

УДК 678.027.028.6.574

## **РЕЦИКЛИНГ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**В. М. Шаповалов**

*Государственное научное учреждение «Институт механики  
металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси»,  
г. Гомель*

Разработка новых материало- и ресурсосберегающих технологий, базирующихся на процессах переработки отходов полимеров, является одним из приоритетных направлений в современном материаловедении. Это связано с увеличением в мире объемов производства композиционных материалов и изделий из них. Наряду с этим происходит накопление полимерных отходов. Особенно остро стоит пробле-

ма рециклинга и утилизации полимерных отходов, образуемых в твердых коммунальных отходах, значительная часть которых во многих странах используется незначительно. В то же время, учитывая важность этой проблемы для будущих поколений, в странах Европы ее решению уделяется большое внимание. Так, в Германии в настоящее время рециклингу подвергается порядка 80–90 % полимерных отходов, во Франции 40–50 %, в Польше 25–35 %, в России 15–20 %. В Республике Беларусь перерабатывается около 10–15 % полимерных отходов, образуемых в твердых коммунальных отходах. Отсутствие продуманных действий по утилизации и рециклингу полимеров, как правило, приводит к необходимости их захоронения, что создает предпосылки для образования экологических проблем. Поэтому реализация рециклинговых технологий будет позволять решать не только вопросы охраны окружающей среды, но и увеличивать объемы вторичной переработки полимерных материалов (ПМ), обеспечивая снижение увеличивающегося дефицита первичного *полимерного сырья*, которое изготавливается из нефтепродуктов. Прогнозные показатели объемов углеводородного сырья в мире свидетельствуют о том, что их запасы не превышают 150 лет, а запасы угля порядка 300–400 лет. В то же время использование отходов полимеров позволит существенно экономить первичное сырье (прежде всего нефть) и электроэнергию. Также положительной стороной рециклинга и утилизации полимерных отходов является и то, что в процессе переработки достигается получение дополнительного количества потребительских продуктов для различных отраслей народного хозяйства без повторного загрязнения окружающей среды. По этим причинам переработка полимерных отходов является не только экономически целесообразным, но и экологически предпочтительным решением проблемы их использования.

Однако вследствие пониженных физико-механических характеристик отходы полиолефинов получили ограниченное применение в производстве изделий из полимерных композиционных материалов. Одним из путей увеличения жизненного цикла вторичных полимеров является подход, основанный на использовании комплексных модификаторов, т. е. модификаторов, способных инициировать повышенный уровень эксплуатационных свойств вторичного полимера как в процессе переработки, так и при его эксплуатации в изделии. Создание такого рода материалов в Беларуси находится на начальной стадии, и связано это в основном с отсутствием отечественных стабилизирующих добавок. Использование зарубежных добавок требует существенных валютных средств, что не соответствует приоритетным направлениям государства в импортозамещающей политике. Поэтому получение высококачественного продукта с использованием полимерных отходов становится главной задачей при создании рециклинговых технологий, так как их использование позволяет получать новые материалы с заданным комплексом стабильных эксплуатационных свойств и обеспечивает возможность наиболее рационального их применения в промышленности.

Исходя из специфических особенностей, которые присущи процессу рециклинга ПМ, предложен концептуальный подход, учитывающий технологические, эколого-экономические предпосылки при их вторичной переработке в полимерное сырье и последующее формование из них соответствующих изделий различного назначения. Основой такого подхода является их подготовка, определяющая оптимальную реализацию процессов сортировки, измельчения, мойки, агломерации и гранулирования полимерных отходов, обеспечивая получение наилучших результатов при формировании изделий машиностроительного, строительного и иного назначения. При этом получение конечного продукта с высокими потребительскими свойствами во многом будет зависеть и от улучшения его эксплуатационных характеристик, ко-

торые, в свою очередь, определяются свойствами вторичного полимерного сырья. Поэтому вопросы модифицирования полимерных отходов представляются важным аспектом при реализации рециклинговых технологий.

При правильной обработке технологических отходов ПМ не должно происходить фотолитических повреждений материала, так как сохраняют свое действие введенные в первичное сырье стабилизаторы. Однако при переработке отходов потребления стабилизация вторичного сырья с целью сохранения свойств в процессе переработки и при эксплуатации их в атмосферных условиях представляется важной задачей. Это касается не только переработки, но и эксплуатационных свойств продуктов рециклинга, что требует введения соответствующих модифицирующих добавок.

Высокая эффективность существующих в настоящее время модификаторов дает возможность решать проблемы сохранения свойств полимеров путем ввода в них небольшого количества добавок (порядка 0,2–0,4 % от массы полимера). Однако при этом возникает проблема равномерного распределения их в массе полимера. Наиболее рациональным способом их введения в полимеры является использование их концентратов, особенно многофункциональных, содержащих несколько аддитивов, каждый из которых выполняет в полимере свою функцию. Для уменьшения или полного исключения снижения молекулярной массы вторичных полимеров при переработке в них вводят специальные добавки. Так, фирма L. Bruggemann KG (Германия) предложила для переработки ПА-6 применять добавки, которые способствуют сохранению молекулярной массы полимера и тем самым обеспечивают его более высокую воспроизводимость по свойствам и технологичности при повторной переработке по сравнению с полимерами, где используют сшивающие агенты. Среди наполнителей чаще всего используются тальк, каолин, древесная мука и мел. Наполнители повышают модуль упругости, твердость материала, формоустойчивость изделий при воздействии на них тепла, однако при этом способствуют снижению прочности при растяжении, ударной вязкости и относительного удлинения при разрыве. Как правило, наполнители ухудшают перерабатываемость полимеров вследствие снижения их текучести. В то же время при наполнении рециклятов возможно улучшение их эксплуатационных характеристик, что способствует перспективности такого направления в рециклинге полимеров.

Несомненно, существование рынка конечных продуктов с использованием вторичных полимеров является основой для развития рециклинговых технологий. Химические и структурные изменения, происходящие в ПЭТФ и других полимерных отходах при их подготовке и переработке, обуславливают необходимость их модифицирования с целью предотвращения снижения молекулярной массы и повышения показателей механических свойств, особенно ударной вязкости, которая катастрофически падает при увеличении кратности переработки. Важны исследования по подбору агентов совместимости вторичных полимеров в смеси, стабилизирующих и антиокислительных модификаторов, обеспечивающих получение композитов с высокой однородностью и перерабатываемостью.

Таким образом, эффективность рециклинга полимерных материалов связана с разработкой новых функциональных добавок, обеспечивающих совместимость полимерных отходов в композиционной системе, что позволит создавать новые перспективные композиционные материалы на основе вторичного полимерного сырья. В совокупности с новыми типами оборудования для рециклинга ПМ будут созданы условия для эффективной утилизации полимерных отходов и получения на их основе качественной продукции с привлекательной для потребителя ценой. Важно, что такой подход будет способствовать сохранению первичного полимерного сырья и уменьшать для этого использование нефтяного углеводородного сырья.