

А. Ф. Мануленко, доцент; Н. Р. Прокопчук, член-кор. НАН Беларуси, профессор;  
А. В. Евсей, ассистент

## БЕЗОТХОДНЫЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ОРИЕНТИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Work is devoted to creation of without waste ecologically safe processes of manufacture of technological products from polymeric materials. It is shown, that introduction in matrix polymer complex modifiers allows to raise physicomechanical properties and to stabilize technical characteristics on a material during processing. It allows to use completely technological waste products by manufacture of basic production of the technological documentation corresponding to all requirements with preservation of high operational characteristics.

**Введение.** Сегодня нет сферы деятельности человека, где бы полимерные материалы не нашли широкого эффективного применения.

Рост объемов производства и увеличение потребления полимерных материалов как следствия технологического развития современного общества приводят к непрерывному накоплению полимерных отходов. На сегодняшний день в промышленности практически отсутствуют безотходные технологии переработки полимерных материалов в изделия.

В соответствии со структурой потребления полимерные отходы подразделяются на отходы производства (технологические отходы производства и отходы производственного потребления) и бытовые отходы [1].

Технологические отходы производства (литники, грат, бракованные изделия, отходы пусконаладочных работ) представляют собой высококачественное сырье. Такие отходы дробят и используют как добавки в небольших количествах к первичному сырью или для изготовления пластмассовых изделий с пониженными требованиями к физико-механическим свойствам.

При переработке полимеры подвергаются воздействию высоких температур, сдвиговых напряжений, что способствует протеканию механохимических процессов и изменению структуры материала, влияющих на физико-механические и технологические свойства. При механодеструкции разрушаются длинные макромолекулы, и молекулярная масса полимера несколько снижается [2].

Уже 2- или 3-кратная переработка полипропилена в литьевой машине или экструдере несколько ухудшает его физико-механические свойства и не позволяет без введения модификатора использовать вторичный полипропилен вместо первичного [3].

Актуальной проблемой на сегодняшний день считается применение вторичного полимерного сырья для изготовления основной продукции.

Эффективным методом создания качественных полимерных материалов с использованием вторичных полиолефинов является модификация, цель которой – получение однородных по структуре композиционных ма-

териалов с улучшенными воспроизводимыми физико-механическими свойствами [4].

При введении малых количеств модификаторов повышаются физико-механические свойства материала, увеличивается долговечность, повышается работоспособность изделий из пластмасс [5].

Создание новых полимерных композиций с заданными характеристиками требует применения методов направленного регулирования их структуры и свойств путем введения модификаторов. Один из методов модификации полипропилена – введение различных полимерных добавок.

В работах [5, 6] показано, что внесение в базовый полимер в качестве модификатора 1–7% полимера другой химической природы приводит к повышению комплекса свойств полимера, в том числе физико-механических характеристик, термоокислительной стабильности полимера и сохранению высокого уровня этих свойств при многократной переработке композиционного материала.

При изготовлении ориентированных изделий заготовка из полимерного материала в высокоэластическом состоянии подвергается 5–8-кратной вытяжке, при которой макромолекула полимера разворачивается и ориентируется в направлении действия растягивающей силы.

В процессе производства ориентированной полипропиленовой лески диаметром 2,8–3,2 мм, используемой для изготовления рабочих органов коммунально-уборочной, дорожно-строительной и аэродромной техники, образуется порядка 8–17% технологических отходов. Добавка более 3% дробленых технологических отходов к первичному сырью приводит к дестабилизации технологического процесса на стадии вытяжки и увеличению количества брака, так как повторная вытяжка вторичного полимера вызывает разрушение ориентируемого изделия из-за разрыва С–С-связей в макромолекулах вторичного полимера, исчерпавших свой ресурс ориентации.

**Основная часть.** Целью работы является создание безотходной технологии производства одноосно-ориентированных изделий (лески) из

полипропилена (ПП) введением модифицирующих добавок в исходное сырье.

Ранее проведенными исследованиями [2] установлено, что повышение физико-механических свойств и стабилизация технологических параметров полипропилена достигаются его модифицированием малыми добавками алифатического полиамида ПА-6.

В процессе экструзии расплава полипропилена с добавкой полимерного модификатора при последующем охлаждении происходит совместная кристаллизация этих полимеров с формированием общей кристаллической структуры и образованием переходных слоев, которые обуславливают армирующее действие модификатора, приводящего к повышению прочности при растяжении.

