

УДК 621.791.92

АНАЛИЗ НОВЕЙШИХ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

М. А. Карпенко, А. Н. Скороходов, А. А. Даниленко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь

С каждым годом применение композиционных материалов в промышленности увеличивается, следовательно и масштабы их производства увеличивается. Кроме того, разрабатываются новые виды композитов, с улучшением механическими, физическими и другими свойствами и качествами. К таким материалам относятся нанокompозиты. [1].

Нанокompозиты — это многофазный твёрдый материал, одна из фаз которого имеет одно, два или три измерения менее 100 нанометров (нм) или структуры с наноразмерными расстояниями между различными фазами, из которых состоит материал.

В настоящее время активно исследуются и разрабатываются важнейшие типы полимерных нанокompозитов: наноструктурные полимерные системы, полимер/полимерные наносистемы, полмерсиликатные нанокompозиты, композиты на основе углеродных наноматериалов, металлосодержащие нанокompозиты, прочие нанокompозиты (нелинейно оптически-активные нанокompозиты типа полимер, содержащие добавки низкомолекулярных оптически активных веществ (хромофоров) и др.) [4].

В последние годы белорусские производители полимерной продукции страны неоднократно обращались к ученым с просьбами разработать технологии и составы нанокompозиционных материалов, обладающих существенно новыми свойствами, соответственно повышающими их конкурентоспособность на мировых и внутренних рынках сбыта. Но, как показывает мировой и отечественный опыт исследований и разработок, это трудная научная и технологическая проблема, хотя теоретически наномодифицирование предсказывает весьма существенное улучшение деформационных и прочностных характеристик полимеров (рис. 1) [2].

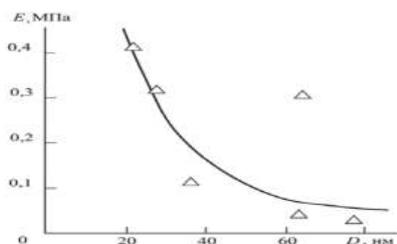


Рис. 1 – Зависимость динамического модуля упругости E от диаметра сферических частиц наполнителя D для натурального каучука, наполненного наноразмерным углеродом: D – экспериментальные данные; кривая – расчетные данные.

Но практически этого пока не удается достичь применительно к материалам на основе технических термопластов. Их механические характеристики ненамного превышают микромодифицированные аналоги. [2].

Основные причины, видимо, уже установлены. К ним относятся [2]:

- трудно управляемое и контролируемое в реальных производственных условиях размерное и объемное распределение модифицирующих индивидуальных и агрегированных наночастиц в полимерной матрице;
- недостаток знаний о механизмах структурной специфики формирования межфазных слоев полимерных нанокомпозитов;
- недостаток технологических методов управления плотностью упаковки полимерных молекул в процессе формирования наноструктур полимерных нанокомпозитов.

Решения вышеназванных задач находятся на стыке естественнонаучных и научно-технических прикладных (инженерных) аспектов нанокомпозиционного материаловедения. Очевидно, что точные ответы на эти вопросы могут дать только современные методы экспериментальных исследований объемных структур нанокомпозитов на основе полимеров. Из анализа тематики докладов 4-х предыдущих наших конференций видно, что на них было представлено 253 доклада, в том числе в 2008 г. – 44, 2010 г. – 52, 2012 г. – 66 и 2014 г. – 31. Однако исследованию нанокомпозитов на основе конструкционных термопластов посвящены только около 5% от их общего количества публикаций. Именно прикладные методы зондовых наноизмерений наиболее близки к изучению инженерных свойств полимерных нанокомпозитов [2].

Уникальные свойства нанокомпозитов и наличие промышленной технологии производства натуральных изделий создали предпосылки для его применения в современном машиностроении и в медицинской технике [3].

Свойство углеродного нанокомпозита многократно превосходит свойства углеродных материалов традиционной технологии: по

коэффициенту трения в жидких средах в 5 раз, по коэффициенту катодного распыления в 15 раз, по химической стойкости в окислительных средах до 300 раз. Кроме того, углеродный нанокompозит обладает уникальным сочетанием свойств: он химически и биологически инертен, не проницаем для жидкости и газа, радиационно стоек, по высокотемпературной удельной прочности превосходит вольфрам. Такой комплекс свойств выгодно отличает углеродный нанокompозит от большинства традиционных материалов конструкционного назначения [3].

Применение углеродного нанокompозита позволила существенно улучшить технико-экономические показатели термоядерного реактора. Например, диафрагма из углеродного нанокompозита успешно выдержала 8000 рабочих циклов термоядерного реактора без следов видимых разрушений [3].

Перспективной разновидностью опор валов, получивших применение в современном машиностроении, являются газодинамические подшипники. В установившемся режиме работы газодинамического подшипника вращающийся вал опирается на упругую прослойку между валом и вкладышем подшипника [3].

