

УДК 69

КАРПОВ Алексей Иванович, канд. техн. наук, референт, Россия

KARPOV Alexey Ivanovich, Ph.D. in Engineering, referent, Russian Federation



РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – АКТУАЛЬНЕЙШАЯ ЗАДАЧА УЧЕНЫХ И ИНЖЕНЕРОВ

DEVELOPMENT OF NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION – A TASK WHICH IS OF GREAT IMPORTANCE FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS

Важнейшая роль в информационном обеспечении процесса создания и внедрения нанотехнологической продукции отводится средствам массовой информации. Поэтому по инициативе Российской инженерной академии в 2009 году был создан Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве». По общему мнению специалистов и экспертов идея создания журнала оказалась весьма плодотворной, появление специализированного журнала существенно инициировало работы ученых в области строительных нанотехнологий. По просьбе авторов и читателей издания редакция открыла рубрику, в которой планируется публикация основных положений кандидатских и докторских работ, с целью популяризации предметной области наноиндустрии в строительстве, повышения доверия потребителей к продукции отечественной наноиндустрии. Содержание публикуемых материалов – хорошее подспорье для аспирантов и докторантов. В этом номере приведены основные положения кандидатских диссертаций Е.Г. Чеботаревой «Наномодифицированные композиты строительного назначения с использованием эпоксициановой смолы» и Н.Н. Елисеевой «Пенобетоны неавтоклавного твердения на основе добавок наноразмера».

Publications play a significant role by supporting the creation and application of nanotechnological products through information. Therefore the Russian Engineering Academy decided to establish the Internet-journal «Nanotechnologies in Construction» in 2009. According to the opinion of many specialists and experts, the concept to publish such journal proved to be very beneficial. The specialized information has strongly influenced the work of scientists in the area of construction nanotechnologies. At the authors' and readers' request, the editors launched a new section aimed at publishing the main results of Ph.D. and Doctorate theses, to popularize the subject of the nanoindustry in construction and to increase the consumers' trust in the domestic goods produced by the nanoindustry. The published material is a good theoretical basis for post graduate students and persons working for a doctorate. In this issue we present the main results of the following Ph.D. theses: «Nanomodified construction composites with the use of epoxide resin» by E.G. Chebotareva and «Foam concretes of non-autoclave hardening based on nanodimensional additives» by N.N. Eliseeva.

Ключевые слова: нанотехнологии в строительстве, наноматериалы, наномодифицированные композиты, эпоксидиановая смолы, пенобетоны неавтоклавного твердения, добавки наноразмера.

Key words: nanotechnologies in construction, nanomaterials, nanomodified composites, epoxide resin, foam concretes of non-autoclave hardening, nanodimensional additives.

НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ КОМПОЗИТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭПОКСИДИАНОВОЙ СМОЛЫ

Актуальность работы

В настоящее время эпоксидные связующие и композиты применяются в строительной промышленности в качестве клеевых, изолирующих, ремонтных и защитных материалов, а также в качестве связующих полимербетонов. В то же время существуют факторы, сдерживающие их широкое использование в строительных технологиях, связанные с недостаточной устойчивостью и стабильностью свойств, высокими

токсическими характеристиками в неотвержденном состоянии, низкой экологичностью, связанной с миграцией не полностью прореагировавших мономеров и летучих продуктов и некоторые другие факторы.

Перспективным направлением повышения устойчивости и качества эпоксидных связующих и наполненных композитов является способ структурной модификации малыми добавками мономолекулярных и олигомерных соединений эпоксидного связующего, поскольку свойства наполненных композитов, в основном, определяются свойствами связующей полимерной матрицы. Улучшение экологических характеристик эпоксидных связующих и композитов холодного отверждения связано с выбором нетоксичного отвердителя.

