



Рисунок 2 – Микроструктура поверхности фибры, обработанной антикоррозионной композицией, после извлечения из бетона (а) и ее следа в бетоне (б).

Из микрофотографии следа в бетоне от фибры, обработанной антикоррозионной композицией (рис. 2 б), видно, что цементный камень сформирован кристаллитами размером 1–5 мкм и их сростками в агломераты размером до 50 мкм. Видны следы отделения фибры с разрушением по слою цементного камня в виде впадин и трещин. Микрорентгеновский анализ поверхности фибры, извлеченной из бетона, показал, что содержание кальция и кремния в поверхностном слое, по сравнению с составом покрытия на фибре до закладки в бетон, значительно выше, что подтверждает присутствие цементного камня. Анализ области контакта слоя бетона и фибры, обработанной анкерующей композицией, показал увеличенное содержание кремния, фосфора и цинка. Можно предположить, что частицы глины, содержащие фосфаты цинка и железа, достаточно глубоко проникают в цементный камень в процессе его формирования, что обеспечивает его химическое сцепление с анкерующей композицией на поверхности фибры. Глина в анкерующей композиции увеличивает количество коллоидных частиц на границе контакта между цементным тестом и поверхностью фибры, повышая адгезионную способность цемента.

Список использованных источников

1. Технология бетона. Сцепление цементного камня с заполнителями (2006), режим доступа: [http:// www.bibliotekar.ru / spravochnik-121-beton/5.htm](http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-121-beton/5.htm) (дата доступа: 24.09.2018).
2. Матвейко, Н. П., Зарапин, В. Г., Артимович, В. С. Модифицирование поверхности стальной фибры для дисперсного армирования бетона // Вестник ВГТУ. – 2017. – Вып. 32. – С. 171–178.

УДК 541.183.2.678

ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ: ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА

Зоткина А.Н., асс.

*Белорусский государственный экономический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Ключевые слова: нанокompозит, наночастицы, нановолокна, наноглины, нанотрубки, нанопластины.

Реферат. В работе рассмотрено понятие полимерных нанокompозитов, их достоинства и важность использования. Раскрывается ассортимент наноразмерных наполнителей и их свойства и применение. Отмечены особенности нановолокна полиэдрального олигомерного

силсесквиоксана, их значение в современном производстве. Выявлены основные направления в создании новых композитных материалов.

Полимерные нанокомпозиты (ПНК) – это полимеры или сополимеры, включающие наночастицы. Согласно терминологии, принятой IUPAC (Международный союз теоретической и прикладной химии), наночастицы – это частицы, размеры которых не превышают 100 нанометров [1]. Наночастицы могут быть различной формы (например, пластины, трубки, сфероиды), но, по крайней мере, в одном измерении они должны быть от 1 до 50 нм. ПНК принадлежат к категории мультифазных систем (МФС – смеси, композиты и пены), составляющих около 95 % производства пластмасс [2].

Одним из самых существенных технологических достижений в промышленности пластмасс за последние годы стало развитие полимерных нанокомпозитных материалов, то есть полимерных смол, содержащих наноразмерные компоненты, например, наноглины или углеродные нанотрубки. Введение от 2 % до 5 % нанокомпонентов для формирования нанокомпозитного материала является важным новым средством модификации физических свойств смолы. Основными полезными результатами становятся улучшение механических свойств, повышение жесткости и формоустойчивости, улучшение барьерных качеств, повышение огнестойкости и электропроводности. Настойчивые поиски технологий создания новых поколений высокоэффективных материалов осуществляются в интересах многих отраслей промышленности.

Самыми широко известными и первыми нашедшими коммерческое применение типами наноразмерных наполнителей являются наноглины (алюмосиликатный материал с наноразмерной зернистостью) и углеродные нанотрубки. В настоящее время наноглины являются нанокомпонентами, чаще всего используемыми в нанокомпозитных пластиковых материалах, и благодаря их малой стоимости имеют самую широкую коммерческую жизнеспособность. И наноглины, и нанотрубки обеспечивают улучшение конструкционных, тепловых, барьерных и огнестойких качеств пластмасс. Кроме того, углеродные нанотрубки повышают электропроводность материалов. Тем не менее активно исследуются и разрабатываются прочие возможные наполнители, например, синтетические глины, полиэдральный олигомерный силсесквиоксан, неорганические нанотрубки, наночастицы сульфата бария, наночастицы кремнезема и даже природные волокна, например, льна и конопли [3].

Ассортимент наполнителей нанокомпозитных материалов довольно широк. Разработаны и используются композиции с наноразмерными компонентами различной химической природы – углеродными, неорганическими (металлическими, керамическими), органическими.