Однако вследствие несовместимости полипропилена и полиамида в процессе вытяжки экструдированной заготовки из модифицированного полиамидом полипропилена наблюдается расслоение материала и разрушение ориентируемого изделия.

Для проведения исследований в качестве базового полимера использовали гомополимер пропилен марки ПП21030, а в качестве модифицирующей добавки – комплексный функционализированный модификатор (КФМ), полученный методом реакционной экструзии механической смеси ПП – ПА в соотношении 1 : 1 с добавлением 1% по отношению к массе ПП диангида карбоновой кислоты (М2) или ангида карбоновой кислоты (М1).

Отливку образцов из полученных композиций осуществляли по технологическим режимам, характерным для базового полимера.

Из анализа полученных результатов исследований следует, что комплексный функционализированный модификатор оказывает существенное влияние на деформационно-прочностные свойства полипропилена (рис. 1, 2).

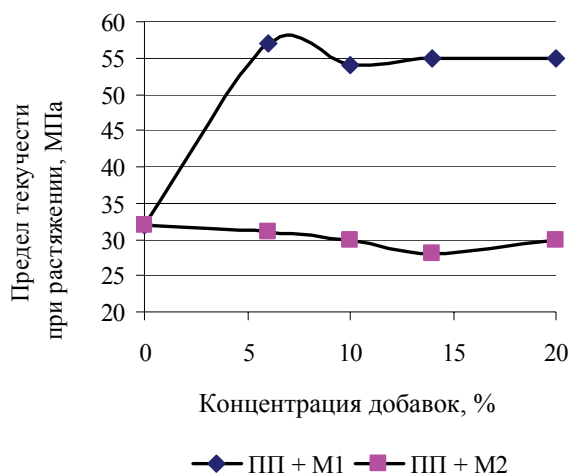


Рис. 1. Зависимость предела текучести при растяжении композиций на основе полипропилена от содержания модифицирующих добавок

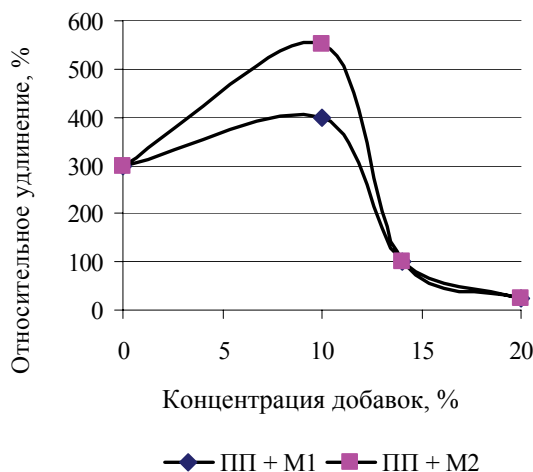


Рис. 2. Зависимость величины относительного удлинения композиций на основе полипропилена от содержания модифицирующих добавок

Повышение деформационно-прочностных свойств полипропилена обусловлено армирующим действием агрегатов полимерного модификатора, равномерно распределенных в объеме композиции (рис. 3), наличием развитой поверхности раздела фаз и протяженностью межфазного слоя, образующегося при введении в базовый полимер другого полимера, а также протеканием механохимических процессов при термомеханическом совмещении компонентов композиции, которые приводят к образованию сополимерных и блоксополимерных продуктов в межфазном переходном слое, способствующих образованию прочной связи полимерная матрица – модификатор.

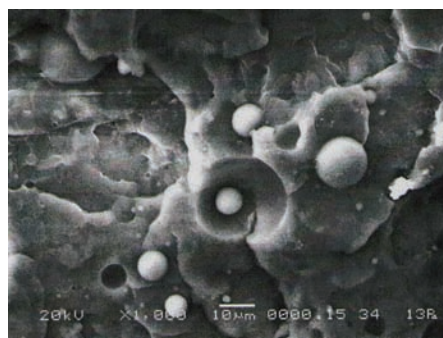


Рис. 3. Структура образца при сколе (композиция ПП + 10% КФМ). Увеличение ×1000

При одноосной ориентации в процессе вытяжки агрегаты полимерного модификатора трансформируются в волокна, подтверждая тем самым высокую прочность связи с матричным полимером (рис. 4).