Данная работа посвящена разработке новых эффективных экологически безопасных эпоксидных связующих и композитов холодного отверждения с улучшенными эксплуатационными свойствами на основе эпоксидианового олигомера (ЭД-20), экологически безопасного отвердителя на основе льняного масла (Л-20) и комплексной модифицирующей кремнийсодержащей добавки – полиэтиленсилоксан + нанодисперсный пирогенный аморфный кремнезем (ПЭС-5 + НДК), предназначенных для реставрации, ремонта и защиты от коррозии металлических, бетонных, железобетонных и прочих строительных конструкций, а также для изготовления наполненных строительных композитов.

Работа выполнялась в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.» по программе «Работы по проведению проблемно-ориентированных поисковых исследований и формированию научно-технического задела в области создания и обработки полимеров и эластомеров» (№ 2009-03-1.3.-26-01-114).

Цель работы — разработка нетоксичных эпоксидных связующих и композитов ремонтного и защитного назначения и наполненных строительных материалов с улучшенными экологическими и эксплуатационными характеристиками и повышенной коррозионной устойчивостью. Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- разработка составов модифицированных эпоксидных связующих и композитов для строительных работ с улучшенными экологическими свойствами, повышенными физико-механическими харак-

теристиками и стойкостью к окислительной деструкции, к химически и биологически агрессивным средам;

- разработка способа структурной модификации эпоксидного связующего с помощью комплекса микродобавок кремнийсодержащих соединений с целью регулирования надмолекулярной структуры и снижения ее дефектности;
- выявление механизма влияния модифицирующих кремнийсодержащих добавок на свойства связующих и композитов и установление зависимостей в ряду состав–структура–свойства на комплекс характеристик эпоксидных связующих и наполненных строительных композитов;
- исследование физико-механических, физико-химических, эксплуатационных характеристик, биологической стойкости, токсических характеристик разработанных новых составов модифицированных эпоксидных связующих и композитов;
- разработка новой и модернизация существующих технологий получения эпоксидных связующих и наполненных строительных композитов на их основе с учетом предложенных модификаций. Разработка соответствующей нормативной документации – технологического регламента и рекомендаций по использованию модифицированных эпоксидных связующих и композитов.

Научная новизна

Установлен механизм формирования упрочненной структуры эпоксидного (ЭД-20 + Л-20) связующего в присутствии наноструктурирующей комплексной микродобавки, заключающийся в том, что органоминеральная кремнийсодержащая добавка за счет физико-химического взаимодействия функциональных полярных групп и развитой поверхности нанодисперсного пирогенного аморфного кремнезема регулирует структуру эпоксидного связующего, меняет соотношение гетерогенных фаз, увеличивает устойчивость системы, влияет на пространственную ориентацию макромолекул в процессе полимеризации. Это способствует формированию более упорядоченной надмолекулярной структуры с меньшим количеством дефектов.

Выявлены закономерности влияния малых количеств кремнийсодержащих микродобавок на параметры формирования структуры

и свойства эпоксидного связующего и наполненных композитов на его основе. Модификация эпоксидиановой смолы комплексной наноструктурирующей кремнийсодержащей добавкой в количествах от 0,5 до 2,5 мас.% повышает прочностные и улучшает эксплуатационные характеристики связующего и наполненных композитов в среднем на 15–25% за счет регулирования надмолекулярной структуры, уменьшения количества дефектов и снижения внутренних напряжений.

Доказано, что токсичность разработанного модифицированного связующего снижается, как за счет использования экологически безопасного отвердителя, так и за счет уменьшения дефектности структуры и пористости, уменьшения миграции во внешнюю среду не прореагировавших компонентов связующего и продуктов деструкции.

Практическая значимость работы

Разработаны составы не токсичных и экологически безопасных связующих и композитов для ремонта металлических, бетонных и железобетонных строительных конструкций на основе модифицированной эпоксидиановой смолы ЭД-20 и отвердителя Л-20, отличающиеся использованием в качестве модифицирующей комплексной наноструктурирующей кремнийсодержащей микродобавки ПЭС-5 и НДК. При этом экспериментально доказано, что введение указанных добавок в эпоксидное связующее в установленном оптимальном количестве 0,5–2,5 мас.% позволяет улучшить комплекс характеристик композита и продлить сроки эксплуатации строительных изделий и конструкций.

