

деформация при разрыве увеличилась с 303,9 до 539,3% для композиции с 5 мас.% ПВД, до 451% для композиции с 15 мас.% ПВД.

Модуль упругости сохранил высокие значения (319 МПа для 5 мас.% ПВД, 398 МПа для 15 мас.% ПВД), хотя и стал несколько ниже, чем для чистого ПА11 (439 МПа).

Модификация композиции ПА11-15 мас.% ПВД ТЭПом в количестве 0,5 мас.% позволила увеличить значение модуля упругости до 477 МПа.

Введение ПВД позволило снизить показатель текучести расплава ПА11 с 7,46 до 4,16 г/10мин при введении 15 мас.% ПВД, а так же значительно уменьшить водопоглощение, которое у полиамидов является повышенным. Водопоглощение для композиции с содержанием 15 мас.% ПВД уменьшилось на 21%, а введение в эту композицию ТЭП в количестве 0,5 мас.% снизило этот показатель на 37% по сравнению с чистым ПА11.

Таким образом введение ПВД и ТЭП в ПА11 показало свою эффективность не только с точки зрения снижения стоимости композиции (цена 1 кг ПА11 около 2000 рос. руб, 1 кг ПВД 90 рос. руб), но и сточки зрения улучшения ряда характеристик, что может быть обусловлено компатибилизирующим действием ТЭП в данных смесях.

Литература

1. Симонов-Емельянов И. Д. Основы создания композиционных материалов. Учебное пособие / И. Д. Симонов-Емельянов, В. Н. Кулезнев – М.: МИХМ, 1986. – 64с.
2. Кулезнев В. Н. Смеси полимеров / В. Н. Кулезнев – М.: Химия, 1980. – 304с.

УДК 678.5

Авдейчик С.В.
(ООО «Молдер»)

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШ- ЛЕННЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ

Проведен системный анализ механизмов проявления феномена наносостояния материальных объектов различного состава, строения, геометрических и размерных параметров для разработки методологических подходов к его реализации в материаловедении и технологии нанокomпозиционных материалов на основе промышленных

термопластов для создания металлополимерных систем с повышенными параметрами эксплуатационных характеристик.

Разработан концепт энергетического и технологического соответствия компонентов для формирования систем с оптимизированными параметрами структурных характеристик на различных уровнях организации. Для реализации принципа энергетического соответствия компонентов необходимо не только определённое сочетание исходных параметров (теплофизических, размерных, электрофизических, структурных, элементных и др.), но и возможность их изменения в заданных диапазонах значений при технологических воздействиях на компоненты (деформационных, температурных, ионизирующих, лазерных и др.). При выборе адекватной технологии получения, подготовки, совмещения компонентов или переработки композитов в изделия создаются условия для изменения первоначального энергетического состояния и достижения наносостояния непосредственно в зоне межфазного взаимодействия, которое обеспечивает протекание преобладающего физико-химического процесса формирования оптимальной структуры граничного слоя. Формирование межфазного (граничного) слоя оптимальной структуры указывает на технологическое соответствие компонентов функциональных материалов и металлополимерных систем, под которым понимают возможность достижения заданных энергетических параметров компонентов на определённой стадии формирования композита, изделия или конструкции, обеспечивающих протекание преобладающего механизма межфазного взаимодействия. Отсутствие такого состояния не позволяет реализовать потенциал отдельных компонентов в выбранном технологическом процессе изготовления системы, так как он может проявляться в различных диапазонах температурных, механических, физико-химических и др. воздействий, не обеспечивая достижение необходимого значения энергии активации на конкретной технологической стадии, приводя к негативному явлению, называемому структурным парадоксом. Реализация принципа энергетического и технологического соответствия позволяет разработать методологию и практические технологии использования феномена наносостояния в материаловедении металлополимерных систем различного состава, конструктивного исполнения и функционального назначения.

Для разработки методологических принципов создания оптимизированных систем и алгоритмов их реализации, адекватных распространённым технологиям материаловедения полимерных композитов обоснованы факторы, определяющие наносостояние компонентов – размерные параметры и габитус единичных частиц, строение

на различных уровнях организации, состав компонентов, морфология поверхностного слоя. С учётом выбранных факторов осуществлён анализ механизмов реализации наносостояния дисперсных частиц и субстратов различного состава, строения и геометрических параметров для их практических приложений в материаловедении и технологии нанокomпозиционных материалов на основе полимеров промышленного производства.