При введении полимерных модификаторов изменение структуры происходит в основном в аморфной межсферолитной области полимера. Локализуясь в аморфных прослойках или

выделяясь в самостоятельную фазу, полимерный модификатор повышает подвижность сегментов и молекул [7].



Рис. 4. Структура образца при вытяжке (композиция ПП + 10% КФМ). Увеличение  $\times 2000$

Концентрирование избыточного свободного объема в межфазном слое облегчает протекание релаксационных процессов в нем, повышает эластичность материала и способствует перемещению надмолекулярных образований при ориентации в процессе вытяжки.

Изменение и стабилизация реологических свойств композиции обусловлена содержанием в межфазных слоях сополимерных и блоксополимерных продуктов, способствующих структурированию полимерной смеси и изменению реологических характеристик (рис. 5).

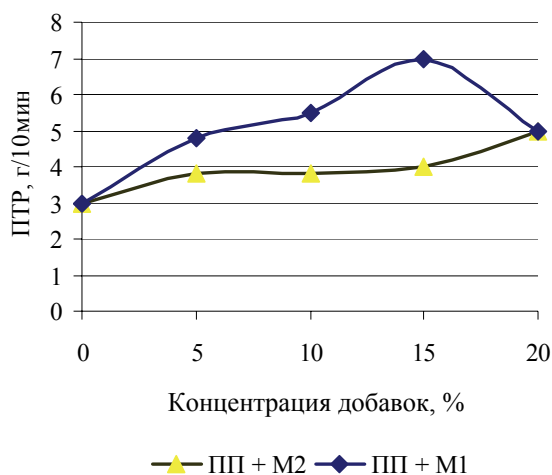


Рис. 5. Зависимость показателя текучести расплава композиций на основе полипропилена от содержания модифицирующих добавок

Введение модификатора КФМ не приводит к значительным изменениям показателя текучести расплава композиции в сравнении с исходным полипропиленом. Это свидетельствует

о стабилизации молекулярной массы материала в процессе переработки.

**Закключение.** Промышленная апробация полученных результатов исследований показала, что их внедрение в производство позволяет получать полипропиленовую леску, удовлетворяющую требованиям нормативно-технической документации, при обеспечении стабильности технологического процесса с содержанием технологических отходов в материале вплоть до 100%. Это, по нашему мнению, обусловлено тем, что при повторном термомеханическом воздействии на материал, содержащий технологические отходы, в механохимические процессы вовлекается большее количество модификатора, обеспечивая тем самым высокий уровень физико-механических характеристик и стабильность реологических свойств материала.

Аналогичное влияние оказывает комплексный функционализированный модификатор и на вторичный полипропилен [8].

### Литература

1. Григорчук, А. От отходов к грануле. Оборудование для рециклинга (обзор) / А. Григорчук, В. Кондратьев // Пластикс. – 2003. – № 5. – С. 20–31.
2. Гликштерн, М. В. Нуклеирующие добавки для полипропилена / М. В. Гликштерн // Пластикс. – 2002. – № 6. – С. 13–14.
3. Марков, А. В. Ориентированные композиционные полимерные пленки / А. В. Марков, С. В. Власов // Полимерные материалы. – 2004. – № 1. – С. 8–11.
4. Вторичная переработка пластмасс / ред. Ф. Ла Мантия; пер. с англ.; под ред. Г. Е. Заикова. – СПб.: Профессия, 2006. – 400 с.
5. Полимерные смеси: в 2 т. / под ред. Д. Пола, С. Ньюмена. – М.: Мир, 1981. – Т. 1. – 452 с.
6. Мануленко, А. Ф. Создание абразивостойких триботехнических материалов на основе смесей «термопласт-термоэластопласт»: автореф. дис. ...канд. техн. наук / А. Ф. Мануленко. – Гомель, 1987. – 16 с.
7. Акутин, М. С. Материалы повышенной прочности на основе полиолефинов и полиамидов с регулируемой структурой / М. С. Акутин, М. Л. Лебедева, Е. Д. Кравченко // Пластические массы. – 1992. – № 4. – С. 20–22.
8. Особенности получения композиций на основе полипропилена для изготовления одноосноориентированной продукции / Н. Р. Прокочук [и др.] // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия и технология орган. в-в. – 2007. – Вып. XV. – С. 44–47.