Для производства ремонтных и профилактических работ с целью защиты строительных конструкций от коррозии апробированы и внедрены в производство: технологический регламент, рекомендации по использованию и составы модифицированных эпоксидных связующих и наполненных композитов с улучшенными токсическими и экологическими свойствами, повышенными физико-механическими, физико-химическими характеристиками, повышенной биостойкостью.

Установлено, что в кислых и щелочных средах химическая стойкость модифицированных эпоксидных связующих и наполненных композитов увеличивается за счет снижения коэффициентов сорбции, диффузии и проницаемости, в среднем, на 10–15% и увеличивается их биологическая стойкость за счет формирования более совершенной (ме-

нее дефектной) и более упорядоченной структуры и повышения гидрофобности поверхности.

Результаты проведенных исследований позволили апробировать и внедрить в производство следующие технологии:

- ремонта и реставрации бетонных и железобетонных строительных конструкций с помощью модифицированных эпоксидных составов;
- ремонта и антикоррозионной защиты металлических деталей и поверхностей конструкций витрин холодильных установок.

Для масштабного внедрения результатов работы в строительные технологии разработаны следующие нормативные документы:

1. Технологический регламент на производство ремонтных работ и антикоррозионную защиту металлических конструкций холодильных установок.

2. Рекомендации по использованию антикоррозионных составов для защиты бетонных и железобетонных конструкций от коррозии и биоповреждений.

Эффективные антикоррозионные и ремонтно-реставрационные составы на основе модифицированных эпоксидных олигомеров и технологические регламенты на приготовление и применение указанных составов внедрены на предприятиях г. Белгорода: ООО «Айсберг», ООО «Литье Белогорья», а также использованы при выполнении реставрационных работ в БГТУ им. В.Г. Шухова.

Теоретические положения диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований используются в учебном процессе при подготовке инженеров по специальностям 270106, 270114 и 290300 – Промышленное и гражданское строительство, 290500 – Городское строительство и хозяйство, что отражено в учебных программах дисциплины «Строительные материалы и изделия» и «Защита строительных конструкций от коррозии» в БГТУ им. В.Г. Шухова и БИЭИ (Белгородском инженерно-экономическом институте).

Апробация работы

Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научных, научно-технических и научно-практических конференциях: Международной научно-практической конференции

А.И. КАРПОВ Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров

РАЕ «Современные наукоемкие технологии» (Испания, о. Тенерифе, 2007 г.); 4-й Международной заочной научно-практической конференции «Составляющие научно-технического прогресса» (Тамбов, 2008 г.); Международной научно-практической конференции «Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии в производстве строительных материалов» (Пенза, 2008 г.); III Международной научной конференции «Фундаментальные исследования» (Доминиканская Республика, апрель, 2008 г.); Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов «Молодые исследователи – регионам» (Вологда, 2009 г.); Научной сессии Третьих Воскресенских чтений «Полимеры в строительстве» (Казань, 2009 г.).

Публикации

Результаты исследований, отражающие основные положения диссертационной работы, изложены в 9 научных публикациях, в том числе 1 статья – в издании, рекомендованном ВАК РФ для соискателей ученых степеней по данной специальности. На композитное связующее подана заявка на патент № 2010103944/04(005557) приоритет от 08.02.2010.

Чеботарева Екатерина Геннадьевна. Наномодифицированные композиты строительного назначения с использованием эпоксициановой смолы : дис. ... канд. техн. наук. Белгород: Белгород. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова. 2010. 189 с.

ПЕНОБЕТОНЫ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДОБАВОК НАНОРАЗМЕРА

Актуальность работы

Актуальность работы связана с необходимостью повышения основных технико-эксплуатационных характеристик неавтоклавных пенобетонов: прочности, категории качества, теплозащитности и долговечности, которые взаимосвязаны со свойствами пен, такими, как устойчивость.