Проведенный комплекс исследований по моделированию процессов формирования структуры материальных объектов с выраженным проявлением наносостояния позволил определить эффективные направления его достижения в технологических процессах получения и переработки нанокomпозиционных материалов на основе матричных связующих промышленного производства.

Предложены методологические принципы реализации феномена наносостояния в материаловедении и технологии функциональных нанокomпозитов на основе промышленных полимерных матриц и металлополимерных систем с их применением, ориентированные на состояние отечественной технологической базы промышленных предприятий, относящейся преимущественно к IV и V укладам (рисунок).

Разработанные принципы оптимизируют структуру нанокomпозиционных материалов на основе полимерных, олигомерных и смесевых матриц промышленного производства, предназначенных для изготовления конструктивных элементов (подшипников, уплотнений, крепёжных элементов, покрытий) статических и динамических (триботехнических) металлополимерных систем, используемых в конструкциях машин, механизмов, технологического оборудования отечественных предприятий машиностроения, химической, перерабатывающей промышленности, строительной индустрии, определяющих стратегию инновационного развития экономики.

При разработке промышленных технологий изготовления и переработки нанокomпозиционных машиностроительных материалов на основе многотоннажных термопластов целенаправленно использовали традиционное оборудование, распространённое в технологии пластмасс. Для обеспечения необходимой гомогенности композитов осуществляли механоактивацию гранулированных или порошкообразных компонентов при совмещении в барабанных смесителях в присутствии мелющих тел сферической, цилиндрической или конусообразной формы. В результате механоактивации обеспечивается закрепление частиц наноразмерных модификаторов на поверхности гранул или дисперсных частиц матричного полимера и распределение их в объёме композиционного материала. Термомеханическое воздействие на

расплав в материальном цилиндре литейной машины или экструдера позволяет осуществить дополнительную гомогенизацию с образованием композита со стабильными параметрами деформационно-прочностных, теплофизических, адгезионных и триботехнических характеристик, удовлетворяющих требованиям технической документации.



Рисунок – Методологические принципы реализации феномена наносостояния в материаловедении и технологии композитов на основе полимерных матриц и металлополимерных систем с их применением

Для нанесения триботехнических и защитных покрытий из наноконпозиционных материалов на основе полиамидов разработана технология и установка для криогенного диспергирования гранулированных полуфабрикатов, обеспечивающая промышленное производство порошкообразных продуктов с заданной степенью дисперсности и энергетической активности. Разработанные составы триботехнических покрытий использованы в конструкциях автомобильных агрегатов для повышения ресурса шлицевых соединений карданных валов транспортной и специальной техники, защиты упругих элементов тормозных камер грузовых автомобилей от коррозионно-механического изнашивания и усталостного разрушения и предотвращения заедания в механизме привода токарных патронов технологического металлообрабатывающего оборудования.

Предложенные принципы создания наноконпозиционных материалов с повышенными параметрами деформационно-прочностных,

адгезионных и триботехнических характеристик на основе промышленных термопластов для функциональных металлополимерных систем и эффективных технологий их изготовления и переработки в изделия защищены 67 патентами Республики Беларусь и Российской Федерации [1, 2].

Исследования выполнены в рамках задания Т19УЗБ-003 от 21.06.2019 г.

Литература

1. Авдейчик, С. В. Фактор наносостояния в материаловедении полимерных нанокомпозитов / С. В. Авдейчик, В. А. Струк, А. С. Антонов. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Acad. Publ., 2017. – 468 с.

2. Нанокомпозиционные и наноструктурные машиностроительные материалы и технологии их получения / С. В. Авдейчик [и др.]; под ред. А. В. Киричека. – М. : Спектр, 2013. – 224 с. – Раздел 2. Машиностроительные нанокомпозиты на основе полимерных матриц / С. В. Авдейчик, Е. В. Овчинников, В. А. Струк. – С. 41–111; Раздел 3. Фторсодержащие триботехнические композиты: особенности структуры, технологии и применения / С. В. Авдейчик [и др.]. – С. 112–141.

УДК 678.5

Авдейчик С.В.

(ООО «Молдер»)

Струк В.А., Антонов А.С.

(Гродненский государственный университет имени Янки Купалы)

Гольдаде В.А.

(Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины)

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТОВ

Анализ параметров энергетических характеристик дисперсных частиц различного состава и строения указывает на нелинейность зависимости величины термостимулированного тока (ТСТ) от температуры, наличие экстремумов в температурных диапазонах, характерных для каждого вида модификатора, и нестабильности $I = f(T)$ при изменении размерных параметров, режимов диспергирования,