

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

научный Интернет-журнал

2009 • Том 1 • № 2

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

A Scientific Internet-Journal

2009 • Vol. 1 • no. 2

NANOTEHNOLOGII V STROITEL'STVE

nauchnyj Internet-zhurnal

2009 • Tom 1 • № 2

www.nanobuild.ru

e-mail: info@nanobuild.ru

В НОМЕРЕ:

- Приглашение к дискуссии о проблемах создания и особенностях наноструктурированных материалов
- Принципы получения «суперматериалов XXI века»
- О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов
- Обзор результатов многолетних исследований Института металлургии Уральского отделения РАН
- О «взрыве» интереса международных организаций по строительству к нанотехнологиям
- Патентный обзор «Нанобетоны в строительстве». Помощь в патентной деятельности
- Конкурентоспособные российские технологии на международной специализированной выставке «Нанотехнологии XXI – 2009»
- Применение нанотехнологий в производстве строительных материалов в Китае
- Наноматериалы и нанотехнологии в научно-технической литературе

Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал Nanotechnologies in construction: a scientific Internet-journal

Научно-техническая поддержка
Российская инженерная академия

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель редакционного совета

ГУСЕВ Борис Владимирович — главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», президент РИА, академик РИА и МИА, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и Правительства РФ, доктор технических наук, профессор

Члены редакционного совета

АНАНЯН Михаил Арсенович — генеральный директор ЗАО «Концерн «Наноиндустрия», президент Национальной ассоциации наноиндустрии, академик РАЕН, доктор технических наук

КАЛЮЖНЫЙ Сергей Владимирович — директор Департамента научно-технической экспертизы, член Правления ГК «Роснанотех», доктор химических наук, профессор

КОРОЛЬ Елена Анатольевна — проректор МГСУ по научной работе, академик РИА, член-корреспондент РААСН, доктор техн. наук, профессор

ЛЕОНТЬЕВ Леопольд Игоревич — член президиума РАН, академик РАН

РОТОТАЕВ Дмитрий Александрович — генеральный директор ОАО «Московский комитет по науке и технологиям», доктор технических наук, профессор

ТЕЛИЧЕНКО Валерий Иванович — ректор МГСУ, академик РААСН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

ФЕДОСОВ Сергей Викторович — ректор ИГАСА, руководитель Ивановского отделения РИА, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

ЧЕРНЫШОВ Евгений Михайлович — академик РААСН, председатель Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук, начальник Управления академического научно-образовательного сотрудничества Воронежского ГАСУ, доктор технических наук, профессор

ШАХПАЗОВ Евгений Христофорович – генеральный директор ФГУП ГНЦ РФ «ЦНИИ «Чермет» им. И.П. Бардина, академик РИА, почетный металлург РФ, лауреат премий Правительства СССР и РФ, доктор технических наук, профессор

ШЕВЧЕНКО Владимир Ярославович – директор Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, академик РАН

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии

ГУСЕВ Борис Владимирович – главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», президент РИА, академик РИА и МИА, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и Правительства РФ, доктор технических наук, профессор

Члены редакционной коллегии

БАЖЕНОВ Юрий Михайлович – директор НОЦ по нанотехнологиям МГСУ, академик РИА, академик РААСН, доктор технических наук, профессор

ЗВЕЗДОВ Андрей Иванович – президент ассоциации «Железобетон», академик РИА и МИА, заслуженный строитель РФ, доктор технических наук, профессор

ИВАНОВ Леонид Алексеевич – зам. главного редактора электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», академик МИА, канд. техн. наук

МАГДЕЕВ Усман Хасанович – зам. генерального директора по науке ЗАО «НИПТИстройиндустрия», академик РААСН, лауреат премий Правительства СССР и РФ, доктор технических наук, профессор

САХАРОВ Григорий Петрович – профессор кафедры «Строительные материалы» МГСУ, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, почетный профессор МГСУ

СТЕПАНОВА Валентина Фёдоровна – зам. директора НИИЖБ – филиала ФГУП «НИЦ «Строительство», академик МИА, доктор технических наук, профессор

ФАЛИКМАН Вячеслав Рувимович – вице-президент ассоциации «Железобетон», академик РИА, лауреат премии правительства РФ, почетный строитель России, профессор МГСУ

СОДЕРЖАНИЕ

Гусев Б.В. Проблемы создания наноматериалов и развития нанотехнологий в строительстве	5
Фаликман В.Р. Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 2	10
Леонтьев Л.И., Пономарев В.И. В смежной отрасли. От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным	21
Трамбовецкий В.П. Зарубежный опыт. Союз нанотехнологий и строительства. Часть 2	35
Коротких Д.Н., Артамонова О.В., Чернышов Е.М. О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов	42
Иванов Л.А. Мероприятия. 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI-2009»	50
Колесов Е. Зарубежный опыт. О применении нанотехнологий в производстве строительных материалов в Китае	65
Кузьмина В.П. Патентный обзор. Нанобетоны в строительстве	71
О наращивании интеллектуального капитала и его защите путем патентования.....	81
В мире книг. Научно-техническая литература. Наноматериалы и нанотехнологии.....	82
Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей для публикации	86

CONTENTS

<i>Gusev B.V.</i> The problems of nanomaterials creation and nanotechnologies development in construction industry.....	5
<i>Falikman V.R.</i> About the use of nanotechnologies and nanomaterials in construction. Part 2.	10
<i>Leontiev L.I., Ponomarev V.I.</i> In related branch. From ultradispersed metal and oxide powders to the nanosized ones.....	21
<i>Trambovetsky V.P.</i> Foreign experience. The Union of the nanotechnologies and the construction. Part 2.....	35
<i>Korotkikh D.N., Artamonova O.V., Chernishov E.M.</i> On requirements to nanomodifying additives for high-strength cement concrete	42
<i>Ivanov L.A.</i> Events. The second International specialized exhibition «NANOTECHNOLOGIES XXI – 2009»	50
<i>Kolesov E.</i> Foreign experience. On application of nanotechnologies in the production of the constructional materials in China.....	65
<i>Kuzmina V.P.</i> The patent review. Nanoconcretes in construction.....	71
On the build-up of intellectual capital and its protection by means of patenting.....	81
<i>In the world of the books.</i> Scientific and technical literature. Nanomaterials and technologies.....	82
The list of requirements to the material presentation and article publication conditions.....	86

УДК 691



Б.В. ГУСЕВ, член-корреспондент РАН, президент Российской инженерной академии, зав. кафедрой «Строительные материалы и технологии» Московского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, профессор, Россия

B.V. GUSEV, corresponding member of RAS, president of Russian Academy of Engineering, head of Constructional Materials and Technologies Department of Moscow State University of Railway Engineering, Doctor of engineering, professor, Russian Federation

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

THE PROBLEMS OF NANOMATERIALS CREATION AND NANOTECHNOLOGIES DEVELOPMENT IN CONSTRUCTION INDUSTRY

Редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» предлагает авторам дискуссию о проблемах создания и особенностях наноструктурированных материалов.

The electronic version of the journal «Nanotechnologies in construction: a scientific internet-journal» draws authors' attention to the discussion on the problems of creation and characteristics of nanostructured materials.

Ключевые слова: нанотехнологии, дисперсность, наноструктура, измельчение, наносистема, мелкозернистый бетон, тонкодисперсные наполнители, прочность, нанодисперсные частицы, метод уплотнения, плотность.

Key-words: nanotechnologies, nanodispersion, nanostructure, grinding, nanosystem, fine-grained concrete, fine-dispersed filler, strength, nanodispersed particles, consolidation method (technique), density.

Общеизвестно, что при производстве наноструктурированных материалов изменяются параметры кристаллической решетки, температура плавления, многие механические и физико-химические характеристики. Главная причина такого явления – резкое увеличение соотношения площади поверхности к объему наночастиц, при этом возрастает число контактов и физико-химических взаимодействий между частицами.

В настоящее время существенно возросло количество публикаций, связанных с нанотехнологиями. В статье приводятся только ссылки на монографии отечественных ученых, что позволяет более оперативно начать дискуссию о проблемах и особенностях не типичных наноматериалов, а наноструктурированных многотоннажных материалов. В этом случае наноструктуры охватывают не весь объем материалов, а как бы образуют наноструктурный каркас. Поэтому нельзя ожидать получения эффекта максимальной теоретической прочности в массивных материалах, а только существенное увеличение их технических свойств в 2–3 раза.

Природная молекулярная нанотехнология собирала системы «снизу-вверх», чем обеспечила многообразие мира и само существование высшей формы материи – «живых организмов».

Искусственная нанотехнология создает наносистемы как «снизу-вверх», так и «сверху-вниз». Уже сейчас известны явления самоорганизации, однако при этом предварительно надо получить наноразмерные частицы [1, 2, 3].

Химические и физические технологии, безусловно, являются основными при получении нанодисперсных частиц (процессы растворения и поликонденсации, криогенные технологии, плазменный способ и многие другие) [4, 5, 6, 7]. По степени дисперсности предложено классифицировать сверхмелкозернистые материалы в зависимости от среднего размера зерен в нм следующим образом [5]:

- тонкодисперсные материалы – 10^4 – 10^3 ;
- ультрадисперсные материалы – 10^3 – 10^2 ;
- наноматериалы – менее 10^2 .

С точки зрения производительности и стоимости процесса производства многотоннажных материалов особое место занимают методы механического и механохимического измельчения, которые пока в промышленных масштабах позволяют получать тонкодисперсные частицы.

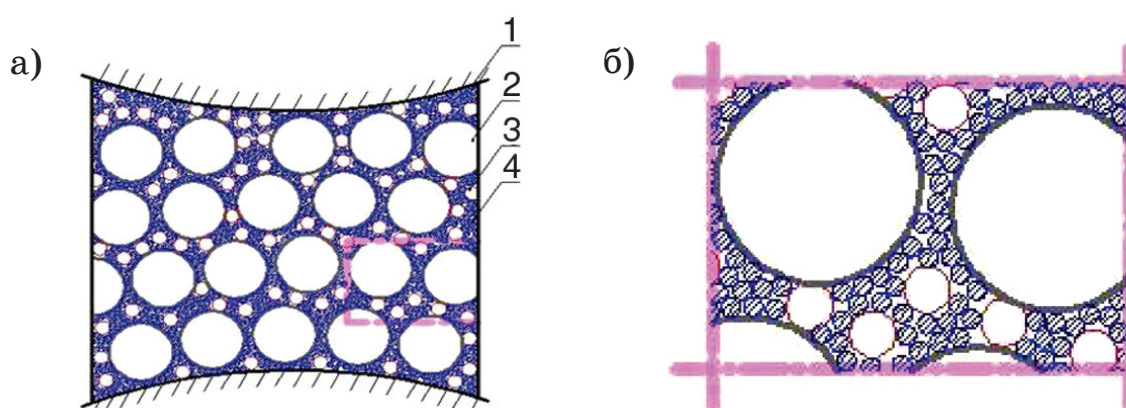
Б.В. ГУСЕВ Проблемы создания наноматериалов и развития нанотехнологий в строительстве

В настоящее время широкий спектр оборудования для измельчения, сепарации, перемешивания и деаэрации предлагает группа фирм Netzsch. Активные исследовательские работы проводят институты СО РАН [3].

В моей вступительной статье к электронному изданию «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» №1/2009 были перечислены некоторые основные направления развития нанотехнологий. Однако основной поток статей пока посвящен проблеме цементных бетонов. В связи с этим целесообразно попытаться сформулировать дискуссионную основу, рассматривая в качестве примера наноструктурированный мелкозернистый бетон.

В журналах «Промышленное и гражданское строительство», «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века» были опубликованы материалы по силовым методам уплотнения мелкозернистых бетонов (вибропрессование, роликовое формование), которые обеспечивают прочность таких бетонов порядка 70 МПа.

В настоящее время завершаются исследования по использованию тонкомолотых наполнителей и наночастиц измельченного песка для обеспечения высокой плотности и прочности наноструктурированного бетона. Физическая модель такого бетона представлена на рис. а, в верхней и нижней части которого номером (1) обозначены частицы песка. Далее под номером (2) условно представлены частицы цемента, под номером (3) – тонкодисперсный наполнитель размером 0,5–1 мкм, а под номером (4) – наночастицы размером < 100 нм.



Наноструктурирование мелкозернистых бетонов

- а) фрагмент наноструктурирования: 1 – частицы песка; 2 – частицы цемента;
3 – тонкомолотые частицы песка; 4 – измельченные частицы нанопеска
б) фрагмент наноструктуры пространства между частицами цемента

Б.В. ГУСЕВ Проблемы создания наноматериалов и развития нанотехнологий в строительстве

Количественное содержание наночастиц составляет порядка 5–7 кг/м³. Не исключено использование наночастиц цемента вместо наночастиц песка. Как известно, тонкая дисперсность цемента приводит к высоким усадочным явлениям, однако сверхтонкое измельчение будет не для всего количества цемента ($\rho = 400 \text{ кг/м}^3$), а только для его ничтожной части. Поэтому вряд ли следует ожидать усадочных явлений, тем более величина V/ρ принимается менее 0,3.

Незавершенный эксперимент специально публикуется для того, чтобы положить начало дискуссии по основным подходам к наноструктурированию массивных систем. Конечно, задача изменится, если будут рассматриваться пленочные покрытия.

Еще раз хотелось бы подчеркнуть необходимость публикаций в увязке с нанотехнологиями, наноразмерными частицами. Это позволит приблизиться к созданию наноматериалов, решению важнейшей задачи – наноструктурированию систем. Для создания теории наноструктурирования хотелось бы также рекомендовать к использованию работы [8, 9].

Библиографический список:

1. Нанотехнологии. Азбука для всех. Под редакцией акад. Ю.Д. Третьякова. М.: Физматмет, 2008. 367 с.
2. Мелехов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества (нанотехнология). М.: «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2006. 309 с.
3. Актуальные проблемы нанотехнологии и наноматериалов. Тезисы докладов ученых РАН на Российско-китайском семинаре по проблемам нанотехнологий и наноматериалов (Китай, Пекин). М.: Наука, 2006. 144 с.
4. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. М.: Академкнига, 2007. 309 с.
5. Генералов М.Б. Криохимическая нанотехнология. М.: Академкнига, 2006. 325 с.
6. Блинков И.В., Манухин А.В. Нанодисперсные и гранулированные материалы, полученные в импульсивной плазме. М.: «МИСИС», 2005. 367 с.
7. Холпанов Л.П., Гусев Б.В. Блочная коллоидно-химическая кристаллизация материалов. 2-е изд. М.: Научный мир, 2009. 40 с.

Б.В. ГУСЕВ Проблемы создания наноматериалов и развития нанотехнологий в строительстве

8. *Ивановский А.Л.* Квантовая химия в материаловедении. Нанотубулярные формы вещества. Екатеринбург: изд-во «Екатеринбург», 1999. 175 с.

9. *Ивановский А.Л., Швейнин Г.П.* Квантовая химия в материаловедении. Бор, его сплавы и соединения. Екатеринбург: изд-во «Екатеринбург», 1997. 400 с.

Поздравляю редакцию, редсовет и редколлегию, авторов электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», всех специалистов строительного комплекса с Днём строителя! Желаю крепкого здоровья и творческих успехов всем, для кого строительная отрасль стала судьбой, призванием и профессией!

**Контактная информация для переписки:
e-mail: info@nanobuild.ru**

Уважаемые коллеги!

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

Гусев Б.В. Проблемы создания наноматериалов и развития нанотехнологий в строительстве // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009, Том 1, № 2. С. 5–9. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf (дата обращения: ____).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Gusev B.V. The problems of nanomaterials creation and nanotechnologies development in construction industry. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2009, Vol. 1, no. 2, pp. 5–9. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf (Accessed ____). (In Russian).

УДК 691

В.Р. ФАЛИКМАН, действительный член РИА, профессор МГСУ, Россия

V.R. FALIKMAN, a full member of the Russian Engineering Academy, Professor (Moscow State University of Civil Engineering), Russian Federation

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Часть 2

ABOUT THE USE OF NANOTECHNOLOGIES AND NANOMATERIALS IN CONSTRUCTION

Part 2

Промышленность строительных материалов и строительство, несмотря на их определенно консервативный характер, все чаще сталкиваются с нанотехнологиями, которые называют «индустриальной революцией XXI века». Новые закономерности, методы испытаний и исследований создают большой потенциал для производства высокотехнологичных продуктов и процессов, отличающихся гарантированными показателями надежности, развивают принципы получения современных «суперматериалов» – наноматериалов.

