

добавки повлияли неоднозначно: максимальное влияние оказал терморасширенный графит марки ТРГ-1, который уменьшил на 10% данный показатель, и терморасширенный графит марки ТРГ-2, который увеличил его на 7%.

Резюмируя вышесказанное, стоит отметить, что исследование новых эластомерных композиций с добавлением графитоподобных материалов позволит создать новые конструкционные материалы с высокими характеристиками.

Литература

1. Bannov, A.G. Synthesis and studies of properties of graphite oxide and thermally expanded graphite / A.G. Bannov, A.A. Timofeeva, V.V. Shinkarev, K.D. Dyukova, A.V. Ukhina, E.A. Maksimovskii, S.I. Yusin // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2014. – Vol. 50, iss. 2. – P. 183-190. - DOI: 10.1134/S207020511402004X.

УДК 678.5.067:53(075.8)

Береснева А.В., Антонов А.С.,

(Гродненский государственный университет имени Янки Купалы)

Вишневский К.В.

(Белорусский государственный технологический университет)

НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ПОВЫШЕННОЙ СТОЙКОСТЬЮ К ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНЫМ И ДЕСТРУКЦИОННЫМ ПРОЦЕССАМ

Полимерные материалы и композиции на их основе относятся к числу наиболее распространенных материалов для изготовления изделий различного функционального назначения. Номенклатура функциональных изделий из полимерных композитов и объемы их применения непрерывно увеличиваются, что обусловлено уникальными возможностями управления параметрами эксплуатационных характеристик изделий (деформационно-прочностных, триботехнических, адгезионных, защитных и др.) в широком диапазоне значений в зависимости от требований технической документации.

В современном материаловедении и технологии функциональных полимерных композитов для управления параметрами термоокислительных и деструкционных процессов, определяющих сроки эксплуатации изделий, используют функциональные компоненты –

антиоксиданты, стабилизаторы, которые вводят в состав материалов на стадии их изготовления или переработки. Такие компоненты, представляющие собой дорогостоящие синтетические продукты, обеспечивают защитное действие в течение некоторого времени вследствие предотвращения или торможения цепных процессов термоокисления и термодеструкции, определяющие кинетику термостарения изделий. В Беларуси такие продукты малотоннажной химии промышленно не производят, что приводит к необходимости их закупки за рубежом. Вместе с тем, эффективность действия функциональных модификаторов (антиоксидантов, стабилизаторов) не в полной мере удовлетворяет требованиям современного материаловедения по эффективности действия, а традиционные технологии их применения путем введения в объем композита приводит к перерасходу вследствие неиспользования значительной части продукта, находящегося в глубинных слоях изделия. В связи с чем, особый научный и практический интерес представляет разработка методологии управления кинетикой и механизмами термоокислительных и деструкционных процессов в полимерных композитах путем введения модификаторов нецепного действия, разработанных на базе отечественных компонентов с использованием феномена наносостояния [1].

Проблема повышения стойкости изделий из полимерных нанокпозиционных материалов рассматривается недостаточно широко, так как механизмы влияния феномена наносостояния дисперсных твердотельных частиц на процессы формирования и разрушения структуры на различных уровнях требуют системного изучения.

Цель работы состояла в разработке составов и технологии полимерных композитов с использованием наноразмерных частиц в качестве нецепного стабилизатора.

Анализ литературных данных [1–3] и собственные исследования [4] показали, что основными факторами, влияющими на механизмы и кинетику термоокислительных процессов в полимерных и композиционных материалах, являются:

- строение макромолекулы, определяющее её сродство к кислороду или кислородсодержащим производным;
- надмолекулярная структура поверхностного слоя образца (изделия), определяющая скорость диффузии кислорода (и кислородсодержащих производных);
- концентрационный градиент функционального компонента (антиоксиданта, стабилизатора) в поверхностном слое образца (изделия);
- вид и диапазон значений эксплуатационных факторов, действующих на образец (изделие).

Поэтому эффективным направлением повышения стойкости полимерных и композиционных материалов к термоокислительным и деструкционным процессам является реализация принципа многоуровневого модифицирования, который позволяет сформировать структуру, оптимизированную на молекулярном, надмолекулярном и межфазном уровнях, с повышенной устойчивостью к неблагоприятным эксплуатационным воздействиям [4].

Сложившаяся парадигма стабилизации полимерных и композиционных материалов функциональными модификаторами (антиоксидантами, стабилизаторами), введенными в объем изделия или его поверхностный слой, не учитывает фактор влияния наносостояния поверхностного слоя дисперсной частицы на структуру с различным уровнем организации. Поэтому в известных публикациях отечественных и зарубежных исследований преимущественное влияние уделяется химическому строению ингибитора термоокислительной деструкции, которое определяет механизмы и кинетику взаимодействия с кислородом и радикальными продуктами цепного процесса.