На рис. 2 показаны результаты сравнительных антифрикционных материалов различных классов и углеродного нанокompозита в условиях трения по стали ШХ15 в режиме газодинамического подшипника. Наилучшим из углеродных антифрикционных материалов для газодинамического подшипника является нанокompозит. Он хорошо работает практически с любым контролером. У нанокompозита практически не обнаружены следы износа после 200 циклов пуск-останов при минимальном значении коэффициента трения при трогании с места [3].

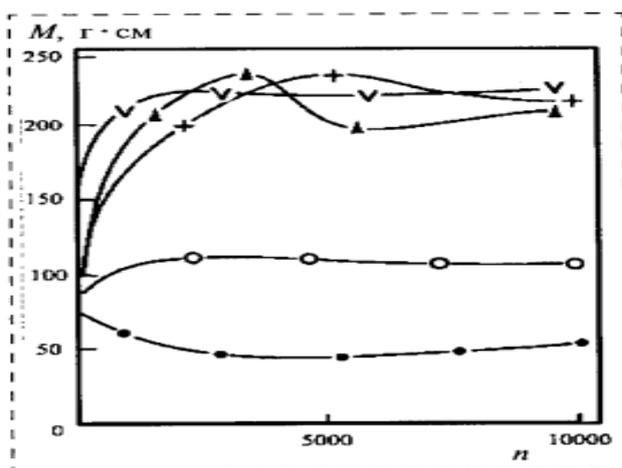


Рис. 2 – Влияние числа n циклов пуска-останов на пусковой момент M трения по стали ШХ15 газодинамическим упорных подшипников из антифрикционных материалов. ▲ - бронза; + - антифрикционный сплав; ▽ - корундовая керамика; ○ - антифрикционный графит, пропитанный антифрикционным сплавом; ● - углеродный нанокompозит.

Полимерные нанокомпозиты с органомодифицированными глинистыми минералами находят широкое применение в различных областях промышленности и техники. Однако, к настоящему времени крайне мало исследований посвящено нанокомпозитам, для получения которых в качестве матриц используют полимерные смеси. При этом создаются потенциально новые возможности получения высокоэффективных материалов, в которых сочетаются достоинства полимерных смесей и преимущества полимерных нанокомпозитов. Одним из факторов, влияющим на структуру и свойства нанокомпозитов на основе смеси полимеров, является способ их получения. Во время смешения в расплаве компонентов наночастицы мигрируют в отдельные фазы полимерной смеси в результате чего могут формироваться различные морфологические структуры в зависимости от характера преимущественно распределения глины между компонентами смеси. Это придает процедуре смешения решающее значение для контроля пространственного распределения нанокомпозитов: одностадийного, базирующегося на использовании концентратов (мастер-батчэй) наноглин в одном или всех компонентах смеси. Последовательность смешения в общем случае может сильно сказываться на микроструктуре нанокомпозитов и влиять на их механические и другие свойства [5].

В заключении хотелось бы отметить, что значимость всех композиционных материалов для современной промышленности огромна. Сейчас композиты применяются в изготовлении различной продукции, начиная от пуговицы в текстильной промышленности и заканчивая лопастями винтов вертолетов и самолетов в авиастроении. С течением времени необходимо усовершенствование КМ, поэтому применение нанокомпозитов станет будущим машиностроения и других отраслей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ткачева В. Р. Нанокомпозиты — будущее машиностроения // Техника. Технологии. Инженерия. — 2016. — № 1 (1). — С. 37-40.
2. Свириденко А. И., Кравцевич А. В. Материаловедению полимерных нанокомпозитов нужны новые экспресс-методики и приборы // "Издательский дом "Белорусская наука" Минск, 18–21 октября 2016 года С. 3-7.
3. Волков Г. М. Нанокомпозит система углерод-углерод. Биоинженерный и машиностроительный потенциал. Нано- и микросистемная техника // Новые технологии. 2007. №5. С.34-37.
4. Песецкий С. С., Мышкин Н. К. Полимерные композиты многофункционального назначения: перспективы разработок и применения в Беларуси (обзор) // Полимерные материалы и технологии. Т. 2, 2016, № 4. С. 6–29. doi: 10.32864/polymmattech-2016-2-4-6-29

5. Кривогуз Ю. М. Влияние функционализированных полиолефинов на структуру и свойства смесевых материалов на основе алифатических полиамидов / Ю. М. Кривогуз, О. А. Макаренко, С. С. Песецкий // Реактив–2018 : тез. докл. XXXI междунар. науч.-техн. конф., Минск, 2–4 октября 2018 г. / Ин-т химии новых материалов НАН Беларуси; редкол.: В. Е. Агабеков [и др.]. – Минск, 2018. – С. 61.