The industry of construction materials and the construction are rather conservative, but nevertheless they are forced to use the nanotechnologies, which are called nowadays the «Industrial revolution of the XXI century». New laws, new test methods, new research methods create a high potential for the production of high-tech processes and products, which have guaranteed reliability parameters, and develop the principles of production of new modern «super-materials» – nanomaterials.

Ключевые слова: строительная отрасль, инновационный цикл, нанотехнологии, фотокатализаторы, нанообъект, нанокomпозиты, нанодисперсные порошки, наносиликаты, нанодобавки, нановолокна, стандартизация, образование.

Key-words: construction industry branch, innovative cycle, nanotechnologies, photocatalyst nanosample, nanocomposites, nanodispersed powders, nanosilicates, nanoadditives, nanofibres, standardization, education.

Наночастицы часто служат уникальными «кирпичиками» или «наполнителями» полимерных материалов, обуславливая их принципиально новые свойства. В рамках большого европейского проекта в 2010 году в Греции будет построен первый коттедж, который сможет противостоять разрушению от землетрясения умеренной силы за счёт достижений нанотехнологий. Полимерные наночастицы, входящие в состав композиционных материалов, при сдвиговых воздействиях превращаются в жидкость, способную проникать в трещины, а затем стабилизировать несущие конструкции дома после повреждений, снизив риск серьёзных разрушений.

Широкое применение достижения нанотехнологий находят в стеклах. Так, например, поливинилбутиратная пленка с наночастицами из гексаборида лантана LaB_6 , помещенная между двумя слоями обычного оконного стекла, служит прекрасным фильтром для инфракрасного излучения. Аналогичные термохромные технологии могут широко использоваться для контроля температуры в помещении, обеспечивая одновременно необходимое освещение. Уже описанный выше нанодиоксид титана используется в стеклах для их самоочищения и против запотевания. Создание сэндвичей из стекла с нанодиоксидом кремния резко повышает их огнестойкость. Покрытие из нанодиоксида кремния может служить как вспучивающаяся прозрачная огнестойкая краска. И, наконец, электрохромные слои нанокислов вольфрама на поверхности стекла могут взять под контроль общий расход электроэнергии в помещении, имея в виду что застекление составляет весьма существенную его долю.

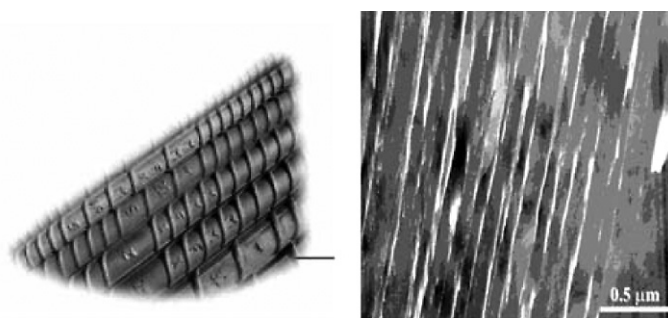
Наиболее показательный пример широкого промышленного использования нанотехнологий в строительстве – стальная арматура и конструкционные стали с измененной наноструктурой. Здесь прекрасно зарекомендовали себя два подхода, различающихся выбором нанотехнологии модифицирования.

Первый представлен сталью Сэндвик Нонофлекс, производимой Sandvik Materials Technology AB (Швеция), в которой проблемы взаимосвязки высокой прочности и релаксации решены за счет распределения в стальной матрице очень твердых наночастиц.

Примером другого рода служит арматура, выпускаемая MMFX Steel Corp., США. Эта сталь подобна нержавеющей стали, но на-

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 2

много дешевле. По сравнению с обычной углеродистой сталью, сталь MMFX имеет в наномасштабе слоистую «реечную» структуру, из-за чего резко возрастают и механические свойства, например, прочность, пластичность и сопротивление усталости по сравнению с другими известными высокопрочными сталями. Эти свойства материала приводят к значительно более длительным срокам службы в коррозионных средах и понижают интегральную стоимость строительства.



Нанослой аустенита в свободной от карбида «рееке» мартенсита, ТЭМ, MMFX Steel Corp., США

Наномодифицирование частицами ванадия и молибдена резко снижает риск водородного растрескивания сталей с прочностью свыше 1200 МПа. Это особенно важно при значительном увеличении объемов применения таких сталей в высотном строительстве и при возведении уникальных объектов. Так, именно разрушение пальца в звене якорной цепи цепных оттяжек опоры Крытого конькобежного центра в Крылатском из-за водородного растрескивания при нагрузке около 30% расчетной чуть не стало причиной обрушения сооружения.

Большие перспективы просматриваются и для применения нанотехнологий в деревянных конструкциях, возможности которых далеко не исчерпаны. Самоочищение и самостерилизация, «внутреннее самозалечивание», контроль влагосодержания, наличия грибов и плесени – вот неполный перечень интенсивно развивающихся междисциплинарных исследований. Уже сегодня концерн BASF (Германия), выпускает мощные водоотталкивающие составы, воспроизводящие эффект «листа лотоса» и основанные на применении наночастиц диоксида кремния, оксида алюминия и гидрофобных полимеров.

Современное состояние материаловедения, развитие физики и технологии наноструктур потребовало разработки новых диагностических методов, а также новых образцов оборудования для анализа свойств и

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 2

процессов в низкоразмерных системах, в наноматериалах и искусственно создаваемых наноструктурах. С этой точки зрения, одним из наиболее перспективных методов практической диагностики и характеристики наноструктур стала сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ), и, прежде всего, атомно-силовая микроскопия (АСМ), обеспечивающая получение наиболее полной информации об основных физических, физико-химических и геометрических параметрах наноструктур и протекающих в них процессах.

Принцип работы АСМ основан на регистрации межатомных взаимодействий между острием исследующего зонда (кантилевера) и исследуемой поверхностью. Преимущества зондовой микроскопии перед традиционными методами исследования поверхности и ее свойств сложно переоценить. Это, прежде всего, *высокое разрешение*, вплоть до атомного ($\Delta \sim 0,01\text{нм}$), в сочетании с *локальностью* исследований, *низкие энергии взаимодействия с исследуемым объектом* (в сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) средняя энергия электронов – порядка миллиэлектронвольт, а в АСМ силы взаимодействия обычно порядка долей наноньютона), что делает методы СЗМ неразрушающими. Исследования методами СЗМ *могут проводиться практически в любых средах in situ*: от сверхвысокого вакуума до жидких растворов (в отличие от всех методов исследования поверхности, которым необходима среда высокого вакуума). Для метода АСМ не критична электропроводность исследуемой поверхности. Это позволяет исследовать объекты любой проводимости, что также обеспечивает его преимущество перед электронной микроскопией и другими методами электронного анализа поверхности. И, наконец, пожалуй, самым большим преимуществом СЗМ перед существующими методами является комплексность исследования. Наряду с данными о рельефе поверхности регистрируется большое число параметров, характеризующих её различные физико-химические свойства (жесткость, упругость, вязкость, механические напряжения, адгезионные силы, химические взаимодействия, электрические поля, магнитные свойства и др.). Карты этих свойств можно сопоставлять с рельефом и таким образом идентифицировать составляющие исследуемой поверхности и объектов, расположенных на ней.

Жесткие условия, необходимые для обеспечения работы любого высокоточного оборудования, ставят сложные задачи перед проектировщиками и конструкторами. Требования к рабочей среде могут включать контроль температуры и влажности, чистоту воздуха, защиту от

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 2

биологического риска, ограничения на электромагнитные поля, особые электроэнергетические условия, а также (и, прежде всего) контроль вибрации и шума. Большинство из этих аспектов проектирования проявились уже давно – из особых требований, с которыми столкнулись специалисты при работе с малыми объектами. Только очень малое количество из эксплуатируемых зданий отвечает этим требованиям, в основном, необходимо новое строительство.

Принципы же нанотехнологий определяют манипуляции, при которых приборы фиксируют образец с точностью до нескольких нм, измеряют величины (такие, как сила – в nN) и «собирают» объекты толщиной в несколько молекул и площадью в несколько nm^2 . Таким образом, при работе в наношкале изменения комнатной температуры должны быть настолько небольшими, чтобы объект не изменился в размерах больше, чем на несколько нм, иначе система контроля образца неправильно его локализует. Электромагнитные поля внутри здания должны быть максимально стабильны, чтобы электрические сигналы можно было измерить в таких единицах, как nA и nV . Некоторым помещениям необходима акустика, сравнимая с акустикой звукозаписывающей студии. Размеры крошечных частиц, находящихся в воздухе, могут равняться тысячам нм, поэтому контроль уровня загрязнения среды – как частицами, так и химическими веществами – должен находиться в крайне жестких пределах. Во всех случаях, вибрации должны быть на два–три порядка меньше порога человеческого восприятия.

Все эти требования определяют принципиально новые требования к проектированию зданий и к материалам, применяемым для их возведения, принципиально на новом уровне, который отличается от общепринятого в сотни раз. К началу 2003 года по всему миру строилось или было построено только несколько специальных зданий для эксплуатации высокоточного оборудования для нанотехнологий. Среди них здания в Корнелльском и Северо-западном университетах (США), в Университетском колледже в Лондоне (Великобритания), большое «чистое» помещение в Национальной лаборатории развития нанотехнологий (Тайвань) и значительно меньшее сооружение в Военно-морской научно-исследовательской лаборатории в Вашингтоне (округ Колумбия). Национальный институт стандартов и технологий (NIST) завершил недавно строительство в Гейтерсберге (США) корпуса нанотехнологий с лабораторией измерений. По мнению проектировщиков, в настоящее время он представляет собой здание с наиболее контролируемой вну-

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 2

тренней средой. Колебания температуры воздуха в нем не превышают $\pm 0,01^\circ\text{C}$, а уровень вибраций не выходит за пределы 2,5 мкм/сек. Электропроводка имеет особую изоляцию, предотвращающую воздействие электрических токов на проводимые эксперименты с точностью до пА и пВ, т.е. в здании практически отсутствует электромагнитное загрязнение среды. Стоимость этих уникальных объектов колебалась от 12 до \$175 млн США.

Такие капиталовложения кажутся высокими. Однако не следует забывать, только одно действующее производство в промышленности полупроводников может стоить порядка \$700 млн США и занимать от 10000 до 15000 м² «чистых» помещений.

Принципиально технические решения при строительстве зданий «хай-тек» базируются на выборе вибрационно-спокойных зон застройки, применении системы массивных многослойных плит в основании с так называемой «килевидной» формой, а также использовании специальных строительных материалов.

Бетон наиболее часто выбирают в качестве конструкционного материала для строительства этих объектов. Способность бетона гасить колебания изучали еще с 30-х годов прошлого века, ориентируясь, прежде всего, на выявление микроструктурных механизмов. Сегодня в Калифорнийском университете (США) в сферу детальной проработки включены специальные химические добавки, различные виды заполнителей и арматуры. Это позволило повысить указанные характеристики бетона на 10%. Так, только применение специальных бутадиенстирольных латексов увеличивает способность бетона к гашению колебаний на 1,0–2,5%, что десятикратно улучшает резонансные характеристики.

Другой путь – направленное увеличение количества микротрещин при повышенных водоцементных отношениях и разработка «слоистых» структур, весьма популярных в области космических технологий. Реальное применение этих приемов на практике может позволить не только изменить величину затухания, но и «отобрать» колебания с конкретной амплитудой и частотой.

Выше приведены только некоторые примеры и общие принципы развития нанотехнологий в строительстве. В ближайшем будущем следует ожидать их проявление в производстве высококачественных ультра- и нанодисперсных порошков со стабильным химическим, фазовым и гранулометрическим составом, в разработке новых видов армирующих элементов (нитевидных кристаллов, волокон, микросфер, дисперсных

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 2

частиц), в создании новых бездефектных особо высокопрочных реактивных порошковых бетонов, термостойких композиционных материалов, материалов с различной электропроводимостью, наносистем для вредных производств и ядерной энергетики, в развитии научных основ проектирования специализированного технологического оборудования с автоматизированными системами контроля качества цементных композитов.

Механохимия и нанокатализ должны изменить лицо современной цементной индустрии за счет значительного снижения температуры клинкерообразования и даже, возможно, реализации «холодного обжига» клинкерных минералов в механохимических реакторах. Можно ожидать разработку новых «эко-вяжущих», модифицированных наночастицами и производимых с существенным уменьшением содержания клинкерных компонентов, или альтернативных вяжущих систем нового поколения, основанных на оксиде магния, фосфатах, геополимерах, гипсах и т.д. Фундаментальные исследования помогут создать вяжущие с усиленными/нанозаданными внутренними связями между продуктами гидратации.

Не за горами появление материалов с контролируемой электропроводностью, деформативными характеристиками и низким термическим расширением, «умных» материалов, например, датчиков для мониторинга температуры, влажности, напряжений.

Специальный опрос, проведенный в рамках работы ТС 197-НСМ РИЛЕМ среди большой группы специалистов (работников университетов, сотрудников научно-исследовательских центров, промышленников), позволил определить главные на ближайшую перспективу приоритеты.

При анализе результатов опроса интересно отметить, что различные группы специалистов по-разному оценивают эти приоритеты (по условиям опроса можно было дать несколько различных соображений), и мнения ученых и промышленников далеко не всегда совпадают. Однако в одном они едины – в своих прогнозах все опрошенные говорят о значительном грядущем улучшении качества жизни благодаря ожидаемым прорывным достижениям на атомно-молекулярном уровне.

Современный прогресс в области нанотехнологий позволяет надеяться, что уже в наступившем десятилетии многие задачи, на сегодня представляющиеся фантастическими, будут успешно решены.

Свидетельством этому являются большие национальные проекты по развитию наноматериалов и нанотехнологий в строительстве, реали-

Рейтинг областей применения нанотехнологий в строительстве

Наименование областей исследований и применения нанотехнологий	% респондентов	
	исследователи	промышленники
Понимание явлений на наношкале (например, гидратация)	82	58
Наночастицы, фибры, добавки	80	37
Материалы с модифицированной наноструктурой (например, сталь, цемент, композиты)	73	26
Новые функциональные и конструкционные материалы	61	26
Оценка поверхностных и межфазных взаимодействий, инжиниринг	55	21
Специальные покрытия, краски и тонкие пленки	45	21
Интегрированный структурный мониторинг и диагностические системы	39	11
Самовосстанавливающиеся и «интеллектуальные» материалы	31	11
Новые термические и изоляционные материалы	20	11
«Интеллектуальные» строительные инструменты, контрольное оборудование и системы	22	11
Энергетика для строительства – новые топливные ячейки и солнечные батареи	24	0
Биоимитирующие и гибридные материалы	20	0

зубые в Европейском сообществе, США, Канаде, Австралии, Японии, Китае и ряде других стран, в т.ч. и России.

Представляется, что в связи с подготовленной Федеральной целевой программой Российской Федерации «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в РФ на 2007–2010 годы» аналогичный детальный анализ и долгосрочный прогноз развития исследований и применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве должен быть выполнен в рамках деятельности Координационного совета по наноматериалам и нанотехнологиям в увязке и тесной связи с существующими международными проектами.

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 2

Это позволит определить краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные перспективы, а также наметить конкретные пути широкого использования последних достижений для повышения качества строительства, обеспечения долговечности и надежности зданий и сооружений, охраны окружающей среды и снижения общих издержек.

Сегодня государство намерено в среднесрочной перспективе инвестировать в развитие нанотехнологий около \$10 млрд, из которых более половины приходится на долю созданной корпорации «Роснано». Однако пока не удается выстроить целостный экономический механизм, связывающий науку, промышленность и образование. Попытки создания отдельных элементов инновационной системы (государственных фондов поддержки научных исследований и инноваций, технопарков, венчурных фондов, особых экономических зон и т.п.) вне связи с основными участниками инновационной деятельности и вне реально работающей «рыночной экономики» большого результата пока не принесли. По свидетельству зарубежных участников первого Международного форума по нанотехнологиям, проходившего в Москве в конце прошлого года, «...нанотехнологии в России хорошо развиваются... в теории. Продуктов и технологий мало, а научных докладов, не имеющих практических результатов, много».

Главный на сегодня вопрос – будет ли государственная инициатива в России поддержана частным бизнесом? Это во многом зависит от «восприимчивости среды». Для нанотехнологий такой почвой, как правило, являются инженерные площадки и мелкие технологические фирмы. Первые в России почти исчезли еще в 90-е годы, а вторые развиваются с колоссальным трудом. Поэтому абсолютно понятно, что система исследований в нашей стране нуждается не только в стимулах, но и в определенных реформах.