Среди идей повышения качества пенобетона могут быть выделены следующие: стабилизация пены с использованием добавок – стабилизаторов пены, а также обработка поверхности готовых пенобетонных изделий веществом, взаимодействующим с составляющими пенобетонного камня. В этой связи применение неорганических добавок наноразмера обосновано тем, что суммарная удельная поверхность их частиц наиболее близко соответствует толщине пленки пены, что важно и при стабилизации, и при обработке поверхности готовых пенобетонных изделий. Предлагаемая работа посвящена исследованию влияния стабилизации пены и обработки поверхности пенобетона добавками наноразмера на свойства пенобетонов и выполнена в продолжение и развитие современных трудов ученых отечественных школ Санкт-Петербурга, Белгорода, Воронежа, Уфы, Ростова-на-Дону, Пензы, Москвы, Екатеринбурга, Магнитогорска, зарубежных – Алма-Аты и др.

Работа выполнена при поддержке гранта № 3.13/04-05/022 Правительства Санкт-Петербурга.

Цель работы состояла в повышении физико-механических и физико-технических свойств неавтоклавных пенобетонов путем стабилизации пены и обработки их поверхности добавками наноразмера. Для достижения поставленной цели следовало решить следующие задачи:

- исследовать физико-механические и физико-технические свойства пенобетонов на основе стабилизированной пены и добавок-активаторов твердения;
- дать теоретическое обоснование стабилизации пены при использовании добавок наноразмера;
- дать теоретическое обоснование и исследовать физико-механиче-

ские свойства неавтоклавного пенобетона при обработке его поверхности добавками наноразмера;

- произвести апробацию полученных результатов исследования в промышленных условиях, осуществив выпуск опытно-промышленных партий пенобетона.

Научная новизна

Теоретически обоснована и экспериментально доказана эффективность стабилизации пены на протеиновой основе добавками наноразмера за счет образования пространственных кремне- и железопротеиновых комплексов, увеличивающих толщину пленки пены. Экспериментально доказано, что в случае стабилизации возрастает устойчивость пены, а также коэффициент стойкости пены в цементном тесте, что позволяет использовать добавки-ускорители без ее разрушения.

Установлено, что в присутствии стабилизированной пены отсутствует осадок пенобетонной смеси. Это позволяет получить теплоизоляционный пенобетон средней плотности D200 с пониженным коэффициентом теплопроводности.

Экспериментально доказано, что применение добавок-ускорителей – фторида натрия NaF, хлорида натрия NaCl и комплексной добавки на их основе – позволяет значительно улучшить прочность на сжатие и растяжение при изгибе, морозостойкость, теплопроводность, усадку при высыхании, а также категорию качества получаемых изделий из пенобетона средней плотности D400...D600 на основе стабилизированной пены. Установлено, что значения этих характеристик соответствуют нижней границе свойств автоклавных пенобетонов.

Экспериментально доказано, что в основе повышения категории качества пенобетонных изделий при обработке их поверхности добавками наноразмера лежит увеличение твердости поверхности, связанное со взаимодействием составляющих каменного скелета пенобетона с вводимыми добавками наноразмера.

Практическая ценность

1. В результате теоретических и экспериментальных исследований были получены теплоизоляционные и теплоизоляционно-конструкци-

онные пенобетоны средних плотностей D200, D400...D600 на основе стабилизированной пены с улучшенными физико-механическими и физико-техническими свойствами.

2. Установлены границы концентраций используемых добавок наноразмеров, при которых устойчивость полученной пены возрастает до четырех раз, а коэффициент стойкости пены в цементном тесте – до 0,98. При приготовлении теплоизоляционного пенобетона средней плотности D200 на основе стабилизированной пены осадок смеси снижается до нуля, при этом значение коэффициента теплопроводности пенобетона составляет 0,04 Вт/(м°C).