Наноструктурированные материалы содержат следующие получаемые различными способами наноразмерные компоненты (наполнители):

- углеродные: фуллерены, фуллериты, астралены, однослойные нанотрубки с различной структурой (зигзагообразной, винтовой) графеновых стенок,
- многослойные нанотрубки, углеродные нановолокна, наносажи, молекулярные алмазы;
- металлические: наночастицы, получаемые путем лазерного испарения атомов с их конденсацией при охлаждении, высокочастотным индукционным нагревом, химическими методами (синтез металлсодержащих полимеров, каталитическое восстановление, разложение металлоорганических соединений), импульсными лазерными методами; нанопорошки, получаемые помолом в наномельницах в жидких средах в присутствии ПАВ, нановолокна;
- керамические: стеклянные наночешуйки, хлопья, пластины нанослюды, наночастицы кремниевой кислоты, оксидов кремния, алюминия, цинка, индия, карбида вольфрама, органомодифицированные слоистые силикаты, «наноглины», нанотрубки галлуазита и других минералов, оптически прозрачные хлопья толщиной менее 5 нм;
- полимерные: элементоорганические полимеры с ионно-кластерными, ионно-доменными нанофазами размером 1–100 нм, образующимися в процессе синтеза; разветвленные звездообразные дендримеры, гиперразветвленные наномолекулы; наномолекулы с внутренней электропроводностью, например допированный политиофен; нановолокна из природных фибрилл льна, конопли [4].

Особый интерес представляют нановолокна полиэдрального олигомерного силсесквиоксана (ПОСС) – наночастицы с нанопористой матричной структурой состоящие из органиче-

ских и неорганических объектов, фибриллы – многостенные нанотрубки с закрытыми концами, нанопластины – тонкие хлопья толщиной менее 5 нм, нанопроводники и нанонити [5]. Оптические нанопластины обещают революционные изменения систем оптических коммутаторов и датчиков. В ближайшем будущем будут созданы встроенные в наружное полимерное покрытие автомобиля датчики подушек безопасности, передающие сигналы со скоростью света и экономящие микросекунды времени для спасения жизни пассажиров.

Раньше многие нанокompозитные материалы формировали с использованием полипропилена и нейлона в качестве полимерной основы. Теперь в нанокompозитных материалах используется широкий ассортимент прочих смол, включая: эпоксидные смолы, полиуретан, полиэфиримид, полибензоксазин, полистирол (ПС), поликарбонат (ПК), полиметилметакрилат (ПММА), поликапролактон, полиакрилонитрил, поливинилпирролидон, полиэтиленгликоль, поливинилиденфторид, полибутадиен, сополимеры и жидкокристаллические полимеры.

В настоящее время основными направлениями в деятельности создателей новых композитных материалов можно считать наномасштабный молекулярный дизайн полимеров, синтез сложных блок-сополимеров. В сфере полимеров основными промышленно-ориентированными разработками являются высокоактивные катализаторы для синтеза полимеров, наполненные и упрочненные наночастицами полимеры, лакокрасочные материалы для автомобилестроения. Большое внимание также привлекают материалы, получаемые включением металлических наночастиц в полимерную матрицу.

Большая часть композитов, содержащих неорганические наночастицы, пользуется повышенным коммерческим спросом. По прогнозам, в ближайшие годы потребность в таких композитах в мире возрастет до 600 тыс. т. [1]. Сфера их применения охватит такие важные отрасли промышленности, как производство средств связи, антикоррозийных покрытий толщиной 1–5 нм, УФ-защитных гелей, устойчивых красителей, новых огнезащитных и сверхпрочных материалов, высококачественных волокон и пленок, ультрадисперсных (0,1 мкм) порошков тяжелых металлов. Неуклонно растет объем применения полимерных нанокompозитных материалов, особенно в автомобилестроении, производстве упаковочных материалов и электронной технике.

Список использованных источников

1. Нанокompозиты на основе полимеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.polymerbranch.com/publ/view/33.html>
2. Бауржанулы, Ж. Ж. Исследование нанокompозитных тонких полимерных пленок / Ж. Б. Жанузак [и др.] // Научные достижения биологии, химии, физики: сб. ст. по матер. IX междунар. науч.-практ. конф. [Электронный ресурс]. – Новосибирск: СибАК – 2012. – Режим доступа: <https://sibac.info/conf/natur/ix/28535>
3. Нанополимерные суперконцентраты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://plastinfo.ru/information/articles/277/>
4. Белевитин, В. А. Материаловедение: неметаллические материалы: учебное пособие / В. А. Белевитин [Электронный ресурс]. – Челябинск: изд-во Юж.-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та – 2017 – Режим доступа: <https://docplayer.ru/70450212-V-a-belevitin-materialovedenie-nemetallicheskie-materialy-uchebnoe-posobie.html>
5. Гапеев, С. А. Нанокompозитные пластмассы: технологии, стратегии, тенденции / С. А. Гапеев, А. В. Свирский, Л. И. Мельник // Збірка тез доповідей II Міжнародної (IV Всеукраїнської) конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології (22-24 квітня 2009 р., м. Київ) [Электронный ресурс]. – Київ. – 2009. – Режим доступа: <http://srv.xtf.kpi.ua/z/tnr/caf/konferens/last/tezi2009>.