Вторая проблема, четко обозначенная на форуме вице-премьером Правительства С.Б. Ивановым, состоит в том, что ключевое значение для становления nanoиндустрии имеет процесс ее постепенной стандартизации, в отсутствие которой проникновение новых продуктов и технологий в реальную экономику будет существенно замедленно. Здесь нет альтернативы активному взаимодействию с международными организациями по стандартизации и специализированными техническими комитетами профильных международных профессиональных объединений. Уже активно работают Технические комитеты CEN/BTWG 166 «Нанотехнологии», ISO/TC 229 «Стандарты в области нанотехноло-

В.Р. ФАЛИКМАН Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 2

гий», Комитет ASTM E 56, Технические комитеты Американского национального института стандартов.

Правда первый такой опыт – разработку американского стандарта E 2456-06 «Терминология для нанотехнологий», в которой принимали участие и японские специалисты, нельзя признать вполне удачным. Помимо своей крайней лаконичности (стандарт содержит только 13 терминов и определений), документ отличается определенными внутренними противоречиями.

Поэтому следует только поприветствовать и поддержать создание Технического комитета по стандартизации «Нанотехнологии и наноматериалы» ТК 441 при Ростехрегулировании, а также инициативу Научно-исследовательского центра по изучению свойств поверхности, взявшему на себя труд подготовить первую редакцию национального стандарта «Нанотехнологии. Термины и определения». Хочется верить, что в активную работу над этим стандартом включится ТК 465 «Строительство».

И, наконец, как неоднократно подчеркивал академик Ж.И. Алфиров, «для развития настоящего хай-тека сегодня нужно уже другое образование», а точнее, подготовка, привлечение и закрепление молодых специалистов, кадров для работы в различных сферах нанотехнологий и наноматериалов, а также повышение их квалификации. Речь идет о создании инновационных центров с новыми стандартами обучения. По инициативе Российской академии наук таковые уже формируют в Петербурге, Москве и Новосибирске, поскольку именно здесь есть база для взаимодействия вузов, академических и отраслевых институтов. Кроме того, в таких центрах должны быть организованы «бизнес-инкубаторы» для продвижения научных достижений. К сожалению, несмотря на несколько принятых Правительством Российской Федерации постановлений, этот совсем не простой процесс идет пока достаточно трудно.

Ведущий строительный вуз страны – МГСУ включен в перечень инвестиционных объектов в рамках Федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 годы» в качестве научно-образовательного центра по направлению «Нанотехнологии». Созданный в университете Центр нанотехнологий и новых материалов в строительстве благодаря открытой территориально-распределенной сети передачи и распространения профессиональных знаний на базе новейших информационных, в том числе спутниковых, технологий, сможет координировать работы специа-

В.Р. ФАЛИКМАН *Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 2*

листов многих организаций и вузов. Сегодня в МГСУ есть и современное оборудование, необходимое для проведения исследований в области наноматериалов и нанотехнологий в строительстве, которое университет планирует использовать совместно с учеными и специалистами из самых отдаленных уголков страны.

Сердечно поздравляю всех специалистов строительного комплекса с Днём строителя! Желаю крепкого здоровья, благополучия и успешного овладения новыми высокоэффективными технологиями и материалами!

Контактная информация для переписки:
e-mail: falikman@online.ru

Уважаемые коллеги!

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

Фаликман В.Р. Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве. Часть 2 // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009, Том 1, № 2. С. 10–20. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf (дата обращения: ____).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Falikman V.R. About the use of nanotechnologies and nanomaterials in construction. Part 2. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2009, Vol. 1, no. 2, pp. 10–20. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf (Accessed ____). (In Russian).

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным



В СМЕЖНОЙ ОТРАСЛИ

IN RELATED BRANCH

УДК 691

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ, член президиума РАН, академик РАН, Россия

В.И. ПОНОМАРЕВ, канд. техн. наук, ученый секретарь Института металлургии

Уральского отделения РАН, Россия

*Учреждение Российской академии наук Институт металлургии Уральского отделения РАН
г. Екатеринбург*

L.I. LEONTIEV, member of presidium of RAS, academic of RAS, Russian Federation

V.I. PONOMAREV, Ph. D. in Engineering, scientific secretary of Institute of Metallurgy, Ural
Department of RAS, Russian Federation

*Institution of Russian Academy of Science, Institute of Metallurgy, Ural Department of RAS,
Ekaterinburg*

ОТ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ОКСИДНЫХ ПОРОШКОВ К НАНОРАЗМЕРНЫМ

FROM ULTRADISPERSED METAL AND OXIDE POWDERS TO THE NANOSIZED ONES

Приведен обзор результатов многолетних исследований Института металлургии Уральского отделения Российской академии наук. Показаны возможности практического использования результатов и перспективность дальнейших исследований.

The article presents review of results of the long-term researches conducted by Institute of Metallurgy, Ural Department of RAS. Potentialities of practical application of the results and future trends of investigations are shown.

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

Ключевые слова: нанодисперсные металлические порошки, нанотехнология модифицирования поверхностей трения, наноразмерные и наноструктурные материалы, нанопорошок, нанокристаллический медьсодержащий слой, нанокристаллическая система.

Key-words: nanodispersed metal powders, nanotechnology of friction surface modification, nanosized and nanostructural materials, nanopowder, nanocrystal copper-bearing coating, nanocrystal system.

1. Получение методом испарения-конденсации металлических порошков и области их применения

1.1. Высокодисперсные металлические порошки.

В конце 50-х годов XX века в Институте металлургии Уральского отделения РАН под руководством профессора, доктора технических наук И.В. Фришберг, одновременно с научными центрами США и Японии, начались исследования, завершившиеся созданием теоретических основ образования металлических порошков при испарении и конденсации. Первые исследования сводились к моделированию известного в природе явления – образования тумана в воздушной атмосфере. Существовавшая к тому времени солидная научная база физики атмосферных явлений позволяла надеяться на воспроизведение его в ограниченном объеме и искусственных условиях. Многолетними экспериментами на органических веществах, металлах и сплавах удалось получить необходимую и достаточную сумму новых знаний, которые стали фундаментом управляемого образования дисперсных сред при испарении и конденсации металлов и основой новых технологий получения порошков.

Логика развития исследований привела к тому, что в 1991 году на базе лаборатории газофазной металлургии было создано одно из первых в системе Академии наук инновационных предприятий – ЗАО Научно-производственное предприятие «Высокодисперсные металлические порошки» (ЗАО НПП «ВМП»), соучредителем которого является Институт металлургии УрО РАН. Лабораторией были выполнены фундаментальные научные исследования, разработаны теоретические основы,

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

технология и оборудование для получения высоко- и нанодисперсных металлических порошков газофазным методом. К настоящему времени разработки и изобретения реализованы на базе фирмы «Высокодисперсные металлические порошки», где организовано не имеющее аналогов в мире промышленное производство металлических порошков, антикоррозионных композиций и противоизносных препаратов. Их выпуск составляет до 90% общероссийского производства подобной продукции. Система менеджмента качества на предприятии сертифицирована по ИСО 9001:2000.

На основе порошков различных металлов и сплавов разработано более 40 наименований материалов для защиты от коррозии и износа, а также технологии по их применению – метод «холодного» цинкования и нанотехнология модифицирования поверхностей трения. Получено более 40 авторских свидетельств и патентов, 90 свидетельств на товарные знаки. Ресурсосберегающие материалы и технологии испытаны, апробированы и сертифицированы ведущими научно-исследовательскими центрами России, введены в государственные и отраслевые стандарты. Организована эффективная система продвижения и сбыта продукции. В настоящее время ее широко применяют более 1000 предприятий в промышленном и транспортном строительстве, энергетике, нефтегазовом комплексе, а количество покупателей на потребительском рынке исчисляется сотнями тысяч. В настоящее время завод и обеспечивающие подразделения фирмы «ВМП» размещаются в Инновационно-технологическом центре «Академический», организованном в 1998 году при Институте металлургии. Производственные мощности ЗАО «ВМП» позволяют производить ежегодно до 200 т цинкового порошка, до 30 т медного и столько же бронзового. На 34 Международном салоне изобретений, новой техники и товаров «Женева 2006» две совместных разработки Института и фирмы «ВМП» «Способ испарения металла и устройство для его осуществления» и «Металлоплакирующий концентрат для антикоррозионной защиты металла» были удостоены золотых медалей.

Творческое сотрудничество лаборатории института, преобразованной ныне в лабораторию порошковых, композиционных и наноматериалов, под руководством доктора физико-математических наук Б.Р. Гельчинского и фирмы «ВМП» открывает широкие перспективы дальнейших исследований в направлении получения и применения субмикронных, наноразмерных и наноструктурных материалов.

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

1.2. Субмикронные металлические порошки

Большая часть порошков цветных металлов, производимых в мире, – это порошки цинка, меди и ее сплавов. Медные порошки, представленные на мировом рынке, имеют средний размер частиц в диапазоне 1–50 мкм и удельную поверхность в пределах 0,25–1,2 м²/г. Они применяются в производстве микроэлектронных компонентов, специальных электродов и др.

Гораздо менее изучены процессы образования, свойства и специальные возможности использования субмикронных порошков меди и ее сплавов, т.е. порошков со средним размером частиц от 0,01 до 1,0 мкм.

Субмикронные порошки меди и ее сплавов получают методом испарения–конденсации на заводе Научно-производственного предприятия «Высокодисперсные металлические порошки» (ВМП). Процесс испарения–конденсации включает расплавление и испарение металла, конденсацию пара в среде инертного газа и накопление образовавшегося порошка в холодной части объема аппарата. При необходимости проводят стабилизацию порошка, вводя в процесс пассивирующий агент.

Технология получения субмикронных порошков испарением и конденсацией в инертном газе характеризуется следующими особенностями:

- конденсация пара осуществляется в объеме аппарата (гомофазно);
- степень пересыщения пара составляет 10^8 – 10^{40} и выше;
- давление инертного газа находится в интервале 0,01–100 кПа.
- режим течения парогазового потока – молекулярный и молекулярно-вязкостный, число Кнудсена – менее 0,01.

Лабораторией порошковых, композиционных и наноматериалов выполнено исследование наноструктурных превращений стальной поверхности в присутствии субмикронных порошков сплавов меди при жестких термомеханических воздействиях.

Развитая удельная поверхность субмикронных порошков, на порядок превышающая удельную поверхность порошков традиционной крупности, обуславливает столь же резкое повышение химической активности. Это объясняет интерес к исследованию специфических возможностей использования нанопорошков медных сплавов.

Известно, что под воздействием жестких механических нагрузок и высокой температуры (свыше 700°C) поверхностные слои металла фрагментируются, образуя слои с нанокристаллической структурой с размером фрагментов от 3 до 700 нм. Это приводит к многократному увели-

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

чению диффузионной подвижности атомов и образованию практически беспористой структуры поверхности металла, которая не достигается никаким другим способом обработки.

Исследованиями установлено, что при введении между контактирующими стальными поверхностями смазочной композиции, содержащей субмикронный порошок сплава меди, возникают процессы, приводящие к наноструктурным превращениям поверхностных слоев стали.

Выделившиеся атомы меди обладают повышенной энергией, вследствие чего активно взаимодействуют с металлом-подложкой, встраиваясь в его поверхностные слои. Происходит микромодифицирование поверхности металла и образование наноструктурного покрытия, обладающего необычным свойством – сочетанием высокой твердости с повышенной пластичностью.

Структура микропокрытия, образующегося на стальной основе при термомеханических нагрузках в присутствии нанопорошков медного сплава, изучена средствами металлографического и рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии.

На рис. 1 показан участок поверхности с закрученной, так называемой, ротационной микроструктурой глубиной до 25 мкм. Появление подобных деформированных участков является признаком высокой пластичности и обычно наблюдается в структурах, возникающих при высокотемпературных фазовых превращениях. В отсутствие медного сплава такие структуры в опытах не наблюдались, что говорит о взаимосвязи между присутствием нанопорошка медного сплава и появлением «ротационных» структур, свидетельствующих о высокой пластичности слоя.



Рис. 1. Микрофотография фрагмента поверхности с ротационной структурой (x2000)

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

Образовавшийся нанокристаллический медьсодержащий слой ведет себя в процессе эксплуатации как специфическое микропокрытие, защищающее поверхности контакта от воздействия трения и коррозии. Поскольку наноструктурное покрытие под воздействием термомеханических нагрузок постепенно разрушается, в зону контакта необходимо непрерывно вводить порошок медного сплава. Концентрация сплава может определяться расчетным путем, исходя из особенностей металла подложки и конструкции механизма.

Описанный процесс наноструктурной модификации контактирующих стальных поверхностей открывает возможность эффективного использования субмикронных порошков медных сплавов для продления срока эксплуатации машин и механизмов.

В планах исследований стоит дальнейшая отработка технологии наноструктурного модифицирования поверхности деталей узлов различных механизмов, работающих в условиях жестких термомеханических нагрузок.

Многомасштабное компьютерное моделирование образования металлических наночастиц из расплава

Известно, что часть получаемого в процессе испарения-конденсации металлического порошка лежит в наноразмерном диапазоне. Есть возможность добиться максимального выхода наноразмерных частиц, варьируя технологические параметры процесса, организуя специальным образом материальные потоки и внося конструктивные изменения в аппаратуру. Для решения этих вопросов в Институте разрабатывается методика многомасштабного компьютерного моделирования образования металлических наночастиц из расплава.

Для того чтобы понять, каким образом можно получить металлический нанопорошок требуемого качества (размер, форма, дисперсность), нужно определить физические параметры процесса зарождения и роста частиц в газовой фазе. Механизм образования наночастиц при конденсации в атмосфере инертного газа включает образование зародышевых центров, рост частиц, коагуляцию и коалесценцию. Атомы металла, оторвавшиеся от поверхности расплава, быстро теряют свою энергию при столкновении с атомами газа. Поэтому начальный процесс образования зародышей протекает гомогенно в паровой фазе. Для изучения процессов парофазного синтеза наночастиц в условиях реального эксперимента более приемлемо использование сочетания методов класси-

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

ческой молекулярной динамики (МД) для описания быстрых процессов (типа столкновения наночастиц различных размеров), которые протекают на атомном масштабе времени и пространства, и методов теории непрерывной среды для описания конвективного движения потоков частиц в поле температурных градиентов, создаваемых в реакторе для их синтеза.

Многомасштабное моделирование предполагает не только моделирование в разных масштабах размеров от атомного, до макроуровня, но и возможность применения результатов моделирования, полученных на одном уровне в качестве исходных данных для моделирования на следующем уровне масштабирования.

Применяемые методы моделирования.

1. Атомное и микроскопическое моделирование процессов формирования металлических нанокластеров – метод молекулярной динамики, периодичные граничные условия, система 32000 атомов.
2. Макроскопическое моделирование – применение методов теории непрерывной среды для описания конвективного движения потоков гомо- и гетерофазной смеси нейтрального газа, металлического пара и металлических нанокластеров в поле температурных градиентов.

На рис. 2, 3 показаны результаты, полученные с помощью компьютерного моделирования.

