

МЕХАНИЗМЫ МНОГОУРОВНЕВОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОЛИАМИДНЫХ МАТРИЦ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИФфуЗИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙА.С. Антонов¹, В.А. Струк¹, Д.В. Нахват¹, П.В. Клочко¹, Н.Р. Прокопчук²¹Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь; antonov.science@gmail.com;²Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», Минск, Беларусь

Введение. Технологии диффузионного модифицирования полимерных материалов, научные основы которых были разработаны профессором Мачюлисом А.Н. [1] и развиты профессором Песецим С.С. [2] в период 1970—1990 гг., не получили должного дальнейшего развития, что не позволило осуществить широкое их применение в практике полимерного материаловедения. Поэтому необходимо проведение системных исследований по установлению механизмов модифицирующего действия наночастиц, полученных с применением диффузионных технологий при подготовке сырьевых компонентов, переработке нанокompозитов и обработке изделий.

Целью данного исследования являлась разработка нанокompозитов с доступными ценовыми параметрами и технологий их получения и переработки в функциональные изделия, адаптированных к реально действующему оборудованию предприятий ведущих отраслей экономики.

Материалы и методика исследований. В качестве объектов исследования были выбраны алифатические полиамиды отечественного и зарубежного производства (ПА6, ПА6.6, ПА12).

Для модифицирования полиамидных матриц использовали дисперсные частицы металлов (меди), полученные термолизом металлосодержащих соединений (муравьинокислых солей – формиатов в среде расплава). Наноразмерный металлосодержащий модификатор получали термообработкой гранулированных или порошкообразных полуфабрикатов, диффузионно модифицированных в водных растворах металлосодержащего прекурсора (формиата меди) в течение 1—10 часов.

Сравнительную оценку эффективности действия наноразмерных модификаторов различного состава в полиамидных исходных, смесевых и композиционных материалах осуществляли по параметрам деформационно-прочностных характеристик стандартных образцов, повергнутых термоокислительному старению при температуре $150 \pm 5^\circ\text{C}$ в среде воздуха в течение до 200 часов. В качестве критерия был выбран параметр прочности при растяжении σ_p , МПа.

Результаты и обсуждение. Развивая представления о диффузионной стабилизации полимеров, которые были разработаны профессором Мачюлисом А.Н., нами предложено вводить в качестве ста-

билизатора наноразмерные частицы металлов, прежде всего меди, из медьсодержащих солей – формиатов (солей муравьиной кислоты) и оксалатов (солей щавелевой кислоты). Водные растворы этих солей при термообработке разлагаются с образованием наноразмерных частиц, обладающих синергическим эффектом. При введении в состав полимерных материалов наноразмерных частиц металлов реализуются различные механизмы повышения стойкости композитов к воздействию окислительных сред: 1) за счёт изменения энергии макромолекул; 2) за счёт образования надмолекулярной структуры; 3) за счёт изменения своего исходного строения и трансформации в металлосодержащее соединение, которое выполняет функцию антиоксиданта.

Предложенный метод модифицирования полиамидных матриц позволил получить технически значимый эффект, который был широко использован нами в различных практических приложениях при модифицировании как полуфабрикатов (в виде гранул или порошков), так и готовых изделий.

Экспериментальные исследования показали, что диффузионная обработка гранулированного ПА6 водным раствором формиата меди $\text{Cu}(\text{HCOO})_2$ в течение 1—10 часов приводит к существенному изменению стойкости стандартных образцов к термоокислительному старению [3].

Заключение. Модифицирование полиамидных матриц посредством их диффузионной обработки функциональными жидкофазными средами относится к одному из эффективных направлений, которое является достаточно простым в технологическом исполнении, не требует использования дорогостоящего специального оборудования.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T22-075 от 04.05.2022).

1. Мачюлис А. Н., Горнау Э. Э. Диффузионная стабилизация полимеров. — Вильнюс: Минтис. — 1974
2. Песецкий С. С., Каплан М. Б., Старжинский В. Е., Мачюлис А. Н. Износостойкость диффузионно-стабилизированного полиамида. — 1984 (5), №4, 615—621
3. Антонов А. С., Авдейчик С. В., Воронцов А. С., Струк В. А. Технологические аспекты получения композиционных полимерных материалов на основе полиамида-6 производства ОАО "Гродно азот" // Нефтехимический комплекс. — 2017 (1), 6—9