

ЛКМ (грунтовка Belakor 02 и эмаль Belakor 12 производства ЧУП «МАН», РБ), модифицированных наноалмазными частицами АШ-А и УДА производства НПЗАО «Синта» (г. Минск).

Наночастицы распределившись по всему объему покрытий и взаимодействуя друг с другом, образуют физическую сетку, усиливающую межмолекулярные взаимодействия между цепочками акриловых сополимеров. Модифицированная наноалмазными частицами надмолекулярная структура на металле грунтовки и эмали представляет собой систему взаимопроникающих сеток, которая существенно повышает важные в практическом значении показатели: адгезию (с 2 до 1 балла); прочность при ударе (на 11 %); твердость (на несколько десятков %); стойкость к статическому воздействию воды и 3 %-ного NaCl (на 60%-145 %).

Литература

1. Таболич А.А. Влияние функционального состава поверхности детонационных наноалмазов на свойства их водных суспензий/ – Сборник материалов Всероссийской научной конференции «Smart Student Science - 2019» – с. 271 – 274.

2. Шашок Ж.С. Применение углеродных наноматериалов в полимерных композициях / Ж.С. Шашок, Н.Р. Прокопчук – Минск: БГТУ, 2014. – С. 232.

3. Агафонов, Г.И. Использование нанотехнологий в лакокрасочных материалах / Г.И. Агафонов, А.С. Дринберг, Э.Ф. Ицко // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2007. – № 4. – С. 10-14.

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)

НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТРИЦ: МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

При выборе модификаторов для получения нанокomпозиционных материалов с оптимизированными параметрами структуры, определяющими целесообразность и эффективность их использования

в системах заданного функционального назначения, исходили из принципа энергетического и технологического соответствия компонентов на базе концепта разумной достаточности.

Практическая реализация разработанных методологических подходов обеспечивает достижение технически значимых эффектов повышения параметров деформационно-прочностных, адгезионных, триботехнических характеристик композитов на основе промышленных матриц как при допинговом содержании (0,001 ÷ 1,0 мас. %) модификаторов, так и при наполнении 20 ÷ 40 мас. %.

Активирование компонентов композитов на основе ПТФЭ (СВМПЭ) на стадиях подготовки и совмещения предложено осуществлять путём энергетического (термического, механохимического, лазерного) воздействия на частицы наполнителя (УВ, графит), матрицы (ПТФЭ, СВМПЭ) или их смеси, которое обеспечивает повышение их активности в межфазных взаимодействиях. Вследствие этого увеличивается значение параметра σ_p для композитов, содержащих 10 мас. % и 20 мас. % УВ с 17–18 МПа до 23–32 МПа при одновременном увеличении износостойкости в 1,5–2,0 раза. Применение в качестве модифицирующих компонентов наполнителя (УВ) фторсодержащих олигомерных или полимер-олигомерных соединений приводит к увеличению прочностных характеристик граничных слоёв вследствие термодинамической совместимости модификатора и матричного связующего.

Активирование компонентов композитов на основе высоковязких матриц (ПТФЭ, СВМПЭ) на стадии формирования заготовок в соответствии с разработанными технологиями (патенты Республики Беларусь на изобретения ВУ 8480, 9396) с использованием распространённого оборудования для холодной монолитизации с последующим спеканием заготовок позволило при содержании наполнителя (УВ) 1–20 мас. % увеличить параметр прочности при растяжении с 17–18 МПа до 20–35 МПа вследствие обеспечения механохимического взаимодействия на границе раздела «наполнитель – матрица» из-за различия коэффициентов теплового расширения. При использовании в качестве армирующего наполнителя органических волокон (ПА, ПС, ПП, ПАН) в процессе термического воздействия в диапазоне температур 563–623 К в течение 5–10 часов с последующим отжигом заготовок при 553 К в течение 1–2 часов протекают процессы карбонизации с образованием фрагментов с повышенной совместимостью с матрицей. Параметры деформационно-прочностных ($\sigma_p = 20–35$ МПа) и триботехнических ($I \cdot 10^7 = 1,5 – 2,0$ мм³/Н·м) характеристик таких композитов превосходят характеристики аналогов при существенно более низкой стоимости.

Разработанные технологии механоактивирования компонентов на стадиях подготовки, совмещения и спекания, а также на стадии получения изделий позволили разработать гамму композитов с повышенными параметрами эксплуатационных характеристик на основе политетрафторэтилена для изготовления элементов металлополимерных систем, эксплуатируемых при воздействии повышенных температур, отсутствии или ограничении смазки, реверсивном движении, воздействии активных сред. Разработанные композиты превосходят по параметрам отечественные и зарубежные аналоги (Ф4К20, Флувис, Флубон).

Методологический принцип управления процессом структурирования полимерных матриц путём использования особенностей кристаллохимического строения наноразмерных частиц модификаторов, формирования интеграционной надмолекулярной структуры посредством модифицирования матрицы совокупностью наночастиц одинакового или различного состава или габитуса реализован при разработке композиционных материалов на основе промышленных термопластов класса полиамидов и полиолефинов, новизна которых подтверждена патентами Республики Беларусь на изобретения ВУ 9215, 9244, 9397, 9820, 10391, 10585, 10586, 10795, 10898, 11382, 11421, 11694, 21059, 21060, 21061, 21397. Приоритетным направлением была разработка композитов для изготовления конструктивных элементов и формирования многофункциональных покрытий, применяемых в конструкциях автотракторных агрегатов (карданных валов, тормозных камер, амортизаторов) и технологического оборудования (ленточных конвейеров) (таблица).

