

Н. Р. Прокопчук, член-кор. НАН Беларуси, профессор;  
А. Ф. Мануленко, доцент; Д. В. Тимофеева, магистрант

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА

This work is devoted to creation of composite materials on the basis of the secondary software received from technological waste products of focused production and modified by polymeric additives, and also an ultra disperse silicate material. Results of researches of some service and technical characteristics on the received compositions are resulted. At the developed compositions changes of impact strength, durability was investigated at a stretching and relative lengthening in dependence by nature and contents of the modifier. It is proved, that introduction of a small amount of the modifier results in significant improvement of physic mechanical properties of secondary software, approaching them to properties of a primary material. It allows using the received compositions as a constructional material for manufacturing products of technical purpose, and also as additives to initial raw material by manufacture of similar focused production.

**Введение.** В настоящее время широко используются и активно исследуются полимерные композиционные материалы. Особый интерес представляют двух- и многокомпонентные полимерные смеси и сплавы. При получении таких полимерных материалов имеется потенциальная возможность сочетать привлекательные качества каждого компонента смеси в конечном продукте [1, 2].

Использование вторичного сырья в качестве новой ресурсной базы – одно из наиболее динамично развивающихся направлений переработки полимерных материалов в мире. Это связано с тем, что ежегодно прирост производства полимерных материалов увеличивается, и как следствие возникает проблема утилизации технологических отходов и изделий из полимеров по окончании срока их эксплуатации. Однако возможность использования полимерных отходов для повторного производства ограничивается нестабильными и худшими, по сравнению с исходными полимерами, физико-механическими свойствами.

Процесс получения готовой продукции из вторичных пластиков связан с рядом трудностей. Использование вторичных полимерных материалов требует особого внимания к параметрам технологического процесса в связи с тем, что такие материалы имеют нестабильные реологические свойства, а также могут содержать различные неполимерные и полимерные примеси другой химической природы. Поэтому перед использованием вторичные материалы проходят ряд подготовительных стадий: предварительное разделение, промывка, сушка, сепарация, окончательное разделение, измельчение. Эти стадии достаточно трудоемки и дорогостоящие.

Технологические отходы применяются для изготовления изделий неотчетственного назначения. Рекомендуется вводить 10–30% технологических отходов [3].

Актуальной задачей на сегодняшний день является использование для изготовления основной продукции вторичных полимерных

смесей, т. е. частичное исключение стадии окончательного разделения. Этого можно достичь за счет введения модифицирующих добавок, что существенно повышает уровень свойств полимерных материалов [4].

**Основная часть.** Целью настоящей работы является создание композиционных материалов на основе модифицированного вторичного полипропилена (ПП) с высокими эксплуатационными свойствами, исследование некоторых служебных и технологических характеристик полученных композиций, использование полученных материалов для изготовления изделий технического назначения, а также в качестве добавок к исходному сырью.

Для исследования в качестве базового полимера применяли вторичный ПП, полученный из технологических отходов ориентированной полипропиленовой лески, волокна, ленты, а также были использованы вторичный ударопрочный полистирол (УПС) и вторичный акрилобутадиенстирол (АБС) в виде дробленки.

В качестве модифицирующих добавок для улучшения свойств вторичного ПП использовали функционализированный ПП (FPP) производства ИММС НАН Беларуси (г. Гомель) и модифицированный ПП (MPP) на основе ПП 01030, который был получен в лабораторных условиях методом реакционной экструзии.

Известно, что немногие полимеры термодинамически совместимы и образуют смеси, гомогенные на молекулярном уровне. Большинство полимеров ограничено совместимы, а их смеси обладают гетерогенной морфологией. При реакционном смешении расширяются возможности регулирования параметров фазовой структуры многокомпонентных полимерных материалов [5].

Композиции составлены с учетом ПП, содержащегося в модификаторе.

Образцы для исследования получали методом литья под давлением механических смесей компонентов при технологических режимах, характерных для базовых термопластов. Окончательная гомогенизация композиции осуще-

ствлялась в материальном цилиндре шнекового термопластавтомата.

Физико-механические характеристики полученных композиций определяли по действующим стандартам.

Установлено, что для оценки и контроля свойств полимерных композиционных материалов предпочтение отдается определению ударной вязкости, прочности при растяжении и относительному удлинению как наиболее чувствительным показателям изменения структуры и свойств материала в процессе переработки и эксплуатации изделий [6]. Поэтому у разработанных композиций исследовались изменения ударной вязкости, прочности при растяжении и относительного удлинения в зависимости от природы и содержания модификатора.

