

кация наполнителя биохимическим путем в водной среде при высокосдвиговых усилиях позволяет улучшить физико-механические и эксплуатационные свойства композиций на основе полипропилена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шабарин А. А., Кузьмин А. М., Водяков В. Н. Получение биоразлагаемых композиционных материалов на основе полиолефинов и лузги семян подсолнечника //известия высших учебных заведений. Серия «химия и химическая технология». – 2021. – Т. 64. – №. 4. – С. 73–78.

2. Volfson S. I., Fayzullin I. Z., Musin I. N., Fayzullin A. Z., Grachev A. N., Pushkin S. A. The physicomachanical and rheological characteristics of wood–polymer composites based on thermally and mechanically modified filler //International Polymer Science and Technology. – 2017. – Т. 44. – №. 2. – С. 49–54.

3. Ефремова С. В. Физико-химические основы и технология термической переработки рисовой шелухи: [монография] / С. В. Ефремова. – Алматы: [б. и.], – 2011. – 149 с.

4. Сулейманова Д. Ф., Газизов М. А., Каримов И. Р., Гизатуллина Л. И., Ахметова Д. А. Технология производства древесно–полимерного композита на основе термомодифицированной муки // Лесозащита и комплексное использование древесины. - Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – 2020. – С. 197–201.

УДК 691.175.2:621.793

А.С. Антонов, канд. техн. наук, доц.;
В.А. Струк, д-р техн. наук, проф.;
П.В. Ключко, асп., Д.В. Нахвват, асп.
(ГрГУ им. Янки Купалы, г. Гродно);

Э.Т. Крутько, д-р. техн. наук, проф. (БГТУ, г. Минск)

КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДОВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

К числу наиболее распространенных композиционных полимерных материалов для изготовления элементов металлополимерных конструкций с повышенными параметрами эксплуатационных характеристик относят алифатические полиамиды, обладающие высокими значениями деформационно-прочностных характеристик [1, 2]. Вместе с тем, для полиамидов характерно высокое влагопоглощение, что приводит к существенному изменению размеров изделия в процессе его эксплуатации в условиях воздействия атмосферных факторов и снижению параметров устойчивости к перепадам температур.

Для повышения параметров деформационно-прочностных и триботехнических характеристик полиамиды модифицируют различными соединениями: графитом, оксидами металлов, фторсодержащими соединениями и др. [1, 2]. Существенный эффект в повышении эксплуатационных характеристик промышленных полиамидов вносят порошкообразные модификаторы – нанокремниевые, полимерные, силикатсодержащие со слоистой структурой кристаллического каркаса [3–6].

В отечественном машиностроении широко используют покрытия на основе полиамидов. Так, известно покрытие из композиционного материала для автоагрегатов, выполненное из композита, содержащего в качестве модификатора полиамидной матрицы фторсодержащий олигомер, сухую смазку и высокодисперсные частицы термопластичного полимера, выбранного из группы полиамид 6, политетрафторэтилен, полиэтилентерефталат при содержании их в композиции 0,1–10,0 мас. % [6].

Для расширения номенклатуры триботехнических покрытий на основе полиамидов. Нами разработаны составы с повышенными параметрами эксплуатационных характеристик.

В разработанном составе композиционного материала в качестве модификаторов используют высокодисперсные частицы целлюлозы или целлюлозосодержащих продуктов в количестве 1,0–10,0 мас. % и полиамидную смолу, которую получают на основе канифоли, в количестве 1,0–5,0 мас. %. Для повышения параметров триботехнических характеристик в состав композиционного материала вводят сухие смазки.

Механизм действия модификаторов на полиамидную матрицу заключается в следующем. Частицы микроцеллюлозы и целлюлозосодержащих продуктов под действием технологических факторов процесса литья под давлением (температуры вязко-текучего состояния полиамидной матрицы и термомеханического воздействия шнека) испытывают характерные трансформации, обусловленные процессами термоокислительной деструкции и механодеструкции.