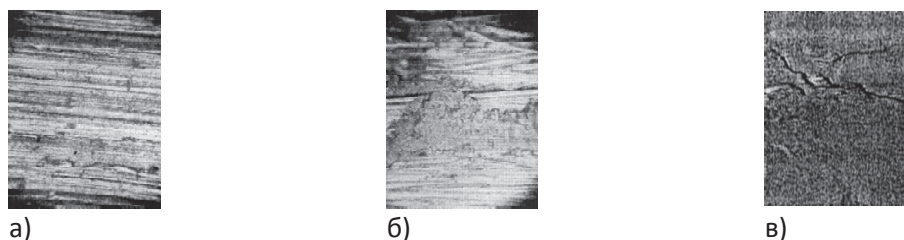
Таблица – Сравнительные характеристики нанокomпозиционных материалов на основе полиамидов

Характеристика	Значение параметров для составов				
	ПА6*	Композиционный материал			
		Патент ВУ 9397	Патент ВУ 10898	Патент ВУ 17434	Патент ВУ 21059
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа					
– исходное	56–60	65–67	65–68	70–73	72–76
– после 1 000 ч термоокисления при 423 К на воздухе	18–30	–	58–62	43–45	–
Адгезионная прочность, см, не менее	10–15	>50	45–51 МПа (метод нормального отрыва)	28–30	50
Коэффициент трения без смазки при нагрузках 5–10 МПа, V = 0,5 м/с	0,5–0,6	0,10–0,12	–	0,08–0,11	0,08–0,09
Влагопоглощение, мас. %	9–10	–	–	3,0–3,5	2,0–3,0

*ПА6 производства ОАО «Гродно Азот»

Принцип восстановления структурного потенциала регенерированных термопластичных матриц допинговым модифицированием и многостадийным рециклингом реализован в разработанных составах композиционных материалов на основе регенерированных полиолефинов (ПЭНД, ПП, ПЭВД).

Практическую реализацию принципа трансформирования продуктов изнашивания в ингибиторы изнашивания и ингибирования коррозионно-механического изнашивания и контактного разрушения трибосистем осуществляли путём введения в состав смазочных композиций наноразмерных углеродсодержащих (КГП С-1, ТРГ, УДАГ, УВ), силикатсодержащих (монтмориллонит, шунгит, сиалон), металлсодержащих (частицы металлов, оксидов) в сочетании с фторсодержащими (УПТФЭ) и полимерными (УВ, ПАН, ПС) компонентами или путём формирования нанокomпозиционного покрытия на поверхностях трения с использованием фторсодержащих олигомеров, полимер-олигомерных продуктов термогазодинамического синтеза (УПТФЭ). Наличие в металлополимерной трибосистеме фторсодержащих олигомерных или полимер-олигомерных компонентов, нанесённых на активированный субстрат, поверхность трения подшипника скольжения или введённых в состав смазочной композиции, обеспечивает формирование разделительного нанокomпозиционного слоя с выраженной способностью к и знакопеременному переносу и многоцикловоу передеформированию (рисунок).



а)

б)

в)

**Рисунок – Характерная морфология исходной поверхности трения контртела (а) и после фрикционного взаимодействия пары «углеродный образец – сталь 45» (б) и «ПА11 – сталь 45» (в) при введении в зону трения фторсодержащего олигомера Ф-1 (б) и УПТФЭ (в).
а), б) – данные оптической микроскопии, $\times 300$;
в) – данные АСМ, поле сканирования 25×25 мкм**

Функция физического компатибилизатора свойственна наноразмерным частицам различного состава, строения и технологии получения (глины, УНТ, УДАГ, Си и др.), что позволило разработать композиционные материалы на основе термомеханически совмещённых смесей полиамидов, полиолефинов, которые являются полноценной альтернативой первичным термопластам при изготовлении изделий

конструкционного назначения для строительной индустрии (крепёжные элементы, металлополимерные ролики), в том числе дорожного строительства (опознавательные и ограничительные элементы для обозначения подземных коммуникаций) [1–3].

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

Литература

1. The phenomenon of nanostate in material science of functional composites based on industrial polymers / S. Avdeychik, V. Goldade, V. Struk, A. Antonov, A. Ikromov // Theoretical & Applied Science. – 2020. – Iss. 07. – Vol. 87. – P. 101–107.

2. Methodological approach to the dimension estimation of modifying particles for nanocomposites / S. Avdeychik, V. Goldade, V. Struk, A. Antonov // Theoretical & Applied Science. – 2020. – Iss. 04. – Vol. 84. – P. 638–644.

3. Методологические принципы модифицирования термопластичных матриц с целью повышения параметров эксплуатационных характеристик / А.С. Антонов, В.А. Струк, С.В. Авдейчик, А.А. Абдуразаков // Горная механика и машиностроение. – 2020. – № 1. – С. 101–108.

УДК 66:674.815-41

Огородников В.А., Щербина Л.А., Будкуте И.А.

(Могилёвский государственный университет продовольствия)

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИОНООБМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРОВ АКРИЛОНИТРИЛА И 2-АКРИЛАМИД-2- МЕТИЛПРОПАНСУЛЬФОКИСЛОТЫ

Создание малоотходных технологий с целью защиты окружающей среды, в частности гидросферы, от ионов тяжёлых металлов предполагает разработку эффективных способов очистки производственных сточных вод. Одним из эффективных методов очистки промышленных растворов от ионов тяжёлых металлов является ионный обмен, посредством которого можно обеспечить глубокую очистку стоков и вернуть в технологический цикл металлы в необходимой химической форме.

В процессах водоподготовки и очистки промышленных стоков могут применяться как гранульные, так и волокнистые синтетические иониты [1, 2]. Хотя волокнистые ионообменники обладают рядом