Полученные результаты исследования представлены на рис. 1–5.

Анализ зависимостей показал, что предложенные модифицирующие добавки улучшают физико-механические свойства композиций.

Как показано в [7, 8], модифицированный ПП может выступать в качестве добавки, влияющей на параметры межфазного взаимодействия и соответствующие им механические свойства в композитных материалах полипропилен/модификатор.

Увеличение прочности при растяжении (рис. 1) обусловлено взаимодействием ПП и модифицирующей добавки и образованием переходных слоев, которые проявляют армирующее действие. Положительное влияние введения в полимер другого полимера, находящегося в том же физическом состоянии, что и основной полимер-матрица, обусловлено наличием развитой поверхности раздела фаз и протяженного межфазного слоя. Концентрирование избыточного свободного объема в межфазном слое облегчает релаксационные процессы в нем. Перенапряжения в вершине трещины, достигшей межфазного слоя, релаксируют быстрее и полнее, чем при распространении трещины в однородном полимере, образующем матрицу. Релаксация перенапряжений в вершине растущей трещины останавливает ее рост и требует затраты дополнительной энергии для создания новой трещины. В целом это приводит к улучшению деформационно-прочностных свойств.

Установлено, что полимерный модификатор придает композициям более высокую прочность, жесткость, повышает эластичность и, как следствие, увеличивает относительное удлинение при некотором снижении прочностных характеристик.

Увеличение относительного удлинения (рис. 2, 4) свидетельствует о пластифицирующем и структурирующем действии функционализированных добавок и протекании меха-

нохимических реакций в процессе переработки композиций в изделия.

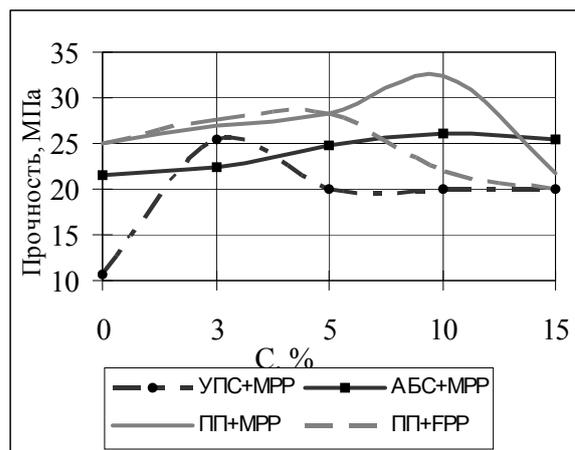


Рис. 1. Зависимость прочности при растяжении композиций на основе вторичного ПП от содержания модификатора

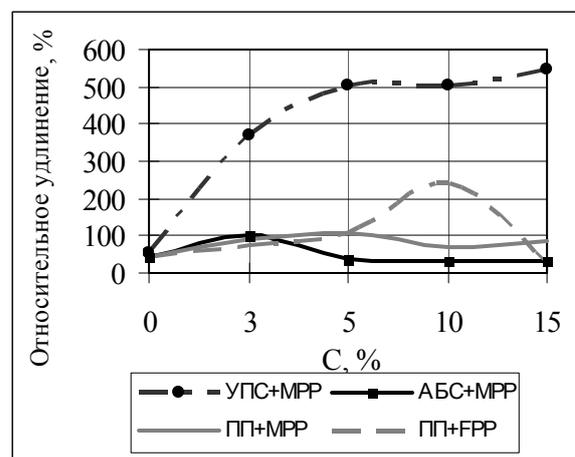


Рис. 2. Зависимость величины относительного удлинения композиций на основе вторичного ПП от содержания модификатора

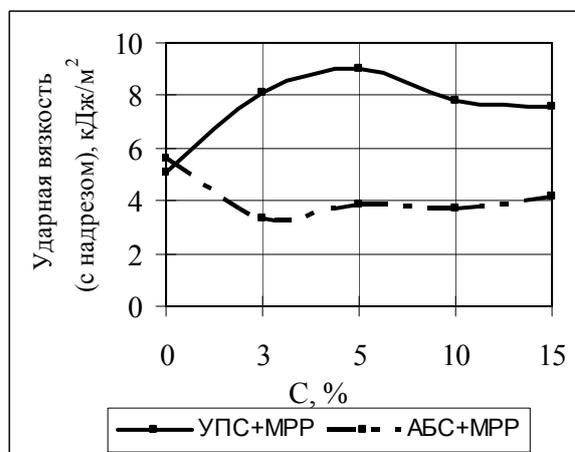


Рис. 3. Зависимость ударной вязкости композиций на основе вторичного ПП от содержания модификатора

