему специальных веществ (компатибилизаторов)– низкомолекулярных или высокомолекулярных соединений, усиливающих специфическое межмолекулярное взаимодействие, позволяющих вплотную приблизиться к проблеме улучшения качественных характеристик несмешиваемых компонентов смеси. Следует особо отметить, что термодинамически совместимые полимеры являются исключением из правил, так как высокомолекулярные соединения в редких случаях могут способствовать получению «идеальных» растворов. Поэтому достижение термодинамической совместимости в полимерных смесях не должно являться основной целью. Важно, чтобы компоненты смеси даже в условиях гетерогенности структуры обладали бы технологической совместимостью, при которой обеспечивалась бы достаточно хорошая их смешиваемость в процессе переработки.

Используя набор компатибилизаторов, удастся сделать акцент на получение технологически совместимых полимеров, в результате которого вполне надежно обеспечивается допустимая смешиваемость компонентов и высокие деформационно-прочностные свойства. Подбор высокоэффективных модификаторов и компатибилизаторов для несовместимых полимерных смесей является одним из главных и приоритетных направлений исследования по улучшению технологии получения качественных композиционных материалов на их основе.

Вторичная переработка полимеров крайне важна, так как утилизация пластиковых отходов является актуальной проблемой. Использование вторичного сырья в качестве новой ресурсной базы – одно из наиболее динамично развивающихся направлений утилизации полимерных материалов. В настоящее время проблема переработки отходов полимерных материалов обретает актуальное значение не только с позиций охраны окружающей среды, но также связана с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья пластмассовые отходы становятся мощным сырьевым и энергетическим ресурсом.

Проблема их утилизации и повторной переработки вторичных смесевых полимер-полимерных систем осложняется еще и разными теплофизическими, прочностными и т.д. свойствами компонентов смеси, в связи с чем существуют трудности при их повторной переработке, заключающиеся в разных режимах переработки для каждого компонента смеси. Этот вопрос может решаться при помощи компатибилизаторов, которые улучшают совместимость компонентов материала.

**Основная часть.** Целью данной работы являлось улучшение совместимости компонентов вторичной полимер-полимерной композиции, путем ее модификации введением компатибилизатора, и получение композиции, пригодной для переработки методом литья под давлением.

Предметом исследования была композиция, содержащая вторичный полиэтилен низкой плотности (ПЭ) и вторичный полиамид (ПА), полученная вторичной переработкой барьерных пленок.

В качестве добавок были использованы вторичный полипропилен с высоким индексом расплава, а также компатибилизатор – полипропилен, функционализированный прививкой малеинового ангидрида (МПП).

Смеси были приготовлены на лабораторной компаундирующей линии на базе двухшнекового экструдера (диаметры шнеков 35 мм,  $L/D=40$ ) при температуре 240°C. Экспериментальные образцы в форме лопаток согласно ГОСТ 11262–80 были получены методом литья под давлением на термопласт-автомате Kuasy.

Полученные образцы были испытаны на растяжение согласно ГОСТ 11262–80 на разрывной машине Instron 5657 при скорости перемещения подвижного зажима 500 мм/мин.

Показатель текучести расплава (ПТР) определяли согласно ГОСТ 11645–73 на пластомет-

ре Ray-Rantestequipmentltd, диаметр капилляра 2,095 мм, температура испытания 230°C, нагрузка 21,6 Н. Исходя из практического интереса переработки данной композиции ПТР был измерен при температуре 230°C, так как, по нашему мнению, при данной температуре достигается лучшая гомогенизация смеси за счет качественного проплавления и смешения всех компонентов композиции. При более низкой температуре ПА будет проплавляться не полностью.

Ударную вязкость по Шарпи определяли по ГОСТ 4647–80 (на образцах с острым надрезом). Использовали маятниковый копер ПСВ-1,5.

Результаты испытаний представлены на рис. 1–5.