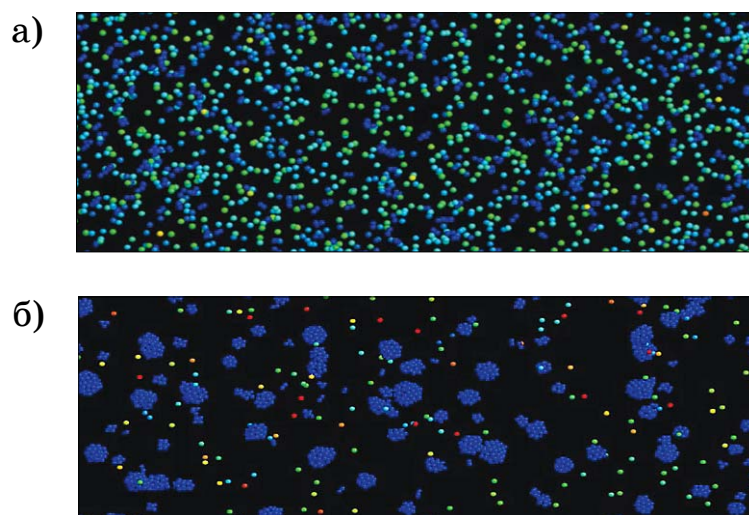


Рис. 2. Компьютерная модель конденсации наночастиц меди из газовой фазы (32000 атомов):

а) $t = 0,01$ нс, $T = 2300$ К;

б) $t = 14$ нс, $T = 300$ К

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

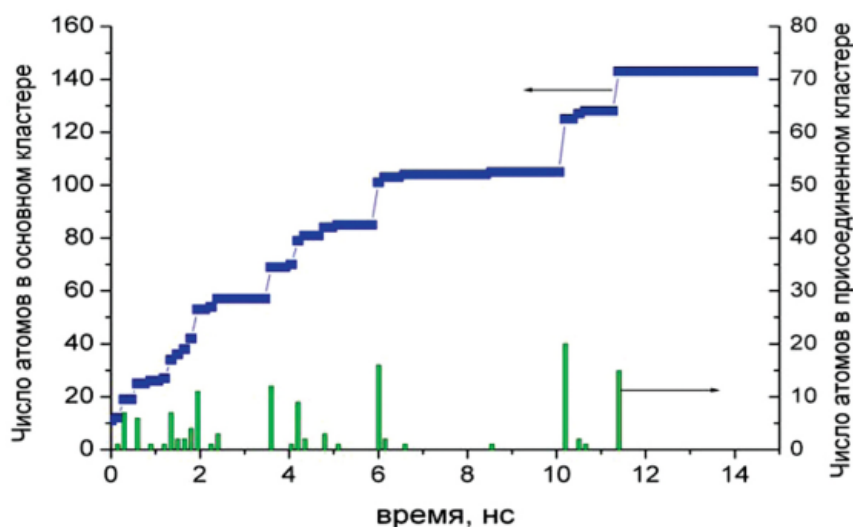


Рис. 3. Динамика изменения числа атомов в большом (основном) кластере с учетом «прилипания» к нему малых (присоединенных) кластеров

2. Технология получения нанопорошков металлов методом термического разложения оксалатов

В результате исследований, выполненных доктором технических наук А.Г. Мейлах, разработана технология получения нанопорошков (НП) Fe, Ni, Co и Cu методом термического разложения химических соединений – оксалатов. Эти соли имеют достаточно низкую температуру разложения. Оксалаты Fe, Ni и Co изоморфны, что благоприятно для получения порошков сплавов. Продукты пиролиза оксалатов – H_2O и CO_2 не токсичны. Предложенный метод высокопроизводителен, а частицы нанопорошков, полученные в результате топахимической реакции, имеют значительные искажения кристаллической решётки, обеспечивающие им высокую активность в различных физико-химических процессах, например, каталитическую в реакциях с участием водорода.

Определена удельная поверхность продуктов разложения оксалатов (рис. 4), которая монотонно возрастает при увеличении степени разложения оксалатов до высоких значений (90–95%) и резко снижается при полном разложении за счет спекания малых частиц чистых металлов. Вычисленные по значениям удельной поверхности средние размеры частиц восстановленных металлов находятся в пределах 70–85 нм. Содержание кислорода в этих порошках составляет 0,5–1,0%.

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

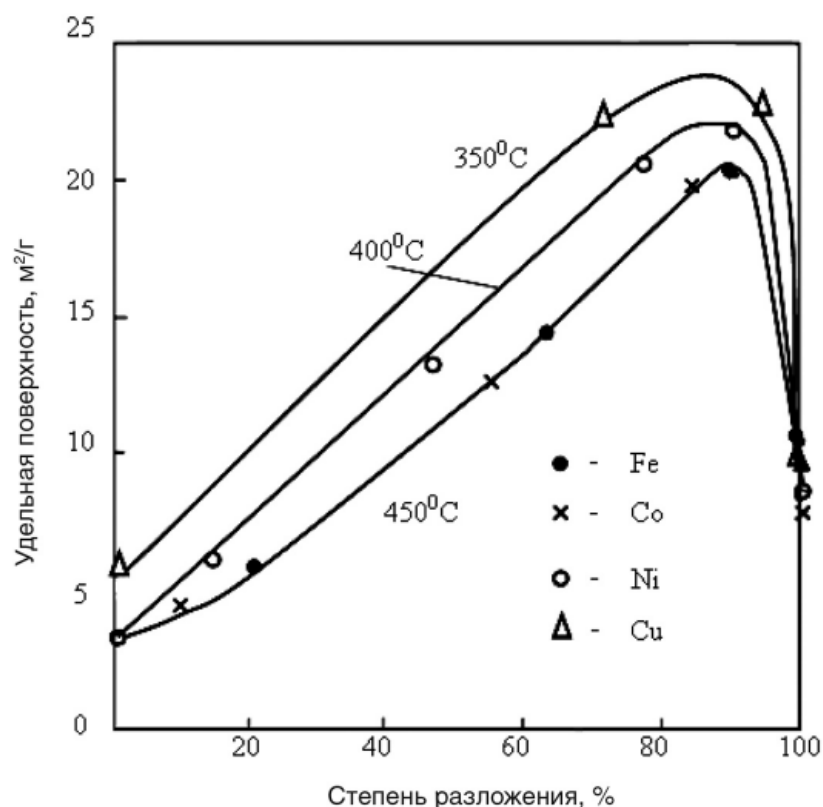


Рис. 4. Зависимость дисперсности продуктов пиролиза от степени разложения

Для увеличения дисперсности НП использована добавка 0,5% MgO в виде раствора нитрата магния в этаноле, которым перед восстановлением смачивались исследуемые оксалаты. Полученные порошки металлов имели удельную поверхность (см. таблицу), свойственную максимально дисперсным продуктам пиролиза.

Зависимость удельной поверхности нанопорошков от добавления MgO

Металл	Т восстановл., °C	S, м²/г	
		без добавки	с добавкой
Fe	450	10,2	20,5
Co	450	7,9	18,1
Ni	400	8,4	25,0
Cu	350	9,5	23,5

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

Определены режимы получения из соосаждённых оксалатов НП Ni–Cu сплавов, а также двойных и тройных сплавов системы Fe–Co–Ni. Рентгеновскими исследованиями показано, что полученные при температуре 350–450°C в течение 1 ч порошки имеют однофазную структуру. Концентрационная зависимость удельной поверхности порошков двойных сплавов имеет максимум при равном соотношении компонентов. Дисперсность Fe–Co–Ni сплавов зависит от состава, температуры и длительности пиролиза оксалатов и составляет от 10 до 70 м²/г.

Созданные нанопорошки использованы в качестве добавок к наиболее технически важным по объёму потребления в порошковой металлургии промышленным порошкам железа, никеля и меди для активирования их спекания. Разработаны конструкционные порошковые стали с новым композиционным типом структуры, состоящей из крупных сферических частиц железного порошка, связанных по границам мелкозернистыми прослойками на основе нанопорошков Ni–Cu сплавов, диффузионно-насыщенных железом и дисперсно-упрочнённых включениями ZrO₂. Новые стали по прочности и пластичности в 2–4 раза превосходят аналогичные по составу и полученные из смеси обычных порошков. Добавление нанопорошков Ni и Cu совместно с углеродом позволило получить порошковую сталь X17H2 с коррозионной стойкостью и механическими свойствами не хуже, чем у литой стали того же состава.

3. Электрохимическая технология производства металлических нанопорошков

Накопленный в институте опыт разработки аппаратного оформления технологических процессов и достигнутые результаты в организации производства новых материалов обусловили создание коллектива исследователей из сотрудников Института металлургии, Института высокотемпературной электрохимии УрО РАН и представителей малого научно-производственного предприятия, объединенных совместной работой по проекту Роснауки «Технология производства агломерированных нанокристаллических порошков тантала конденсаторного сорта с использованием электрохимического процесса» Федеральной целевой программы, выполняемого под руководством академика Л.И. Леонтьева. Особенностью электрохимического восстановления металла в этом процессе является его восстановление не на поверхности катода или в толщине диффузионного слоя, а во всем объеме электро-

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

лизной ванны. Электролитом служит расплавленная смесь различных солей в атмосфере аргона. Регулируя плотность тока и температуру, можно получать порошки различной формы (равноосные, усы, тонкие пластинки и т.д.), размером от единиц до тысяч нанометров. Конденсаторы из таких порошков, при заданных электрических параметрах, имеют размеры на порядок меньше, чем из порошков осколочного типа. Этот метод восстановления металлов положен в основу абсолютно новой технологии получения нанопорошков металлов, которая основана на фундаментальных и теоретических работах уральской школы электрохимиков. В качестве расходуемого сырья используется компактный металл. При электролизе происходит дополнительная очистка металла от примесей.

В результате выполнения проекта к концу 2010 года будет создан опытный образец технологического оборудования для получения агломерированных нанокристаллических порошков тантала.

4. Сложные композиты с наноструктурным промежуточным слоем

Группой исследователей под руководством члена-корреспондента РАН Э.А. Пастухова и кандидата технических наук Ю.В. Концевого выполнены эксперименты по получению слоистого композита системы сталь–алюминий с наноструктурным промежуточным слоем.

Слоистые композиты системы сталь-алюминий используются как антикоррозионные, антифрикционные, электропроводные материалы с повышенными механическими свойствами. Одним из главных недостатков, сдерживающих их широкое использование, является наличие хрупкого интерметаллидного промежуточного слоя. Устранить этот недостаток можно за счет получения в промежуточном интерметаллидном слое субмикронаноструктуры.

Слоистый композит получали с помощью механохимической и термической обработок по следующей схеме:

1. Совместная прокатка алюминиевого порошка и стальной беспористой полосы с однократным обжатием $e = \ln(h_0/h_1) = 0,51$.
2. Термическая обработка биметаллической полосы, нагрев до температуры 680–700°C и охлаждение в воде.
3. Прокатка в асимметричном очаге деформации с суммарным обжатием $e = 2,3$.

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

В результате проведения трех технологических операций образовался промежуточный слой толщиной 15–20 мкм, состоящий из кристаллов алюминида железа.

Согласно рентгеновскому фазовому анализу, состав алюминидов соответствует стехиометрии Al_5Fe_2 . По данным рентгеновских исследований, образовавшийся слой имеет дисперсное строение; размер зон когерентного рассеяния, рассчитанный по уширению линий фазы Al_5Fe_2 , составляет 40 нм.

Помимо рентгеновского исследования, структуру полученных образцов изучали на электронном микроскопе. Исследования показали, что доминирующий размер зерен промежуточного слоя составляет 1 мкм (рис. 5).

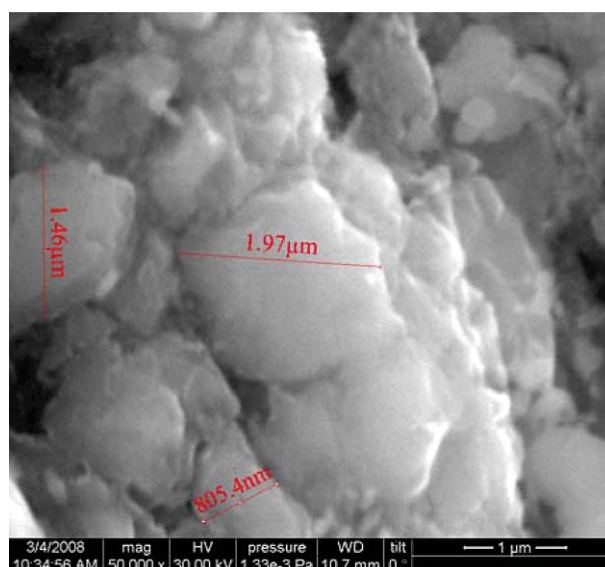


Рис. 5. Структура промежуточного слоя

На основании рентгенофазового анализа и электронной микроскопии сделан вывод, что в результате проведенной обработки слоистого композита структура промежуточного слоя измельчилась до микронного размера с высокой концентрацией дефектов. Это дает основания полагать, что при деформации, незначительно превышающей $\epsilon = 2,3$, произойдет дальнейшая фрагментация зерен до наноразмерных величин, что косвенно подтверждает вязкий вид излома промежуточного слоя, отчётливо свидетельствующий о высокой пластичности интерметаллидной прослойки после обработки давлением (рис. 6).

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

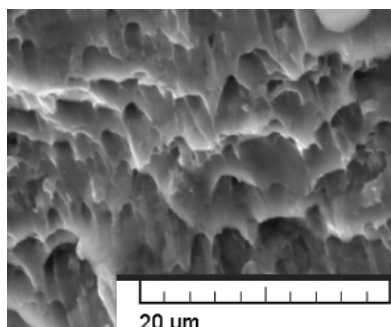


Рис. 6. Вид излома интерметаллидной прослойки

5. Получение наноматериалов на основе оксидов переходных металлов

В рамках совместных Российско-Израильских грантов РФФИ Институтом металлургии и Институтом физики металлов УрО РАН ведутся работы по получению и изучению структуры и свойств компактных нанокристаллических оксидов, полученных методами интенсивных пластических деформаций: сдвиг под давлением, ударно-волновое нагружение, механохимия.

Получены наноматериалы на основе CuO , LaMnO_3 , Mn_3O_4 , Fe_2O_3 и ряда других оксидов. В лаборатории статики и кинетики процессов Института металлургии под руководством доктора физико-математических наук А.Я. Фишмана предпринята попытка механохимического получения наноразмерных оксидов марганца (II, III) с определенными структурными характеристиками и исследовано влияние условий механохимической обработки на эти характеристики. Проведена механохимическая обработка как однофазных оксидов, так и их смесей при варьировании времени механоактивации, состава газовой атмосферы, химического состава исследуемого вещества (смеси) и параметров процесса. Исследовано влияние перехода в наноразмерное состояние на структурные фазовые превращения в оксидах. Структурные свойства образцов (параметры кристаллической решетки, объем элементарной ячейки, средние размеры кристаллов и микродеформации) получены обработкой данных рентгеновской дифракции. Исследования химического состава поверхности проводились методами рентгенофотоэлектронной и Оже-спектроскопии.

Показано, что кратковременные ударные воздействия приводят, прежде всего, к интенсивному измельчению вещества (средний размер частиц уменьшается в 200 раз) и изменению среднего размера блоков

Л.И. ЛЕОНТЬЕВ От ультрадисперсных металлических и оксидных порошков к наноразмерным

когерентного рассеяния. Максимальное уменьшение размеров блоков (в несколько раз) происходит в течение первых 30-ти секунд обработки. Отмечено значительное различие в составе поверхности образцов до и после воздействия интенсивными деформациями. Установлено, что в результате механохимической обработки можно стабилизировать структурные параметры фаз (например, параметра тетрагональности c/a для Mn_3O_4), которые не могут быть получены в нормальных условиях. Доказана возможность существенного снижения параметра тетрагональности c/a гаусманита Mn_3O_4 , образующегося в ходе механохимической реакции при измельчении оксида Mn_3O_3 , по сравнению с известными параметрами для монокристаллических или крупнозернистых поликристаллических решеток. Найдены способы регулирования скорости формирования той или иной фазы.

Показано, что перевод кристалла, содержащего Ян-Теллеровские (ЯТ) ионы, в нанокристаллическое состояние, сопровождается существенным изменением параметров структурных фазовых переходов. Найдены зависимости температуры, скачка энтропии и скрытой теплоты фазового превращения от размера зерна. Предсказана возможность неодофазного состояния нанокристаллической системы, т.е. одновременного присутствия в ней низкосимметричной и высокосимметричной ЯТ-фаз. Полученные теоретические результаты подтверждены экспериментальными данными для системы $Mn-O$. В том числе дано объяснение аномальной температурной зависимости параметра порядка наноразмерного оксида Mn_3O_4 в кооперативной ЯТ фазе.

В результате проведенных исследований показана возможность получения нанокристаллических оксидов методами интенсивных пластических деформаций. Установлено, что изученные структурные и поверхностные свойства заметно отличаются от таковых для крупнозернистых материалов. Это определяет перспективность дальнейших исследований и возможности практического использования результатов.

От всей души поздравляем всех работников строительной отрасли с профессиональным праздником – Днём строителя! Желаем крепкого здоровья, счастья, благополучия и прекрасного настроения! Творческих успехов и достижения новых профессиональных высот!