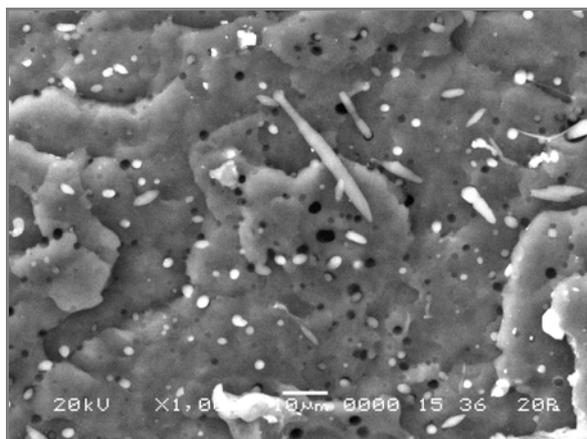


Рис. 4. Структура образца при разрыве (композиция ПП + МРР)

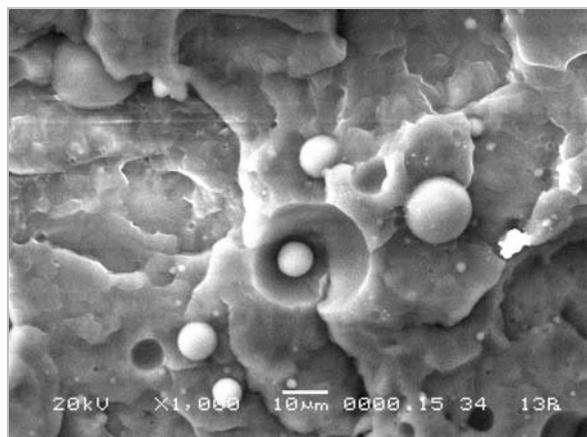


Рис. 5. Структура образца при сколе (композиция ПП + МРР)

Рост ударной вязкости (рис. 3, 5), по нашему мнению, является результатом действия модифицирующих добавок, равномерно распределенных в массе полимера и химически связанных с ним, что препятствуют распространению трещин, приводящих к разрушению. Введение модификатора в пластмассу предотвращает хрупкий разрыв ее при деформации, в том числе при ударе.

Таким образом, в присутствии частиц модификатора вместо роста одной магистральной трещины, как это обычно имеет место при разрушении хрупкого полимера, в матрице возни-

кают микротрещины, где разрушение идет не хрупко, а по механизму вынужденно-эластической деформации. Микротрещины зарождаются на частицах модификатора и поэтому их тем больше, чем больше частиц в единице объема, в то же время не снижается модуль полимерной матрицы, т. е. не снижается чрезмерно жесткость ударопрочного материала. Происходит рассеивание энергии удара. Этим же можно объяснить увеличение стойкости изделий на основе композиций к знакопеременным нагрузкам.

**Заключение.** Из полученных результатов испытаний следует, что введение небольшого количества модификаторов (5–7%) приводит к значительному улучшению физико-механических свойств вторичного полипропилена, а также смесей полипропилена со стиролосодержащими полимерами.

Полученные результаты работы могут быть использованы при создании композиционных материалов на основе вторичных полимеров, а также на основе смесей вторичных полимеров без предварительного разделения по химической природе.

#### Литература

1. Принципы создания полимерных композиционных материалов / А. А. Берлин [и др.]. – М.: Химия. – 1990. – 240 с.
2. Структура и свойства композитов на основе дисперсных систем / Ю. С. Клячкин [и др.]. – М.: Химия, 1992. – 230 с.
3. Регулирование свойств полипропилена в процессе экструзии / М. С. Акутин [и др.] // Полимерные массы. – 1971. – № 2. – С. 23–25.
4. Криваткин, А. Восстановление свойств вторичного полипропилена / А. Криваткин, В. Кадыков // Полимерные материалы. – 2003. – № 4. – С. 4.
5. Ермаков, С. Е. Химическая модификация и смешение полимеров при реакционной экструзии / С. Е. Ермаков, М. Л. Кербер, Т. П. Кравченко // Полимерные материалы. – 2007. – № 10. – С. 32–41.
6. Beizail, M. Vererberiter und Stabilizirung Polyolefinen / M. Beizail, S. H. Zaidi // Kunststoffe. – 1974. – Bd. 22, H. 4. – S. 171–172.