Проведенные исследования свидетельствуют о существенной роли энергетического состояния дисперсной частицы в процессах межфазного взаимодействия. Поэтому направленное создание в структуре полимерного материала частиц, находящихся в наносостоянии, на различных стадиях технологического процесса не только увеличит интенсивность антиокислительного действия традиционных антиоксидантов (стабилизаторов), но и позволит использовать в качестве антиоксидантов наноразмерные частицы или частицы микронного диапазона с морфологией поверхностного слоя, обеспечивающей проявление наносостояния. Кроме того, оптимизация структуры на различных уровнях организации будет способствовать повышению параметров прочности, гидрофобности, износостойкости, стойкости к многоцикловым воздействиям.

Экспериментально установлен эффект нецепной стабилизации композиционных материалов на основе термомеханически совмещенных смесей термопластичных полимеров (ПА 6, ПА 6.6, ПА 12) при их модифицировании наноразмерными частицами углеродсодержащих (коллоидно-графитовый препарат КГП С-1, шихта детонационного синтеза баллистических порохов, углеродные нанотрубки) и металлсодержащих (медь) компонентов в допинговом количестве 0,01–1,00 мас. %, обусловленный образованием адсорбционных физических связей, проявляющийся в повышении параметров прочности (σ_p) в 1,5–2,0 раза по сравнению с базовыми связующими при экспозиции в термоокислительной среде при 423 К в течение 100–1000 ч.

Таким образом использование феномена наносостояния дисперсных частиц модификатора в формировании оптимизированной структуры полимерного или композиционного материала путем увеличения адсорбционного воздействия функциональных групп (полярных и поляризованных) макромолекулы с активной поверхностью позволило снизить сродство к кислороду и уменьшить скорость диффузии кислорода и кислородсодержащих производных через структуру с сеткой лабильных физических связей. Одновременное влияние частицы модификатора, находящегося в наносостоянии, на параметры молекулярной, надмолекулярной и фазовой структуры обеспечило реализацию синергического эффекта повышения параметров деформационно-прочностных, триботехнических параметров и стойкости к воздействию термоокислительных сред.

Технологически предложенная научная идея реализована посредством формирования в поверхностном слое наноразмерных частиц заданного состава на стадиях переработки композиционного материала или обработки готовых изделий путем введения прекурсоров с различной устойчивостью к термическим воздействиям.

Реализация феномена наносостояния позволила использовать в качестве многофункциональных модификаторов, в том числе обладающих свойствами нецепных стабилизаторов и ингибиторов, дисперсные частицы различного состава и технологии получения не только с наноразмерной дисперсностью, но и с микрометровой дисперсностью после технологического воздействия, обеспечивающего приобретение ими наносостояния, что позволяет существенно расширить марочный диапазон дешевых и доступных материалов, которые будут полноценной альтернативой импортным аналогам.

Исследования проводились при финансовой поддержке БРФФИ в рамках выполнения задания по договору №Т18М-139 «Реализация феномена наносостояния в механизмах нецепной стабилизации полимерных композитов» от 30.05.2018 г.

Литература

1. Авдейчик, С. В. Фактор наносостояния в материаловедении полимерных нанокомпозитов / С.В. Авдейчик, В.А. Струк, А.С. Антонов. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2017. – 468 с.
2. Наноструктурные материалы / НАН Беларуси, научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению; редкол.: П.А. Витязь (гл. ред.), В.С. Урбанович, Е.Н. Шлопа. – Минск: Белорусская наука, 2015. – 256 с.

3. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин ; под ред. Ю. Д. Третьякова. – М.: Физматлит, 2010. – 456 с.

4. Антонов, А.С. Композиционные материалы на основе смесей термопластов для повышения эксплуатационного ресурса элементов технологического оборудования: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.09 / А.С. Антонов; Бел. гос. технологич. ун-т – Минск, 2018. – 200 с.

УДК 678.065

**Ващенко Ю.М.¹, Пличко Ю.Ф.¹,
Долинская Р.М.², Прокопчук Н.Р.²**

(¹Украинский государственный химико-технологический университет,
²Белорусский государственный технологический университет)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ МОДИФИКАТОРАМИ НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Проблема эффективной утилизации резиновых отходов остается актуальной, несмотря на совершенствования технологии производства новых изделий и их вторичной переработки.

Одним из перспективных направлений использования продуктов измельчения резиновых изделий является создание композиционных эластомерных материалов, содержащих измельченный вулканизат (ИВ). Однако его введение в состав эластомерных композиций приводит к существенному снижению основных физико-механических характеристик. Для устранения этого недостатка целесообразным является поверхностная модификация измельченных вулканизатов.

В ГВУЗ УГХТУ разработана технология поверхностной модификации измельченного вулканизата модифицирующе-регенерирующими составами, позволяющая эффективно его использовать в составе резин различного назначения. С целью совершенствования данной технологии предложено использовать в качестве веществ для обработки ИВ поверхностно-активных веществ, полученных на основе возобновляемого сырья растительного и животного происхождения, в частности, эфиров жирных кислот (ЭЖК), полученных на основе растительных масел. ЭЖК получают реакцией переэтерификации растительных масел различной природы спиртами в присутствии щелочного катализатора.

Для исследования использован измельченный вулканизат разных фракций (от 1 до 8 мм). Применение крупнодисперсного вулканизата без предварительной обработки в составе резиновых смесей невозможно.