**Контактная информация для переписки:
e-mail: leo@presidium.ras.ru**

УДК 69

В.П. ТРАМБОВЕЦКИЙ, кандидат технических наук (ФГУП НИЦ «Строительство»), Россия

V.P. TRAMBOVETSKY, Cand.Sc. (engineering), the Federal State Unitary Enterprise «Construction», Russian Federation

СОЮЗ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И СТРОИТЕЛЬСТВА Часть 2

THE UNION OF THE NANOTECHNOLOGIES AND THE CONSTRUCTION Part 2

На основе опыта ряда передовых зарубежных стран и, прежде всего, США, показано, что для проведения исследований и разработок на наноуровне современная наука должна иметь соответствующее контрольно-измерительное и технологическое оборудование, в том числе нанопроцессоры, наноманипуляторы, нанокomпьютеры и другие уникальные приборы и устройства. Международными и региональными организациями по стандартизации уже разрабатываются и утверждаются соответствующие стандарты и методики испытаний.

The author studies the experience of some advanced foreign countries, first and foremost the USA, and shows that the research and development works with nanotechnologies require corresponding test equipment and technological plants including the nanoprocessors, the nanomanipulators, the nanocomputers and other unique devices and equipment. Some international and regional institutions in the field of standardization already develop and approve the corresponding standards and the test methodologies.

Ключевые слова: нанотехнологии, строительство, наноуровень, нанотехнологические центры и лаборатории, инновационная деятельность, наночастицы, малоэнергоемкие цементы, нанотрубки, нанокomпозиты.

Key-words: nanotechnologies, construction, nanolevel, nanotechnological centres and laboratories, innovative activities, nanoparticles, low energy consumption cements, nanopipes, nanocomposites.

Проектировщики новых исследовательских центров используют в своей работе опыт, накопленный в области микротехнологий полупроводниковой промышленности, а также серию руководств и рекомендаций под названием Labs21, разработанных Агентством по защите окружающей среды совместно с Министерством энергетики США. Значительно продвинулись в проведении исследований и практических разработках ученые и специалисты других стран, в т.ч. Японии, Германии, Израиля, Китая. Создание венчурных фирм в Китае уже принесло первые успехи. После многих лет подавления инициативы появились талантливые специалисты, способные к творческой, инновационной деятельности. Более того, в страну стали возвращаться высококвалифицированные специалисты, уехавшие в свое время за рубеж, главным образом в США. Все это способствовало появлению в Китае нового поколения инновационно-способных кадров. Процесс этот в последнее время приобрел достаточно широкий размах. Так, например, в прошлом 2008 г. стартовый капитал таких фирм в Китае достиг \$4 млрд (в США, для сравнения, эта цифра в том же году составила более \$20 млрд).

Строительство, хотя и в значительно меньшей мере, чем другие отрасли, также является потребителем достижений нанотехнологий. Пользуясь достижениями новой технологической области, получены защитные материалы с удивительными свойствами. Химический процесс под названием sol-gel позволяет осуществлять направленный синтез нанокompозитов и придавать бетонным поверхностям индивидуальные специфические эффекты. Такие многофункциональные защитные материалы уже появились на рынке стройматериалов. Диапазон их действия довольно широк – от защитных функций за счёт легкого удаления пыли, грязи и рисунков граффити, до предотвращения появления высолов на бетонных поверхностях.

В лабораторных условиях получены бетоны прочностью на сжатие до 500 Н/мм², т.е. материал прочнее обычной стали. Но с использованием достижений нанотехнологий, уже применяемых в других отраслях науки и промышленности, для увеличения плотности в структуру бетона могут быть введены наночастицы, а вяжущее усовершенствовано на квазиатомном уровне. Это придаст бетону новые, совершенно уникальные свойства, позволит создать так называемые бездефектные бетоны. Канадский институт исследований в строительстве при Национальном

Совете по исследованиям (NRC-IRC) организовал группу специалистов разного профиля для разработки на наноуровне защитных покрытий для строительных материалов. Но главные их усилия направлены на создание малоэнергоемких цементов, нанокompозитов, фибрового армирования бетонов нанотрубками и повышение долговечности бетонных конструкций, объем применения которых в Канаде превышает \$16 млрд в год.

Использование атомно-силовой микроскопии позволяет исследовать на наноуровне процессы взаимодействия и механизмы реакции гидратации цемента, химических добавок, заполнителей и пуццолановой реакции микрозаполнителей. Определенный оптимизм вызывают результаты опытов по применению фибр в виде углеродных нанотрубок с целью упрочнения цементной матрицы. Нанотрубки, как известно, были изобретены в Японии в 1991 г., их прочность на разрыв, по некоторым данным, почти в 100 раз превосходит прочность стали. Появление нанотрубок с такой прочностью, кстати, стимулировало создание международного проекта «Космический лифт», который находится ныне в стадии разработки под эгидой NASA. Но эти трубки, помимо высочайшей прочности, обладают и чрезвычайной устойчивостью к проявлениям коррозии, что также представляет значительный интерес и для конструкций из бетона. Проведенные предварительные опыты показали, что введение даже сравнительно небольшого количества нанотрубок в качестве нанофибр оказывает положительный эффект на механические характеристики композита. Работы будут продолжены в направлении улучшения сцепления нанофибр с матрицей и выбора оптимальных разжижителей поликарбоксилатного типа с разной длиной боковых цепей.

Строительная наука и практика, хотя и с некоторым запозданием, но всегда стремились не отставать от достижений фундаментальной науки. Традиционные строительные материалы – бетон и сталь – имеют древнюю историю и применяются в огромных объемах. Так, например, ежегодное мировое производство бетона достигло 12 млрд т и по объемам использования человечеством он занял второе место после воды. Несмотря на всю чрезвычайную важность этих материалов, их свойства, особенно бетонов, в связи с их сложной природой, изучены крайне мало. Бетон состоит из разнородных частиц и пор, отличающихся по размерам на много порядков, начиная от нанометров. Применение приемов нанотехнологии в исследовании и модифицировании свойств бетона

может оказаться чрезвычайно плодотворным. В этом убеждает недавняя совместная публикация ученых из Северо-Западного университета и Массачусетского технологического института США в журнале *Nature Materials* (апрель 2007 г.), в которой представлены первые результаты изучения структуры C-S-H цемента на уровне 5 нм при помощи специального микроскопа в виде устройства с малоугольным нейтронным рассеиванием лучей. Ученые убеждены, что реорганизация структуры C-S-H поможет существенно повысить эффективность цементов, предсказывать ползучесть и долговременное поведение бетонов. Распознавание ДНК бетонов даст возможность в течение ближайших 3–5 лет улучшить их прочностные и экологические характеристики.

Из известных случаев применения нанотехнологии в области строительства следует отметить наномодифицированную стальную арматуру MMFX2, изготавливаемую корпорацией MMFX Steel Corp. USA. Ламинированная структура делает эту сталь по коррозиестойкости похожей на нержавеющую, но со значительно более низкой стоимостью и более высокими механическими свойствами, в том числе по прочности, вязкости и усталостной прочности. Арматура MMFX2 сертифицирована в США и в настоящее время началось её широкое применение на объектах дорожно-транспортного и гидротехнического строительства. Нетрудно себе представить, что могло бы дать дальнейшее улучшение структуры и прочности стали для сооружения подвесного моста через Мессинский пролив в Италии, идею проекта которого стоимостью \$4,7 млрд, шириной 60,4 м и пролетом 3,3 км, поддерживаемого парными вантами диаметром 1,2 м, предложили специалисты.

Но уровень научных достижений в области строительства несопоставим, к сожалению, с достижениями в других областях науки и техники. По некоторым данным среднемировые расходы на исследования и разработки в строительстве на порядок ниже, чем по промышленности в целом и на два порядка ниже, чем в полупроводниковой промышленности. Это подтверждает заметное отставание достижений в строительстве от разительных, буквально революционных достижений во многих других областях, например, биотехнологии, информационных технологиях и т.д. Вызывает, естественно, удивление, что современные сверхвысокие и сверхдорогие здания или мосты с невиданными доселе пролетами, от нормального функционирования которых зависит жизнь огромного количества людей, в ходе строительства и эксплуатации управляются сравнительно примитивными единичными системами

контроля и мониторинга. Стоимость таких систем несопоставимо мала по сравнению со стоимостью контролируемых ими объектов и жизнью людей, а современные автомобили, которые обеспечивают комфортную и безопасную жизнь всего одного или нескольких человек от силы, буквально напичканы управляющими системами, стоимость которых вполне сопоставима со стоимостью самого автомобиля.

Взрыв интереса к нанотехнологиям в мире вызвал ответную реакцию и в международных организациях по строительству, в т.ч. в Международном союзе экспертов и лабораторий в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ), в рамках которого создан и функционирует специальный комитет ТС-197 «Нанотехнологии в строительных материалах». Аналогичный комитет ТС 229 «Нанотехнологии» с более широким охватом областей применения функционирует и в рамках крупнейшей международной организации по стандартизации ISO. В 2005 г. Технический комитет CEN/TC 352 «Нанотехнологии» создан и в Европейском комитете по стандартизации.

Для условий и специфики российского строительства исследования и разработки на наноуровне только в области коррозии и морозостойкости могут дать потрясающий эффект, ведь от этого зависит долговечность наиболее дорогостоящих инфраструктурных инвестиций общества. Отрадно отметить, что и российские академические и строительные научно-исследовательские и учебные организации, хотя и с некоторой задержкой, стремятся не отставать от своих зарубежных коллег. Среди них Курчатовский институт, Институт медико-биологических проблем РАН, МГСУ, БГТУ, Научный центр прикладных исследований Объединенного института ядерных исследований в Дубне, Петербургский военный ИТУ и т.д. Для развития отечественной науки в этой сверхчувствительной области первоочередным и чрезвычайно важным является создание и оснащение лаборатории современными приборами и оборудованием и, что ещё важнее – подготовка кадров молодых и амбициозных ученых и специалистов соответствующих областей.

Заявленный в нашей стране курс на инновационное развитие, включая развитие инновационных нанотехнологий, может и должен учесть современный зарубежный опыт инновационной деятельности, в т.ч. и за счет создания венчурных фирм и компаний. Однако при этом необходимо учитывать как особенности отечественной экономики, так и особенности менталитета отечественной рабочей силы. Следует возрождать и поощрять интерес к изобретательской деятельности, основному эле-

Международные конференции и выставки по нанотехнологиям

Название мероприятия	Сроки, страна	Организатор
Nanotech Europe 2009 Крупнейшая ежегодная конференция и выставка по нанотехнологиям	28–30. 09. 2009 Берлин, Германия	Tom Crawley 358 (50) 463-71-49 www.nanotech.net
Международная конференция по нанотехнологиям Nanotech India 2010	13–15.08.2010 Кочин, Индия	AG Nanotech Impex Pvt www.nanotechindia.in/ nano210.pnp
1-я Международная конференция по применению нанотехнологий в производстве цемента и бетона	05–07.05.2010 Ирвин, Калифорния, США	Transportation Research Board www.trb.org/ conferences/2010/ nanotech
Международная конференция «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии»	Сентябрь 2010 Белгород	Белгородский ГУ Тел./факс: (4722) 55-17-49
Семинар «Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии»	Февраль 2011 Белгород	Белгородский ГТУ Тел./факс: (4722) 55-41-61
Международная конференция «Наносистемы в строительном материаловедении»	Октябрь 2011 Белгород	Белгородский ГУ Тел./факс: (4722) 55-17-49

менту инновационного развития. Некоторые специалисты предлагают создать в России Объединенный институт нанотехнологий, наподобие института ядерных исследований в Дубне с международным коллективом ученых.

Для скорейшей ликвидации сложившегося пробела представляется целесообразным организовать стажировки молодых российских ученых в наиболее продвинутых научных центрах за рубежом.

Несмотря на значительное увеличение ресурсо- и энергопотребления новейших нанотехнологических лабораторий, повышение стоимости приборов и оборудования по сравнению со стандартными лабораторными помещениями, предполагается, что результаты работы новых

В.П. ТРАМБОВЕЦКИЙ *Союз нанотехнологий и строительства. Часть 2*

лабораторий сделают жизнь человека существенно лучше, что многократно окупит все вложенные инвестиции.

Для российских специалистов, занятых в сфере нанотехнологий в строительстве, представлен перечень предстоящих в ближайшее время международных и региональных конференций и выставок по этой тематике (см. таблицу).

Сердечно поздравляю авторов и читателей электронного издания «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал» с Днём строителя! Желаю специалистам строительного комплекса крепкого здоровья, благополучия и успешного внедрения достижений нанотехнологий в строительство!

Уважаемые коллеги!

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

Трамбовецкий В.П. Союз нанотехнологий и строительства. Часть 2 // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009, Том 1, № 2. С. 35–41. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf (дата обращения: _____).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Trambovetsky V.P. The Union of the nanotechnologies and the construction. Part 2. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2009, Vol. 1, no. 2, pp. 35–41. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf (Accessed _____). (In Russian).

Д.Н. КОРОТКИХ **О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов**

УДК 693.554: 691.3

Д.Н. КОРОТКИХ, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных изделий и конструкций, докторант, Россия

О.В. АРТАМОНОВА, кандидат химических наук, доцент кафедры химии, Россия

Е.М. ЧЕРНЫШОВ, академик РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения и технологии строительных материалов, Россия

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

D.N. KOROTKIKH, Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of Department of Technology Building Products and Structures, Russian Federation

O.V. ARTAMONOVA, Ph. D. in Chemistry, Assoc. Prof. of Department of Chemistry, Russian Federation

E.M. CHERNISHOV, Acad RAASN, Dr.-Ing. Sciences, Professor of Department of Materials Science and technology of building materials, Russian Federation

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

О ТРЕБОВАНИЯХ К НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИМ ДОБАВКАМ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ

SUBSTANTIATION OF REQUIREMENTS TO NANOMODIFYING ADDITIVES FOR HIGH-STRENGTH CEMENT CONCRETE

На основе концепции формирования структуры высокотехнологичных высокопрочных бетонов, технологических, экономических и экологических аспектов применения наномодифицирующих добавок обсуждаются требования к ним.

On the basis of the concept formation structure high-strength hi-tech concrete the system of requirements to nanomodifying additives is proved.

Ключевые слова: наноразмерные частицы, высокопрочный бетон, механизмы модифицирования, структурообразование.

Key-words: nanosized particles, High-strength concrete, mechanisms of modifying, structure formation.

Современная технология бетона не мыслится без применения добавок специального назначения. Предложения по использованию добавок, их классификация исходят из возможного их влияния на определенные механизмы структурообразования и формирования состава твердой фазы и порового пространства бетона. В комплексе этих механизмов: изменение растворимости составляющих вяжущих веществ и смещение равновесия реакций; химическое взаимодействие с минералами вяжущих с образованием новых труднорастворимых соединений; действие добавок как кристаллических затравок и центров кристаллизации; изменение энергетического состояния поверхности твердой фазы в результате адсорбции молекул ПАВ на зернах цемента и гидратных новообразований [1]. Учет этих механизмов в теории и практике бетона привел к появлению нескольких основных классов добавок и к применению в строительстве широкого ассортимента добавок.

В последние два десятилетия произошел качественный скачок в технологии и свойствах бетонов, появились новые виды бетонов – высокотехнологичных высокопрочных, малоусадочных и т.п. Наступил момент, когда на повестку дня вышли и новые классы добавок к бетонам, добавок, затрагивающих более глубокие механизмы структурообразования. Это так называемые нанодобавки или наномодификаторы, применение которых должно быть осознанным, целенаправленным, то есть научно обоснованным. Сказанное предопределяет проблему выработки требований к ним как к известному товарному продукту или же как к специально синтезируемому с учетом этих требований продукту.

В области наноразмерного масштаба частиц имеют место качественные эффекты, определяемые зависимостью химических и физических их свойств от соотношения числа атомов в приповерхностных и внутренних объемах частиц. Такие частицы и их ансамбли приобретают иную физико-химическую и механохимическую активность, в силу чего могут принципиальным образом изменять процессы синтеза, структурообразования, менять термодинамическую и энергетическую обстановку в дисперсной системе, какой является бетонная смесь. Эффект от введения наноразмерных частиц принципиально выражается в том, что в системе появляется не только дополнительная граница разде-

Д.Н. КОРОТКИХ О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов

ла фаз, но и носитель квантово-механических проявлений [2]. Расчеты показывают, что уже при дозировке наноразмерных частиц кремнезема 0,1% от массы цемента в системе появляется порядка 100 000 м² дополнительной активной площади раздела фаз и 2 МДж избыточной поверхностной энергии; при дозировке 2% в системе реализуется до 2·10⁶ м² дополнительной площади раздела фаз, что на порядок превосходит площадь поверхности частиц всех остальных компонентов бетонной смеси, включая цемент.

Вследствие этого, присутствие в системе наноразмерных частиц будет существенным образом менять обстановку формирования системы твердения.