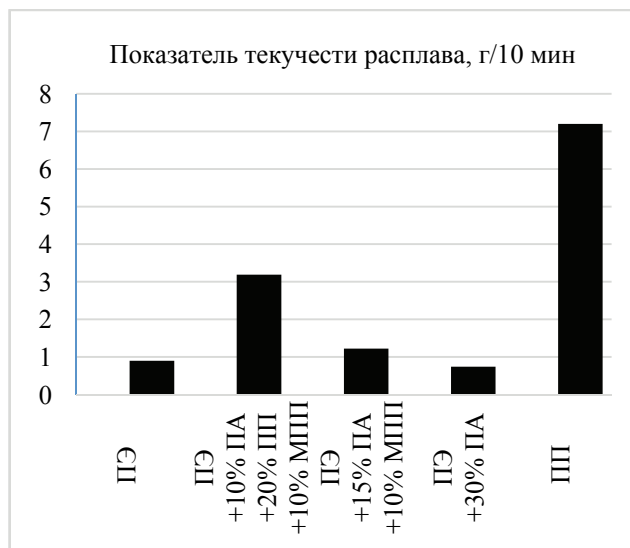


Рис. 1. Показатели текучести расплава полимерных композиций

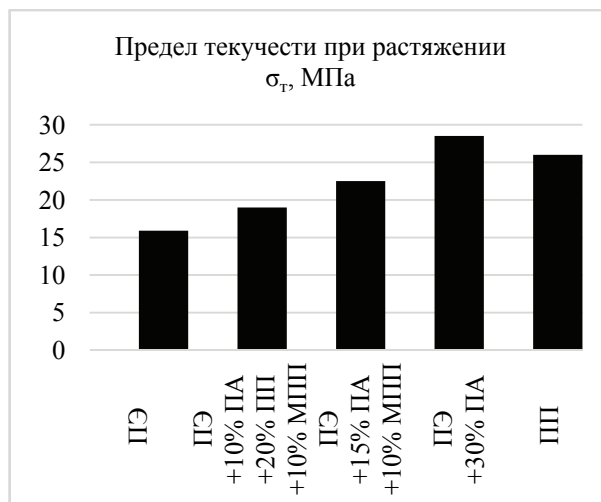


Рис. 2. Предел текучести при растяжении испытываемых образцов

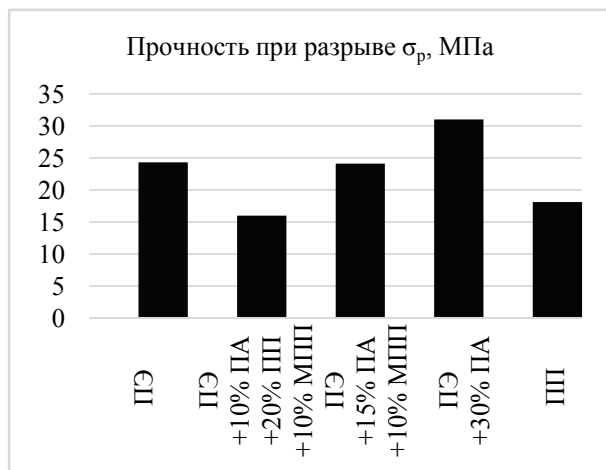


Рис. 3. Прочность при разрыве испытываемых образцов

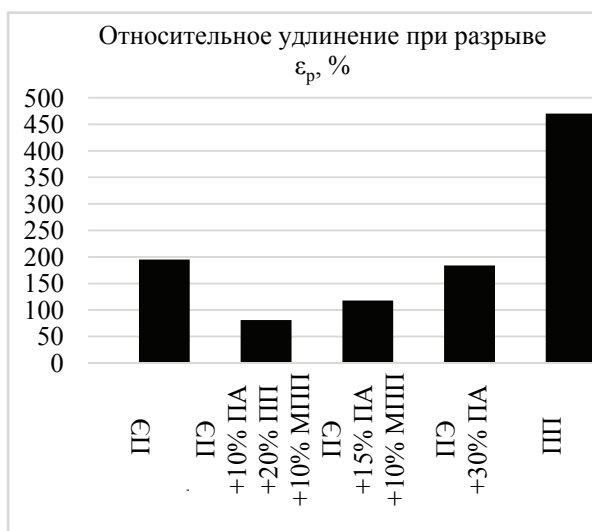


Рис. 4. Относительное удлинение при разрыве испытываемых образцов

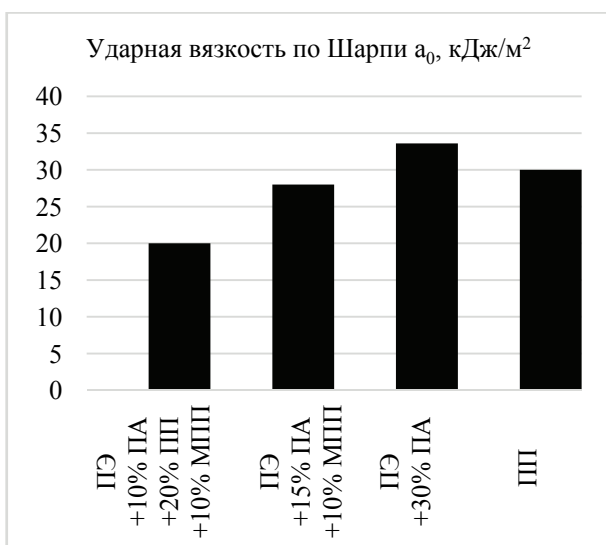


Рис. 5. Ударная вязкость по Шарпи испытываемых образцов

Исходные образцы имели различное содержание ПА, при этом очевидно, что с увеличением содержания ПА в смеси увеличиваются показатели прочности при растяжении и предела текучести при растяжении. Поскольку образцы получают при температурах выше температуры плавления ПА, то он равномерно распределяется в объеме полимера и образуется надмолекулярная структура, способствующая повышению данных характеристик. К тому же, в связи с тем, что использовался вторичный полиэтилен, возможно наличие кислородсодержащих групп, что обуславливает возможность их структурно-химического взаимодействия с ПА.

Однако при этом так же значительно снижается ПТР расплава, поскольку в полимере может изменяться сегментальная подвижность полимерных цепей и возрастает вязкость системы. Для повышения ПТР был введен ПП с низкой вязкостью, с ПТР 7,2 г/10 мин.

Для улучшения совместимости компонентов был использован компатибилизатор на основе ПП с привитым к нему малеиновым ангидридом. Есть основание полагать, что в рассматриваемых композициях компатибилизатор, помимо своей основной функции, проявлял характерные для него особенности, в результате чего достигалось удовлетворительное смешение полимеров и изменение их свойств. Это привело к снижению прочности при разрыве и увеличению ПТР. Возможно, добавка малеинированного полипропилена выступает как демпфирующая прослойка, которая укладывается между слоями полимеров и таким образом улучшает сегментальную подвижность в данной системе.

**Заключение.** Исходя из результатов испытаний, можно сделать вывод, что добавление МПП в количестве 10% увеличивает ПТР композиции при сохранении достаточно высоких прочностных характеристик. Это позволит использовать данную композицию для литья тонкостенных изделий с достаточно хорошими прочностными характеристиками.

#### Литература

1. Анализ состояния вторичной переработки [Электронный ресурс] / Совместимость смесей. 2012. URL: <http://www.waste.ru/uploads/library/klinkov.pdf>. (дата обращения: 25.03.2013).

2. Макаров В. Г., Коптенармусов В. Б. Промышленные термопласты: справочник. М.: Химия, 2003. С.120–133.

Поступила 22.02.2014