Данные процессы приводят к активации целлюлозосодержащих частиц, которая проявляется в образовании активных функциональных групп ($-\text{OH}=\text{CO}$; $-\text{COOH}-$) и радикальных продуктов. Вследствие этого существенно изменяют свои параметры энергетических характеристик, что соответствует концепту энергетического и технологического соответствия компонентов, предложенного нами в ряде публикаций.

На параметры деформационно-прочностных и триботехнических характеристик композитов существенное влияние оказывает распределение частиц модификатора по матричному полимеру. Для обеспечения равномерного распределения частиц целлюлозосодержащих компонентов в матричном полиамиде использовали поли-

амидную смолу на основе аминокридов смольных кислот канифоль. Данная смола водорастворима и обладает способностью равномерно распределяться в матричном полимере. При этом она проникает в результате диффузии в структуру базового полиамид, преимущественно, в микродефекты надмолекулярного строения и изменяет их неблагоприятное действие на процессы разрушения полиамидной матрицы.

Соли муравьиной (формиаты) и щавелевой (оксалаты) кислот и металлов, выбранных из группы Cu, Zn, Pb, Ni при термомеханическом воздействии на полиамидную композицию испытывают термоллиз (разложение) с образованием наноразмерных частиц металла и газовой составляющей (H₂, CO₂). Благодаря этому увеличивается совместимость матричного полиамида (ПА6, ПА6.6) и модификаторов. Кроме того, наноразмерные частицы металлов выполняют функцию нецепного стабилизатора композита, увеличивая стойкость покрытия из него к воздействию термоокислительных факторов в процессе эксплуатации, в том числе при отсутствии внешней смазки.

Для изготовления композиционных материалов на основе промышленных полиамидов использовали гранулированные продукты, производимые на филиале «Завод Химволокно» ОАО «ГродноАзот», полиамида 6 (ПА6) и полиамида 6.6 (ПА6.6). В качестве полиамидной смолы использовали продукт, выпускаемый по ТУ ВУ 1526670.005-2018, имеющий массовую долю сухого вещества до 10–12 %, динамическую вязкость при 293 К (25 °С) не менее 10 сР, водородный показатель рН, равный 8,0–11,5, кислотное число абсолютно сухого вещества более 40 мг КОН/г.

Для приготовления композиционного материала использовали гранулированные полуфабрикаты промышленно выпускаемых полиамидов (ПА6, ПА6.6), которые обрабатывали соответствующим количеством водного раствора полиамидной смолы. Для обеспечения гомогенного распределения смолы гранулы подвергали механоактивированию путем перемешивания в рабочем объеме барабанного смесителя (мельница МБЛ) в присутствии металлических шаров в течение 15–30 мин. После этого в состав композиции вводили целлюлозосодержащие частицы, которые перемешивали в течение 15–30 мин. После этого вводили коллоидный графит. Полученный композиционный материал подсушивали при температуре 363–473 К до содержания влаги не более 0,5 мас. %.

Ниже представлены примеры практического выполнения покрытий из разработанных композиционных материалов.

Пример 1. Гранулы полиамида 6, производимого филиалом «Завод Химволокно» ОАО «ГродноАзот», подсушивали до содержания влаги не более 0,5 мас. %, после чего обрабатывали полиамидной

смолой на основе аминокамидов смоляных кислот канифоли в виде 10%-ого водного раствора путем перемешивания в рабочем объеме шаровой мельницы МБЛ в присутствии металлических шаров в течение 5–10 мин. После этого в рабочий объем мельницы вводили дисперсный порошок целлюлозы и перемешивали смесь в течение 10–15 мин.

После этого в состав композиционного материала вводили порошкообразную сухую смазку (коллоидно-графитовый препарат марки С-1) и полученную композицию дополнительно перемешивали до получения однородного состава. Полученный состав композиционного материала подвергали сушке при температуре 363–373 К до содержания влаги не более 0,5 мас. %. Композиционный материал перерабатывали в изделия на шнековом термопластавтомате при режимах, рекомендованных для полиамидных композиций.