В общей постановке задачи выработки системы требований к наноразмерным частицам как модификаторам структуры бетонов следует выделять:

- 1) *структурообразующий аспект*, отражающий явления и механизмы формирования структуры высокопрочных бетонов, объясняющий эффекты наномодифицирования и предопределяющий рациональные дозировки;
- 2) *технологический аспект*, раскрывающий вопросы совместимости наноразмерных частиц с другими добавками и характеризующий способы введения наномодификаторов в структуру бетона;
- 3) *экономический аспект*, отвечающий на вопрос экономической целесообразности применения наноразмерных добавок в категориях «затраты – качество»;
- 4) *экологический аспект*, учитывающий безопасность производства и применения нанодобавок.

В общем случае структурообразующее участие и модифицирующее влияние наноразмерных модификаторов может быть результатом следующих взаимосвязанных механизмов [3, 4]:

- 1) механизма, обеспечивающего повышение плотности упаковки системы сложения дисперсных частиц, уменьшение общей ее пористости, изменение структуры пористости материала. Присутствующие в системе наноразмерные частицы способны за счет увеличения объема адсорбционно и (или) хемосорбционно связываемой ими воды уменьшать объем капиллярно-связанной и свободной воды, приводить к изменению реологических свойств цементного теста и бетонной смеси, к повышению их вязкости и пластической прочности;

Д.Н. КОРОТКИХ О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов

- 2) механизма, связанного с каталитической ролью наноразмерных частиц как центров кристаллизации с соответствующим эффектом понижения энергии активации этого процесса и ускорения его;
- 3) механизма зонирования структуры твердения наноразмерными частицами (микрообъемы структуры твердения будут оказываться в поле энергетического, термодинамического влияния отдельных наноразмерных частиц, что может сопровождаться формированием организованной более «дробной» структуры как системы кристаллитов из гидратных фаз);
- 4) механизма, связанного с возможностью непосредственного химического участия наноразмерных частиц в гетерогенных процессах фазообразования гидратных соединений (такая возможность определяется как субстанциональным признаком – химико-минералогическим составом частиц, так и повышенными значениями удельной площади их поверхности и удельной поверхностной энергией).

Понятно, что мера реализации указанных механизмов наномодифицирования структуры цементного камня и их эффективность будут определяться видом, характеристиками, дозировкой и способами введения в систему наноразмерных частиц.

Реализация первого механизма (уплотнения структуры на нано- и микроуровне) определяется следующими, имеющими отношение к характеристикам добавок, взаимосвязанными факторами: размером, морфологией, площадью поверхности, удельной поверхностной энергией наноразмерных частиц, а также их дозировкой. С уменьшением размера наноразмерных частиц будет возрастать их площадь поверхности, удельная поверхностная энергия, отнесенная к массе частиц, что позволит не только заполнить микропоры, но и значительно снизить количество капиллярно-связанной и свободной воды, уплотнив систему. С этой точки зрения наиболее эффективны наномодификаторы различных субстанциональных разновидностей, имеющие размер не более 20 нм, сферического или трубчатого строения, способные не только адсорбционно, но и хемосорбционно связывать воду.

Каталитический механизм реализуется на стадии коллоидации, зародышеобразования и фазообразования, когда наноразмерные частицы выступают в роли кристаллических затравок, центров кристаллизации. Важнейшими факторами реализации данного механизма, зависящими от свойств добавок, являются субстанция наноразмерных

Д.Н. КОРОТКИХ О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов

частиц и их размер, которые определяют длительность работы механизма, а также концентрация наноразмерных частиц в единице объема твердеющей системы. Следует указать, что родственные минералам цементной системы по кристаллохимическому строению наноразмерные частицы малого размера (менее 10–20 нм) могут выполнять роль центров кристаллизации лишь весьма непродолжительное время. Так, в наших исследованиях установлено [3], что присутствие наноразмерных частиц кремнезема диаметром 5–20 нм в твердеющей системе наблюдается лишь в начальные сроки твердения (8–24 часа); затем они не фиксируются. Это обусловлено их чрезвычайно высокой химической активностью и способностью участвовать в реакциях, вероятно, и по топохимическому механизму. Наноразмерные же частицы химически не активные по отношению к цементным системам, например, углеродные наночастицы сферического и трубчатого строения, наблюдаются в материале продолжительное время.

Механизм зонирования структуры материала определяется главным образом удельной поверхностной энергией наноразмерных частиц, которая, в свою очередь, является функцией размера частиц и удельной площади их поверхности. По расчетам объем пространства, который энергетически зонирована одна наночастица размером 5–20 нм, может быть не только сопоставим с ее собственным объемом, но и превышать его в 2–3 раза. Уменьшение размера наночастиц может сопровождаться значительным насыщением энергией микрообъемов материала. Это позволит снижать дозировку наноразмерных частиц, что благоприятно скажется на экономической стороне вопроса их применения в технологии бетона.

Химический механизм может быть реализован при условии субстанционального соответствия состава частиц продуктам гидратации минералов цемента, так как с этим связано непосредственное их участие в химических реакциях образования новой фазы. Именно исходя из этого предпочтительным следует считать модифицирование структуры цементного камня наноразмерными частицами гидросиликатов кальция, гидросульфатоалюминатов кальция, хризотила, кремнезема и т.п.

При применении наноразмерных частиц в качестве модификаторов структуры бетонов необходимо учитывать возможные негативные последствия и побочные эффекты их влияния на структуру и свойства бетонов. Они могут быть следствием неверного выбора субстанции до-

Д.Н. КОРОТКИХ О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов

бавок и (или) их передозировки. Так, чрезмерно высокая дозировка, например, наноразмерных частиц кремнезема может привести к «отравлению» системы и, как следствие, к значительному замедлению процессов гидратации и твердения. Предположительно это может объясняться большой реакционно-способной площадью их поверхности, высокой химической активностью, что создает условия для связывания и удержания воды затворения наноразмерными частицами кремнезема. В таком случае возможно образование дефицита воды для процессов гидратации минералов цемента.

Проблемным вопросом применения наноразмерных частиц в технологии бетона является способ их введения в смесь. В 1 кг наночастиц кремнезема размером 5–20 нм число частиц достигает астрономических величин – 10^{19} . Равномерное распределение по объему бетона наночастиц, особенно в порошковом виде, является чрезвычайно сложной задачей.

При выборе способа введения следует учитывать два принципиально возможных варианта модифицирования структуры цементных бетонов наноразмерными частицами: в первом предварительно синтезируются наноразмерные частицы задаваемых субстанций и размеров и вводятся затем в сырьевую смесь; во втором – в твердеющей системе целенаправленно выращиваются необходимые для модифицирования структуры наноразмерные частицы [5]. И здесь, как говорится, проблем «введения» нет. В случае же предварительного синтеза наноразмерных частиц, например, в виде порошка, для их введения в смесь требуется сначала получить устойчивую слабоконцентрированную водную суспензию из них (возможно с применением ПАВ), а затем эту суспензию вводить в смесь при перемешивании. Такой путь является технологически сложным и требует дополнительного технологического передела. Поэтому целесообразно использовать возможность синтеза наноразмерных частиц сразу в виде водно-солевой суспензии – по золь-гель методу. Этот способ получения наноразмерных частиц химическим путем избавлен от вышеуказанного недостатка.

В рамках технологического аспекта применения наноразмерных модификаторов структуры бетона проблемным также является вопрос о совместимости таких добавок с традиционно используемыми. И здесь можно встретиться с эффектами гашения, нейтрализации положительных эффектов от их применения. Впрочем, этот вопрос требует отдельного специального обсуждения.

Д.Н. КОРОТКИХ *О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов*

Экономический аспект применения наномодификаторов структуры бетона раскрывается в дилемме «затраты – качество». Должен быть получен ответ на вопросы: во сколько обходится (сколько стоит) достигаемый эффект модифицирования структуры и соответствующего повышения качества цементного камня и бетона? В каких случаях экономически целесообразно применение наномодификаторов? Какой уровень стоимости нанодобавок экономически обоснован для конкретных видов бетонов? Ответы на эти вопросы определяются критерием качества бетона, которое характеризуется совокупностью его свойств в сопоставимости и в соотношении со стоимостью применения нанодобавки. При таком подходе становится понятно, что, во-первых, наиболее целесообразно применение наномодификаторов для особовысокопрочных (80–120 МПа) и сверхвысокопрочных (более 120 МПа) бетонов, а во вторых, предпочтение должно отдаваться нанодобавкам, синтез которых производится по малозатратным технологиям. Среди более чем 10 распространенных методов синтеза наноразмерных частиц наиболее дешевым является химическая золь-гель технология, которая позволяет быстро и относительно малозатратно получать наночастицы в заданных количествах [6].

На фоне эйфории «Нано» без должного внимания оказываются вопросы экологии и экологической безопасности. В определенной мере эту проблему можно соотнести с проблемой асбеста; можно обратиться, по аналогии, к проблеме силикоза, профзаболеваний шахтеров. Во всех этих случаях речь идет о контакте человека с ультрадисперсными порошковыми субстанциями. Подобная ситуация не исключена при работе с нанопорошками, очевидно, что наномодифицирующие добавки к бетону в потребительском виде должны поставляться в виде суспензий, но и при этом существует вероятность опасности по последствиям контактов кожи персонала с суспензиями. Поэтому обеспечение требований экологии при применении нанодобавок оказывается принципиальным вопросом.

Заключение. Данная публикация «О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов» не отвечает на вопрос о самих требованиях. Этот вопрос нуждается в основательном анализе, который нам не видится достаточно простым. Рассмотренный материал позволяет в первом приближении обозначить границы требований к наномодификаторам структуры бетонов.

Д.Н. КОРОТКИХ О требованиях к наномодифицирующим добавкам для высокопрочных цементных бетонов

Сердечно поздравляем редакцию и читателей научного Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве» с Днем строителя! Рождение журнала, выход в свет его первых номеров является важным событием для всего сообщества ученых и инженеров архитектурно-строительного комплекса. Желаем журналу динамичного развития, высокого научного уровня публикаций, большой читательской аудитории и широкого признания!

Библиографический список:

1. *Рапинов В.Б., Розенберг Т.И.* Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.
2. Приложения нанохимии в технологии твердофазных строительных материалов: научно-инженерная проблема, направления и примеры реализации / Е.М. Чернышов, О.В. Артамонова, Д.Н. Коротких и др. // Строительные материалы. 2008. №2. С. 32–36.
3. Модифицирование структуры цементного камня микро- и наноразмерными частицами кремнезема (вопросы теории и приложений) / Е.М. Чернышов, Д.Н. Коротких // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2008. №5. С. 30–32.
4. *Чернышов Е.М., Коротких Д.Н.* Высокотехнологичные высокопрочные бетоны: вопросы управления их структурой. Современные проблемы строительного материаловедения и технологии: Мат. межд. конгресса «Наука и инновации в строительстве», Т.1. 200. Кн. 2. С. 616–620.
5. *Тимашев В.В., Сычева И.И., Никонова Н.С.* Структура самоармированного цементного камня / Тимашев В.В. Избранные труды. Синтез и гидратация вяжущих материалов. М.: Наука, 1986. С.390–400.
6. Синтез наноразмерных частиц для модифицирования структуры цементного камня / Е.М. Чернышов, О.В. Артамонова, Д.Н. Коротких и др. // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии: сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. Белгород. 2007. С. 302–305.

Контактная информация для переписки:

e-mail: chem@vgasu.vrn.ru

e-mail: korotkih.dmitry@gmail.com

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»



МЕРОПРИЯТИЯ

EVENTS

УДК 691

Л.А. ИВАНОВ, заместитель главного редактора электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», действительный член Международной инженерной академии, кандидат технических наук

L.A. IVANOV, Deputy Editor-in-Chief of the electronic version of the journal «Nano-technologies in construction: a scientific Internet-journal», a full member of the International Engineering Academy, Cand. Sc. (engineering)

2-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

THE SECOND INTERNATIONAL SPECIALIZED EXHIBITION «NANOTECHNOLOGIES XXI – 2009»

С 21 по 24 апреля 2009 г. в Москве в ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР» в рамках X Юбилейного международного форума «Высокие технологии XXI века» прошла 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009». В условиях кризиса спрос экономики на высокотехнологичные конкурентоспособные российские технологии и, прежде всего, нанотехнологии, значительно возрос. Форум носил яркую антикризисную направленность, поскольку успешная технологическая модернизация возможна лишь с внедрением инноваций.

On the 21–24th April 2009 Moscow held The second International specialized exhibition «NANOTECHNOLOGIES XXI – 2009» in Expocentre within the limits of the 10th Anniversary international forum «High technologies of the 21st century».

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

Under the crisis conditions economic demand for russian advanced and competitive technologies and mainly for nanotechnologies has considerably increased. Forum was marked by the bright anticrisis tendency because successful technological modernization is possible only with the implementation of innovations.

Ключевые слова: нанотехнологии, строительство, конкурентоспособность, наносистемы, модернизация производства, форум, наноматериалы, выставка, наноструктурные покрытия, инновационный бизнес, нанокompозит, наноструктуры.

Key-words: nanotechnologies, construction, competitive ability, nanosystems, manufacture modernization, forum, nanomaterials, exhibition, nanostructure covering (nanostructure coating), innovative business, nanocomposite, nanostructures.

В подготовке и проведении форума активное участие приняли: Министерство промышленности и торговли РФ, Департамент науки и промышленной политики г. Москвы, Институт экономики и комплексных проблем связи (ОАО «ЭКОС»), ООО «ЭКСПО-ЭКОС», Российский фонд развития высоких технологий, Московская торгово-промышленная палата, Московская ассоциация предпринимателей.

В официальной церемонии открытия выставки участвовали: заместитель председателя Правительства РФ, председатель ВПК при Правительстве РФ Сергей Борисович Иванов, заместитель министра промышленности и торговли РФ Юрий Иванович Борисов, руководитель Департамента науки и промышленной политики Москвы, министр правительства Москвы Евгений Алексеевич Пантелеев, генеральный директор Государственной корпорации «Ростехнологии» Сергей Викторович Чемезов и другие.

Сергей Борисович Иванов отметил, что «Россия может и должна сохранить свои лидирующие позиции в мире в таких областях, как электроэнергетика, нанотехнологии, космические технологии, авиа- и судостроение. Российское правительство в последние годы уделяет все больше внимания вопросам диверсификации, созданию новых высокотехнологичных товаров, что позволит улучшить качество жизни, сделать нашу экономику более современной и более независимой... В условиях финансового кризиса роль научных технологий возрастает. У нас нет другого выхода, как развивать высокие технологии, производить высокотехнологичную продукцию». Евгений Алексеевич Пантелеев отметил, что выставка в который раз демонстрирует не отвлеченные достижения науки, а именно те высокотехнологичные разработки, кото-

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»



рые могут быть использованы в народном хозяйстве страны немедленно.

В этом году в Международном форуме и выставке на площади около 3000 кв. м приняли участие ведущие разработчики и компании-производители высокотехнологичной продукции из Республики Беларусь, Германии, США, Украины, Чешской

Республики, Японии и России. Отечественные предприятия представляли: Московскую, Калужскую, Рязанскую, Пензенскую, Свердловскую, Ростовскую, Саратовскую, Омскую, Владимирскую, Нижегородскую, Томскую, Брянскую, Ульяновскую, Вологодскую, Мурманскую, Воронежскую, Кировскую, Тамбовскую, Челябинскую, Курскую, Липецкую, Тверскую, Новосибирскую области, Пермский, Краснодарский, Красноярский, Приморский, Алтайский края, республики Татарстан и Удмуртия. Особую роль в формировании экспозиции играли ведущие отечественные предприятия ОПК, Российская академия наук, наукограды, технопарки, предприятия малого инновационного бизнеса, инновационно-технологические центры, торгово-промышленные палаты, ведущие вузы страны. Мировой экономический кризис отразился на отечественной промышленности, но несмотря на сложившуюся ситуацию, ведущие предприятия участвовали в форуме. Среди них ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ, ФГУП «Рособоронэкспорт», ООО «Сапфир», ФГУП «ПО «СЕВМАШ», ОАО «ЦНИТИ «Техномаш», ММПП «Салют» и многие другие. Всего в выставке приняли участие 460 предприятий.