3. Установлено, что стабилизированная пена не разрушается в пенобетонной смеси при применении добавок – электролитов и комплексной добавки на их основе. При этом, в возрасте 28 суток прочность на сжатие пенобетона средней плотности D400...D600 повышается до 50%, прочность на растяжение при изгибе – более, чем на 60%, марка по морозостойкости повышается до F35, количество выпускаемой продукции первой категории качества увеличивается на 23%, значение коэффициента теплопроводности снижается на один класс по средней плотности.

4. Установлены границы концентраций используемых добавок наноразмеров, при которых обработка поверхности изделий из пенобетона средней плотности D400...D600 приводит к росту твердости поверхности до 29% и росту количества получаемых изделий первой категории качества – до 20%, за счет улучшения геометрии пенобетонных изделий.

5. Внедрение результатов предложенной работы осуществлено на мини-заводах по производству неавтоклавного пенобетона в г. Старый Оскол, ООО «Пенобетонные технологии СОТИМ» и в г. Старая Русса, ООО «Декор-Строй». На территории этих заводов выпущены опытные партии неавтоклавного пенобетона различных средних плотностей на основе стабилизированной пены, а также изделия с обработанной добавками наноразмера поверхностью. Акты испытаний приведены в диссертации. Новизна решений диссертации защищена 4 патентами РФ, материалы диссертации используются в учебном курсе для строительных специальностей, по материалам диссертации создан проект ТУ.

Апробация работы

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на Международной научно-практической конференции «Пенобетон 2007» (СПб, ПГУПС, июнь 2007 г.), на научно-технических конференциях «Неделя науки 2008, 2009 гг. «Шаг в будущее» (СПб, ПГУПС, 2008–2009 гг.), на XII Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования и инновации в технических университетах» (май 2008 г.), на III Международной научно-практической конференции «Популярное бетоноведение» (СПб, 2009), на IV Международной научно-технической конференции «Композиционные материалы», посвященной 80-летию чл.-корр. АН Украины Пашенко А.А. (Киев, май 2009 г.), на XVII Международной конференции IBAUSIL (Германия, Веймар, сентябрь 2009 г.), на I Международной научно-технической конференции НОР секция «Нанотехнологии в строительном материаловедении» (СПб, 2009 г.).

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 20 научных работ в международных и отраслевых журналах и изданиях, в том числе 3 – по списку, рекомендуемому ВАК РФ, 4 патента РФ и одна монография.

Елисеева Наталья Николаевна. Пенобетоны неавтоклавного твердения на основе добавок наноразмера : дис. ... канд. техн. наук. С.-Петербург.: гос. архитектур.-строит. ун-т. 2010. 178 с.

Редакция Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве» предлагает кандидатам и докторам наук опубликовать результаты своих исследований по тематике издания [2].

Уважаемые коллеги!

При использовании материала данной статьи просим делать библиографическую ссылку на неё:

Карпов А. И. Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2013, Том 5, № 2. С. 43–54. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2013.pdf (дата обращения: _____).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Karpov A.I. Development of nanotechnologies in construction – a task which is of great importance for scientists and engineers. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2013, Vol. 5, no. 2, pp. 43–54. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2013.pdf (Accessed _____). (In Russian).

Библиографический список:

1. Электронная библиотека диссертаций. URL: <http://www.dslib.net> (дата обращения: 5.03.2013).
2. *Гусев Б.В.* Развитие нанотехнологий – актуальнейшее технологическое направление в строительной отрасли // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2011. № 2. С. 6–20. Гос. регистр. № 0421100108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (дата обращения: 5.03.2013).

References:

1. Electronic library of theses. URL: <http://www.dslib.net> (date of access: 05.03.2013).
2. *Gusev B.V.* Development of nanotechnologies – the most important technological direction in construction // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2011. № 2. P. 6–20. State register № 0421100108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (date of access: 29.01.2013).

Контакты
Contact information

e-mail: info@nanobuild.ru