Пример 2. В качестве целлюлозосодержащего продукта использовали древесную муку с размером частиц 1–50 мкм, полученную измельчением древесины осины, содержащей 47 % целлюлозы, 28,5 % лигнина и 24,5 % легкогидролизуемых полисахаридов. Технологический процесс получения композиционного материала с использованием древесной муки аналогичен процессу получения композиций с целлюлозосодержащими частицами. При этом использование древесной муки в качестве целлюлозосодержащего компонента позволяет существенно снизить стоимость композиционного материала при сохранении основных параметров деформационно-прочностных, адгезионных и триботехнических характеристик вследствие отечественного происхождения этого вида модификаторов. Покрытия из композиционного материала формировали методом псевдооживленного слоя на предварительно очищенной подложке из стали 20ХГНТР.

Разработанные из композиционного материала покрытия отличаются возможностью реализации концепта энергетического и технологического соответствия компонентов при формировании вследствие трансформирования исходных параметров целлюлозосодержащего модификатора под действием термоокислительных и механохимических приемов, которые протекают в нагревательном цилиндре литейной машины в процессе литья под давлением или под действием процессов формирования покрытия. Благодаря принципам трансформирования макромолекул целлюлозосодержащего компонента последний приобретает более высокую термодинамическую совместимость с матричным полимером, что благоприятно сказывается на повышении параметров эксплуатационных характеристик изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Довгяло, В.А. Композиционные материалы на основе дис-

персных полимеров / В.А. Довгяло, О.Р. Юркевич. – Минск : Навука і тэхніка. 1992. – 255 с.

2. Мачюлис, А.Н. Диффузионная стабилизация полимеров / А.Н. Мачюлис, Э.Э. Торнау. – Вильнюс : Минтис, 1974. – 256 с.

3. Композиционный материал для триботехнических покрытий : пат. RU 2219212 / В.А. Струк, Г.А. Костюкович, В.И. Кравченко, Е.В. Овчинников, М.М. Семеняко, И.Ю. Ларин. – Оpubл. 20.12.2003.

4. Композиционный триботехнический материал : пат. RU 2228347 / В.А. Струк, Г.А. Костюкович, В.И. Кравченко, Е.В. Овчинников, Д.И. Федоров. – Оpubл. 10.05.2004.

5. Способ формирования композиционных покрытий из силикатполимерных материалов : пат. RU 2332525 / В.А. Струк, В.И. Кравченко, Г.А. Костюкович, С.В. Авдейчик, Е.В. Овчинников, В.А. Лиопо, В.В. Клецко, М.А. Белоцерковский. – Оpubл. 10.11.2006.

6. Композиционный материал для триботехнических покрытий автоагрегатов : пат. ВУ 17434 / В. А. Струк, С. В. Авдейчик, Е.В. Овчинников, Г.А. Костюкович, В.И. Кравченко. – Оpubл. 30.08.13

УДК 691.175.5/8

И.С. Краева, асп.;

С.В. Фомин, канд. техн. наук, проректор;

Е.С. Широкова, канд. хим. наук, доц.

(ФГБОУ ВО «ВятГУ», г. Киров, Российская Федерация);

А.В. Касперович, канд. техн. наук, зав. кафедрой (БГТУ, г. Минск)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И МОДИФИКАЦИИ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ МИКРОФИЛЬТРАЦИИ

Мембранные технологии находят применение для опреснения, подготовки и очистки воды в нефтехимической, фармацевтической, пищевой и других отраслях промышленности [1].

В настоящее время существует несколько подходов по повышению эффективности мембранных методов: создание новых разделительных аппаратов; создание новых материалов и получение мембран на их основе; направленная модификация существующих мембран.

Наиболее экономически выгодным и актуальным на сегодняшний день является последний метод. Модификацией мембран можно регулировать транспортные характеристики и управлять их физико-химическими свойствами. В зависимости от требуемых свойств модификация мембраны осуществляется несколькими способами: модифи-