Форум посетило около 8 тыс. человек, подавляющее большинство из которых составили специалисты. Посетители X Юбилейного форума представляли 200 городов России, а также 33 зарубежные страны, среди которых были гости из Австрии,



Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»



Бельгии, Великобритании, Германии, Ирака, Испании, Канады, Китая, Латвии, США, Швейцарии, Японии и др. Аудитория посетителей форума – это специалисты высокотехнологического сектора государственных предприятий и малого инновационного бизнеса, Российской академии наук, высших учебных заведений, представители федеральных и региональных административных органов, сту-

денты технических вузов, специалисты финансово-инвестиционного и банковского секторов, а также представители зарубежных компаний и фирм, дипломатические и торговые представители. Согласно опросу посетителей, основными целями посещения мероприятия стали поиск партнеров для совместной работы, сбор информации о высокотехнологичной продукции по интересующим тематическим разделам выставки и общий интерес к высоким технологиям.

Наибольший интерес у посетителей вызвала специализированная выставка «Нанотехнологии XXI – 2009» (44,06%).

Основная тематика экспозиции:

- наноматериалы и технологии их получения (нановолокна, нанотрубки и фуллерены, нанокристаллы и нанокластеры, нанодисперсии, пленки и покрытия, гетероструктуры, нанопористые структуры, объемные функциональные и конструкционные материалы – металлы и сплавы, керамика, цементы, органические и полимерные материалы, композиты и гибриды);
- наносистемы для авиационно-космических систем, систем безопасности, вооружения и военной техники, машиностроения, строительства, автомобилестроения, судостроения;
- наноэлектроника (молекулярная электроника, наноматериалы, наноэлектронные и нанооптические технологии и устройства – нанотранзисторы, наномоторы, наносенсоры, датчики, лазеры, диоды, фотоприёмники, осцилляторы, инфракрасная техника, СВЧ-техника, квантовые устройства, технологии литографии и др. для систем гене-

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

рации, хранения, передачи и обработки информации, элементов квантовых компьютеров, светотехники, дисплеев, акустических систем, средств связи);

- наномедицина и нанобиотехнология (генная инженерия, моделирование биологических наносистем, ДНК-наноструктур, новые формы лекарственных препаратов и технологии их адресной доставки, безопасные косметические средства и БАД, биосовместимые имплантанты, перевязочные материалы, наноустройства для диагностики, терапии и хирургии – нанороботы, наносенсоры, биочипы и др.);

- наноматериалы и наносистемы для традиционной, атомной, водородной, солнечной энергетики (нанокатализаторы, топливные элементы, аккумуляторы, преобразователи, солнечные элементы, наноструктурированные материалы для ядерной энергетики и др.);

- наноматериалы и наносистемы для экологии (синтез новых экологически чистых материалов, наносистемы и устройства – наносенсоры, нанодатчики, сорбенты, нанофильтры, мембраны и др. для мониторинга окружающей среды, очистки воды и воздуха, опреснения морской воды, утилизации и переработки отходов);

- методы, оборудование и приборы для формирования, исследования и диагностики наноструктур (нанометрология; моделирование; атомно-силовая и сканирующая туннельная микроскопия, электронная микроскопия высокого разрешения, фемтосекундные, спектральные, магнитные, рентгеновские методы с использованием синхротронного излучения и др.);

- безопасность нанотехнологий для человека и окружающей среды и др.

Большой интерес у специалистов вызвала следующая продукция.

Углеродный наноматериал «Таунит»

Углеродный наноматериал (УНМ) «Таунит» представляет собой одномерные наномасштабные нитевидные образования поликристаллического графита в виде сыпучего порошка черного цвета. Гранулы УНМ микрометрических размеров имеют структуру спутанных пучков многостенных трубок (MWNT).

Способ получения: газофазное химическое осаждение (каталитический пиролиз-CVD) углеводородов (C_xH_y) на катализаторах (Ni/Mg) при атмосферном давлении и температуре $580\div 650^\circ C$. Время процесса $10\div 80$ мин.

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

Общая характеристика УНМ «Таунит»

Характеристика	Значение
Наружный диаметр, нм	15÷40
Внутренний диаметр, нм	3÷8
Длина, мкм	2 и более
Общий объем примесей, %, в т.ч. аморфный углерод	до 1,5 0,3÷0,5
Насыпная плотность, г/см ³	0,4÷0,5
Удельная геометрическая поверхность, м ² /г	120 и более
Термостабильность, °С	до 700
Средний объем пор, см ³ /г	0,22
Средний размер пор, А	70

Области применения УНМ «Таунит»:

- модифицирующие добавки в бетон специального назначения;
- наполнители композитных конструкционных наноматериалов;
- электропроводящие полимерные композиты;
- клеевые композиты;
- сенсорные системы термоэлектрических и акустических сигналов;
- фильтры широкого спектра назначения;
- газораспределительные слои в топливных элементах;
- компоненты смазочных материалов;
- аккумуляторы водорода;
- углеродные электроды литиевых батарей;
- антистатические, экранирующие и поглощающие СВЧ и радиоизлучение оболочки и покрытия;
- электроды электрохимического катализа и др.



ООО «НаноТехЦентр»

Бактерицидные материалы для внутренней отделки помещений на основе шунгит-серебряного нанокompозита

Согласно распоряжению Правительства Москвы от 04.02.2002 №137-рп «О применении лакокрасочных бактерицидных покрытий при ремонтных работах в школах, интернатах, поликлиниках, больницах, гостиницах» и приказу комитета здравоохранения от 05.02.2002 №41 «О реализации распоряжения Правительства Москвы» от 06.12.2001 №454-рп и другим законным и подзаконным актам, внутренняя отделка учреждений здравоохранения и образования, а также некоторых других должна производиться с помощью бактерицидных материалов, в первую очередь лакокрасочных.

Бактерицидный шунгит-серебряный нанокompозит изготовлен по оригинальной методике. Композит пригоден для применения в качестве бактерицидной добавки к широкому спектру лакокрасочных материалов: лаков, красок, мебельных восков, восков для натирки полов. Также нанокompозит может применяться для придания бактерицидных свойств пластмассовым и полимерным плёнкам. Сравнение бактерицидной активности шунгит-серебряного нанокompозита и других содержащих и не содержащих серебро наночастиц показало значительное преимущество шунгит-серебряного нанокompозита.

Бактерицидные краски позволяют получить защитно-декоративные покрытия для металлических и неметаллических (бетонных, деревянных и т.д.) поверхностей, обладающие бактерицидным эффектом, для профилактической и вынужденной дезинфекции помещений. В качестве бактерицидного компонента для лакокрасочных материалов (ЛКМ) использованы наноразмерные частицы композита шунгита и серебра (ШСНБК). Устойчивый бактерицидный эффект нанокompозита в ЛКМ сохраняется в течение не менее двух лет.

В отличие от широко применяемых в лакокрасочной промышленности бактерицидных добавок, нанокompозит шунгита и серебра не опасен для человека и окружающей среды и обладает универсальной бактерицидной активностью, химически стабилен, не активен по отношению к физическим и химическим свойствам ЛКМ и не влияет на декоративные и технологические свойства ЛКМ. Лакокрасочные материалы с бактерицидными свойствами рекомендуется применять в местах массового скопления людей (общественные здания, учреждения

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

детские и социальной защиты), в помещениях с повышенным содержанием болезнетворных микробов.

ООО «Нано-лаб» (Россия, г. Москва)

Наноструктурные упрочняющие покрытия с заданными параметрами качества

Наноструктурные упрочняющие покрытия обладают повышенными эксплуатационными свойствами (высокая микротвердость до 3800 кг/мм², низкий коэффициент трения и т.д.) и наносятся на ответственные детали приборов и машин, а также на прецизионный режущий инструмент. Покрытия наносятся на ионно-плазменных установках, оснащенных, как минимум, двумя электродуговыми испарителями с сепарацией плазменного потока и импульсным питанием стола установки, на котором располагаются обрабатываемые изделия.

Нанесение наноструктурных износостойких покрытий на детали приборов и инструмент обеспечивает увеличение их срока службы от 2 до 10 раз по сравнению с аналогичными износостойкими покрытиями, полученные с использованием традиционных технологий.

Область применения: ответственные детали приборов, прецизионный мелкогабаритный инструмент (в частности сверла и фрезы и т.д.).

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Россия, г. Москва)

Новый метод управляемого микро- и наноструктурирования стекла

Метод локальной кристаллизации стекла под действием лазерного излучения позволяет в течение долей секунды зародить и вырастить микро- и нанокристаллы, в том числе нелинейно-оптические с фазовым синхронизмом (LiNbO₃, KNbO₃, LaBGeO₈, β-BaB₂O₄, KTiOPo₄ и др.), с близким к монодисперсному распределением по размеру в любом заранее выбранном участке в объеме стекла.

На примере ряда стеклообразующих систем показано, что под действием излучения лазера на парах меди, работающего в режиме высокоскоростной импульсной модуляции, в стеклах определенных составов наблюдается кристаллизация нелинейно-оптических фаз. Полученные на заданной глубине от поверхности стекла полосы шириной до ~300 мкм

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»



содержат протяженные области, состоящие из равномерно распределенных кристаллов практически одинакового размера, которые идентифицируются рентгенографически и методом генерации второй гармоники. Размер и количество кристаллов можно варьировать в широких пределах условиями лазерной обработки, что открывает пути

к созданию нового типа стеклокристаллических материалов, в которых локализация кристаллической фазы в объеме стекла программируется разработчиком.

В течение последних нескольких лет учеными Японии и США предложен ряд способов создания гибридных структур кристалл/стекло *на поверхности стекла*, основанных на локальном разогреве стекла лазером. Предложенный метод локальной кристаллизации стекла под действием излучения лазера на парах меди является перспективным способом интенсификации *объемного* гомогенного зародышеобразования и получения тонкой стеклокерамики, встроенной в стеклообразную матрицу в соответствии с замыслом разработчика, в частности, для создания регулярных решеток НЛО кристаллов в матрице стекла, одномерных и двумерных стеклокристаллических образований в объеме стекла и других искусственных микроструктур, перспективных для использования в интегральной оптике.

Размеры кристаллов *в пределах от ~50 нм до ~20 мкм* и их количество на единицу объема зависят от состава стекла, параметров, характеризующих пучок (мощность и длительность импульса излучения, профиль интенсивности выходного импульса и т.д.), времени воздействия лазерного излучения, температуры в печи.

Область применения и назначение: создание активных компонентов интегральной и нелинейной оптики методом локальной кристаллизации стекла лазерным излучением. Повышенные скорости гомогенного нуклеирования стекла обеспечивают возможность широкого промышленного применения предложенного метода.

*Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева (Россия, г. Москва)*

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

Платформа НАНОЭДЬЮКАТОР

НАНОЭДЬЮКАТОР – это научно-учебный комплекс для преподавания основ нанотехнологии в институтах и университетах. Комплексный подход к процессу обучения обеспечивается наличием следующих составляющих:

- базовый сканирующий зондовый микроскоп НАНОЭДЬЮКАТОР;
- учебное пособие по основам СЗМ спектроскопии и нанолитографии;
- подробное руководство пользователя;
- наличие виртуальной Демо-версии программы, проводящей пользователя последовательно через все этапы получения качественного СЗМ изображения;
- развитый контекстный Help;
- сборник ЧАВО (ЧАсто задаваемые ВОпросы);
- апробированный лабораторный практикум с набором учебных образцов для исследований.

Образовательный процесс с использованием НАНОЭДЬЮКАТОРА направлен на освоение основ работы в режимах Сканирующей Зондовой Микроскопии, приобретение навыков исследования нанообъектов и наноструктур, проведение зондовой нанолитографии и наноманипуляций. Измерительная система имеет специальную конструкцию, в которой учтена необходимость защиты от случайных поломок, встроенная цифровая видеокамера позволяет выбрать интересный участок на поверхности образца и контролировать состояние зонда и процесс его подвода к поверхности. Специальный зондовый датчик может быть восстановлен путем травления, что уменьшает эксплуатационные расходы и позволяет приобретать дополнительные практические навыки пользователю системы. Новое программное обеспечение учебно-научного комплекса совместимо с операционными системами MAC OS® и Windows XP®.

Установка учебно-научного комплекса NANOEDUCATOR фактически означает получение «под ключ» учебного класса по нанотехнологиям, в котором можно сразу же приступить к процессу обучения.

ЗАО «НТ-МДТ»

Сканирующий нанотвердомер НаноСкан™

Сканирующий нанотвердомер НаноСкан™ – это уникальный прибор для исследования механических свойств поверхности различных

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

материалов, в том числе тонких пленок (покрытий). С помощью Нано-Скан™ возможно проведение следующих исследований:

- микро- и наноиндентирование и склерометрия с последующим сканированием поверхности в области индентирования;
- получение изображения поверхности путем сканирования; измерение карт распределения механических свойств материалов на поверхности одновременно с получением изображения рельефа поверхности;
- измерение модуля упругости со сверхвысоким пространственным разрешением;
- измерение твердости материалов на субмикронном масштабе и изучение характера разрушения поверхности.

Основные преимущества:

- оригинальная конструкция и принцип работы зонда позволяют различать вязкую и упругую составляющую силы взаимодействия между иглой зонда и поверхностью. Эта особенность позволяет различать твердую поверхность под вязким адсорбированным слоем и проводить измерения на открытом воздухе без специальной подготовки образцов;
- прибор позволяет с высоким разрешением проводить одновременные измерения рельефа поверхности и карты механических свойств материала, таких как модуль упругости, коэффициент вязкости и твердость;
- использование одного и того же алмазного наконечника для модификации поверхности и получения изображения рельефа позволяет существенно снизить временные затраты при проведении измерений;
- управление прибором осуществляется с помощью персонального компьютера, как настольного, так и переносного. Простота и надежность конструкции прибора, а также легкость в настройке и управлении позволяют использовать его не только в исследовательских лабораториях, но и в технологических процессах в условиях производства.

*ФГУ «Технологический институт
сверхтвердых и новых углеродных
материалов»
(Россия, г. Троицк)*

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

Комплекс нанопродукции

Углеродные наноструктуры (фуллерены, нанотрубки, нановолокна) использованы для модификации свойств полимеров: полиметилметакрилата (ПММА), полибутилметакрилата (ПБМА), полистирола (ПС), полиуретана (ПУ), полиэтилена (ПЭ). Улучшенные характеристики: термическая и радиационная стойкость.



Технический углеродный материал с нанопорами (ТУМаН) образован слабо связанными между собой сферическими пористыми углеродными частицами диаметром от 1 до 8 мкм. Размер пор в частицах – около 10 нм.

Области применения:

- фильтрующие материалы,
- носители каталитического слоя,
- объемно-пористые электроды,
- экологически безопасные мембраны,
- насадки нейтрализаторов выхлопных газов.

Пористый наноструктурный никель (ПНН) получен по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) из промышленных материалов отечественного производства.

Области применения:

- фильтрующие материалы,
- носители каталитического слоя,
- объемно-пористые электроды,
- экологически безопасные мембраны,
- насадки нейтрализаторов выхлопных газов,
- токопроводящие клеевые композиции (в виде порошка).

Объемные наноструктурированные материалы с уникальными свойствами. Создание технологии получения, моделирование процесса измерения внутренней структуры металлов. Организация промышленного производства изделий и полуфабрикатов из наноструктурированного титанового сплава. Наноструктурированный чистый титан получил широкое применение для изготовления различных имплантантов.

Нижегородский региональный центр наноиндустрии

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

Нанопорошки и керамика на основе ZrO_2

К основным особенностям нанопорошков на основе ZrO_2 относятся:

- заданный размер наночастиц (например, 7, 10, 15, ..., 30 нм);
- мягкие агломераты, отсутствие агрегатов;
- узкое распределение по размерам;
- высокие значения удельной поверхности;
- заданный фазовый и химический состав;
- низкое содержание примесей (не более 0,5%).

Свойства керамики на основе нанопорошков $ZrO_2 + 3 \text{ мол.} \% Y_2O_3$

Характеристика	Значение
Прочность при изгибе, МПа	> 850
Трещиностойкость, МПа · м ^{-1/2}	8–11
Модуль Юнга, ГПа	209
Содержание тетрагональной фазы, %	100
Плотность, г/см ³	6.03–6.05
Общая пористость, %	0
Открытая пористость, %	0
Твердость, ГПа	10–12

Основными преимуществами керамики на основе нанопорошков являются:

- стабильность характеристик;
- низкая температура спекания;
- возможность получения точного размера неспеченных заготовок и пленок;
- повышенная износостойкость керамических деталей (в 20–50 раз) по сравнению с металлическими аналогами (по результатам промышленных испытаний);
- высокая устойчивость к деградации в гидротермальных условиях.

*Донецкий физико-технический институт
им. А.А. Галкина НАН Украины
(Украина, г. Донецк)*

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

Лазерный измеритель наноперемещений

Лазерный измеритель наноперемещений предназначен для измерения линейных перемещений в реальном масштабе времени, в том числе, калибровки систем сканирования и позиционирования, применяемых в микро- и нанoeлектронике, точном машиностроении, микромеханике, робототехнике, растровой электронной и зондовой микроскопии.

Основные технические характеристики

Характеристика	Значение
Диапазон измерений линейных перемещений	1 нм ÷ 10 мм
Дискретность отсчета	0,1 нм
Абсолютная погрешность измерений (в зависимости от диапазона)	0,5 ÷ 3 нм
Максимальное значение измеряемой скорости перемещения объекта	3 мм/с
Габаритные размеры	450x270x180 мм
Масса	10 кг

*Научно-исследовательский центр
по изучению свойств поверхности и вакуума
(Россия, г. Москва)*

В рамках форума прошли конкурсные мероприятия, направленные на выявление наиболее перспективных в научном и техническом отношении инновационных проектов участников форума, определение их коммерческой привлекательности. По итогам конкурса Оргкомитета форума «**Инновационные технологии для реального сектора экономики и социальной сферы**», конкурса инновационных проектов Департамента науки и промышленной политики города Москвы и Межрегиональной общественной организации «Московская Ассоциация предпринимателей» – «**Лидер в области высоких технологий**» и конкурса региональной общественной организации «Вольное экономическое общество Москвы» «**Лучшее предприятие XXI века**» разработчики передовых технологий были отмечены и награждены медалями и почетными знаками форума – золотыми, серебряными и бронзовыми статуэтками «Святой Георгий». Все участники форума были награждены памятным дипломами Оргкомитета форума.

Л.А. ИВАНОВ 2-я Международная специализированная выставка «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009»

Более подробную информацию о X Международном форуме «Высокие технологии XXI века» и условиях участия в XI Международном форуме «Высокие технологии XXI века» можно узнать у организаторов на сайте www.vt21.ru.

Редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» приглашает участников 2-й Международной специализированной выставки «НАНОТЕХНОЛОГИИ XXI – 2009» и всех специалистов к публикации информации о своих достижениях.

**Контактная информация для переписки:
e-mail: info@nanobuild.ru**

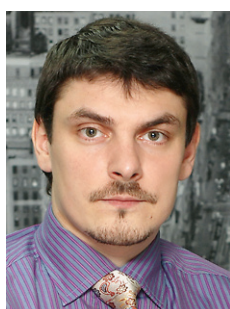
Евгений КОЛЕСОВ О применении нанотехнологий в производстве строительных материалов в Китае



ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

FOREIGN EXPERIENCE

УДК 691



Евгений КОЛЕСОВ, генеральный директор компании «Optim Consult»
(г. Гуанчжоу, Китайская народная республика)

Evgeny KOLESOV, the director general of the company «Optim Consult»
(Guangzhou, The People's Republic of China)

О ПРИМЕНЕНИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КИТАЕ

ON APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF THE CONSTRUCTIONAL MATERIALS IN CHINA

Рассматриваются основные достижения, связанные с разработкой и применением нанотехнологий в производстве китайских строительных материалов, создаваемых при заинтересованности, участии и поддержке государства.

The article aims to present general achievements in development and application of nanotechnologies in the production of the chinese constructional materials being created under the interest, participation and support of the state government.

Ключевые слова: Китайская народная республика, nanoотрасль, строительные материалы, нанотехнологии, технологические инновации, наноматериалы, индустриальная структура, наночастицы, нанопокрывтие, нанометодика.

Key-words: The People's Republic of China, nanoindustry, constructional materials, nanotechnologies, innovation technique, nanomaterials, industrial structure, nanoparticles, nanocovering (nanocoating), nanotechnique.

Наноматериалы и нанотехнологии считаются самыми перспективными и многообещающими ноу-хау XXI века. Ученые всего мира, в том числе в России и Китае, единогласно признали, что этой области фундаментальной и прикладной науки и техники принадлежит ключевая роль в мировом экономическом и социальном развитии. Особенно значимые результаты использования нанотехнологий можно отметить в области производства строительных материалов. Работы в этой области начались относительно недавно, но уже сегодня можно говорить о том, что технологии не только способствуют появлению новых продуктов, но и повышают эффективность использования уже существующих материалов и, соответственно, улучшают качество жизни миллионов людей. По сути, внедрение нанотехнологий в производство строительных материалов открывает новую страницу, новый этап нанотехнологического развития строительной отрасли.

Наноматериалы, обладающие уникальными оптическими, электрическими, тепловыми и магнитными свойствами, несут в себе революционную составляющую во многих отраслях производства строительных материалов. С помощью наночастиц можно изменять цвет покрытия, их функции самоочищения позволяют создавать специальный антибактериальный слой, проводимость – формировать специальное проводящее покрытие, ультрафиолетовая защита – повышать антистареющие свойства и устранять возможность появления желтизны (что, допустим, очень ценно для металлопластиковых окон и дверей), высокая способность к устойчивости – укреплять силу сопротивления материалов на поверхности пластиковых труб. Все эти примеры говорят о том, что применение нанотехнологий в области производства строительных материалов может существенно оживить существующий рынок и принести большую экономическую выгоду.

В последние годы Китай уделяет большое внимание разработке нанотехнологий, как одному из приоритетных направлений развития науки страны. Более того, КНР сегодня подошла к той стадии, когда от научного исследования и развития nanoотрасли начинается переход к массовому внедрению и применению ее продуктов. По прогнозу Китайской ассоциации нанотехнологий, к 2012 г. стоимость производимых в Китае продуктов с использованием нанометодик достигнет \$2,2 млрд, к 2014 г. – стране будет принадлежать 15% мирового рынка в этой области.

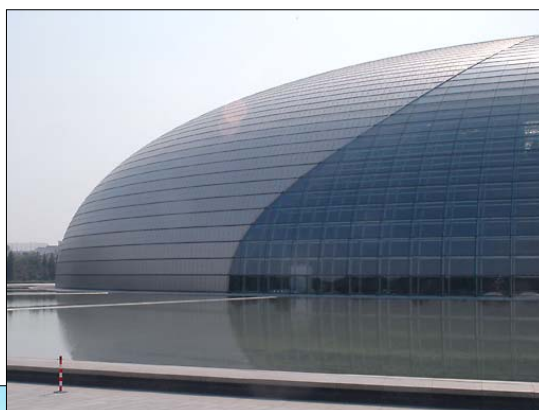
Евгений КОЛЕСОВ О применении нанотехнологий в производстве строительных материалов в Китае

Изобретаемые и используемые в КНР новые технологии с большим успехом презентуются на китайских и международных выставках. Особенно популярны для демонстрации достижений китайских ученых в сфере технологических инноваций стали Торгово-промышленная выставка инвестиционных торговых технологий в г. Сиань, а также ряд мероприятий в Шанхае на темы IT-проектов, информационных технологий, энергосбережения, защиты окружающей среды и т.д.

Говоря об успешном применении нанотехнологий в производстве китайских строительных материалов, создаваемых при заинтересованности, участии и поддержке правительства, можно выделить следующие достижения:

1. Создание антибактериальных керамических продуктов на основе использования антибактериальной функции наночастиц с применением инфракрасного излучения. Проведенные китайскими учеными исследования доказали, что выпускаемые таким способом керамические продукты способствуют улучшению кровообращения, повышению иммунитета и даже останавливают преждевременное старение, что переводит изобретение в категорию «очевидное – невероятное» и обещает широкое научное и общественное признание в ближайшем будущем.

Сегодня неорганические неметаллические материалы являются одними из популярнейших в строительстве. Однако применение изделий из этих материалов из-за высокой теплопроводности, хрупкости и низкой пористости, зачастую оказывается ограничено. Вышеописанное изобретение, принадлежащее Шанхайскому институту керамики, расширяет сферы при-



Евгений КОЛЕСОВ О применении нанотехнологий в производстве строительных материалов в Китае

менения керамических изделий, существенно повышая эффективность их использования.

2. Создание специального покрытия для стройматериалов с помощью нанотехнологий, способного противостоять загрязняющему воздействию водных и нефтяных капель. В итоге достигается так называемый «эффект лотоса», когда капли скатываются с поверхности листа в силу его особого строения, как шарики ртути, смывая одновременно всю грязь, никогда не оставляя следов и сохраняя его всегда чистым и сухим.

Самая масштабная область применения открытия – Большой национальный театр в Пекине, на постройку прозрачного полушария которого было потрачено порядка \$ 588,24 млн. Покрытие стеклянной площади размером 6000 кв.м, вызывающей удивление у непросвещенных посетителей («Чего же стоит отмыть этот купол от уличной грязи?»), изготовлено с использованием нанотехнологий. И хотя первоначально в проекте строительства такая возможность не рассматривалась, создателям пришлось обратиться за помощью к специалистам Пекинского промышленного парка Чжунгуаньцунь (известного как Китайская силиконовая долина), где и была предложена и вскоре с успехом внедрена технология применения наночастиц в покрытии для стеклянного материала с использованием «эффекта лотоса».

3. Способность специального нанопокрывтия накапливать солнечную энергию в течение дня и после отключения электропитания в течение длительного времени излучать свет. Это открытие может с успехом применяться в обычных квартирах. Причем в качестве «солнечных батарей» могут использоваться окна помещения. Одно из главных преимуществ технологии – более низкая цена по сравнению с дорогостоящими «обычными солнечными батареями».

4. Использование нанопористого покрытия для стен, позволяющего сохранять тепло в помещении зимой и кондиционерную прохладу летом. Устройство представляет собой полупрозрачную пленку, обладающую высокими изоляционными свойствами и способную обеспечить так называемый «эффект термоса». По замыслу создателей, изобретение предполагается использовать в основном в крупномасштабном строительстве. Так, например, подобным материалом покрыты стены Шанхайского музея науки и технологии площадью почти 3000 кв. м. Планируется также использовать эти методики в выставочном зале Немецкого национального павильона. Специалисты считают, что уже в

Евгений КОЛЕСОВ О применении нанотехнологий в производстве строительных материалов в Китае

самом ближайшем будущем наноизоляционные покрытия «придут» в жилые районы, обеспечивая дополнительную экономию энергии и защиту окружающей среды.

Кроме того, нанотехнологии уже широко использовались в строительстве объектов для Олимпийских игр в Пекине. Например, в покрытии на беговой дорожке, которая использовалась для проведения соревнования по легкой атлетике. В пекинском дворце спорта Capital Gymnasium наночастицы были использованы для покрытия потолков, что обеспечило звукоизолирующую функцию помещений, а также способность более сильного противостояния деформации. Использование наноматериалов в покрытии стен защищает их от грязи и воды. Нанопластиковые двери, окна и трубы становятся более износостойкими и устойчивыми к коррозии. Нанометодики на сегодняшний день уже нашли широкое применение в спортивном оборудовании и инвентаре: в производстве лыжных палок, трамплинов для прыжков, теннисных ракеток и т.п. Допустим, непосвященному человеку сложно представить, насколько трудно спортсмену стоять на пятиметровом трамплине шириной всего полметра. Именно нанотехнологии позволяют сделать поверхность данного спортивного снаряда нескользким и дают возможность прыгнув в воду сосредоточиться, сконцентрироваться более внимательно. В ракетках для бадминтона и теннисных ракетках такие характеристики, как легкость и прочность, достигаются за счет увеличения плотности углеродных материалов. В общем можно говорить о том, что нанотехнологии открывают большие возможности для спортсменов, стимулируя их к достижению поставленных целей и новым рекордам.

Сегодня нанотехнологии также широко используются в оптике, медицине, информационных и коммуникационных технологиях. По статистике Китайской сети научно-технологической информации, в 2008 г. товарооборот с использованием этих передовых методик достиг в КНР \$50 млрд. Специалисты в один голос заявляют о том, что нанотехнологии полностью меняют существующую индустриальную структуру, открывая огромные возможности для бизнеса.

Нельзя не упомянуть о роли китайского правительства и местных органов власти, всесторонне стимулирующих развитие нанотехнологий в стране. Так, были введены специальные проекты под названием «Национальная программа исследований», «План 863», «План 973» и т.д., где Китай активно вовлекает в поддержку и углубление исследований

Евгений КОЛЕСОВ О применении нанотехнологий в производстве строительных материалов в Китае

нанотехнологий национальные силы и фонды. В основном работа ведется в Научно-исследовательском центре нанотехнологий и новейших материалов, расположенном в Пекине.

Почти 80% проводимых в Китае исследований в области нанотехнологий касаются металлов и неорганической химии. Кроме того, большое внимание также уделяется полимерам и синтетическим материалам. В таких же областях, как электроника и биомедицина применение нанотехнологий, в силу их недостаточной изученности, пока ограничено.

Согласно ряду отчетов исследовательских компаний, в ближайшие 5 лет спрос на строительные материалы, изготовленные с применением нанотехнологий, увеличится на 44%. Это будет достигнуто, главным образом, за счет самоочищающегося покрытия. Ученые доказали, что применение новых методик в производстве таких веществ, как бетон, краска, стекло, клеи и т.д., позволит выпускать более эффективные строительные материалы. Наибольшим спросом в строительной отрасли в ближайшем будущем будут пользоваться такие материалы, производимые с использованием нанотехнологий, как фасадные водонепроницаемые краски. Причем уже к 2011 г. на рынке красок им будет принадлежать доля в 30%.

Сегодня все большее количество предприятий делает ставку на применение нанотехнологий и получение от этого немалой выгоды, привлекая и финансируя для исследований частные научно-исследовательские институты. Хотя работа в этом направлении только началась, но уже видны перспективы. Это касается не только сферы изобретения новых многофункциональных продуктов, но и области улучшения качества жизни людей.

Пользуясь возможностью, хочу поздравить строителей России с профессиональным праздником и передать тёплый привет от китайских коллег, некоторые из которых учились у советских строителей. Как говорится в китайской пословице, «Доброму человеку и небо помогает». Успехов вам, строители, крепкого здоровья, новых проектов, свершений, удач!

**Контактная информация для переписки:
e-mail: media@optim-consult.com**



ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

THE PATENT REVIEW

УДК 69

В.П. КУЗЬМИНА, кандидат технических наук, директор ООО «Колорит-Механохимия», Россия

V.P. KUZMINA, Cand. Sc. (engineering), Director of Open Company «Colorit-Mehanohimia»
Russian Federation

НАНОБЕТОНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

NANOCONCRETES IN CONSTRUCTION

Дан анализ патентной информации по нанотехнологиям. Изобретения могут применяться в промышленности, в гражданском и промышленном строительстве, а также при возведении сооружений специального назначения.

The analysis of the patent information on nanotechnologies is given. Inventions are industrially applied and can be used in civil and industrial construction, and also at erection of constructions of special purpose.

Ключевые слова: патент, изобретение, нанобетон, нанотехнология, нанодобавка, наноприемь, нанообъекты, наночастица, наномасштаб, наноструктурированные материалы, строительные композиционные материалы.

Key-words: the patent, the invention, nanoconcrete, nanotechnology, nano-additive, nanoimpurities, nanoobjects, nanoparticles, nanoscale, nanostructured materials, building composite materials.

Строительный комплекс Российской Федерации будет применять в ближайшее десятилетие бетонные и железобетонные конструкции и изделия повышенной прочности и долговечности с более широким использованием в их производстве вторичного сырья и отходов других отраслей промышленности.

Известно, что потенциальные возможности портландцемента и его разновидностей, оцениваемые по прочности цементного камня при сжатии в пределах 150–200 МПа, на практике реализуются не более чем на 50%.

В настоящее время вопрос использования добавок в вещественный состав цемента возник с новой остротой. Предлагаются новые подходы к решению задачи повышения эффективности вяжущих путем использования комплексных функциональных добавок в сочетании с нанобъектами, что позволяет получать высокопрочные бетоны с высокими строительно-техническими свойствами для жёстких условий эксплуатации.

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ БЕТОН

Патент №2256629

Изобретение относится к строительным материалам и может быть использовано для изготовления изделий из бетона как в гражданском, так и в промышленном строительстве. Техническим результатом является создание высокопрочного бетона с повышенной прочностью при сжатии и повышенной водонепроницаемостью.

Высокопрочный бетон включает портландцемент, песок, щебень, кремнеземсодержащий компонент, добавку и воду. В качестве кремнеземсодержащего компонента используется золь H_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$, рН = 5–6 и в качестве добавки – «ДЭЯ-М» при следующем соотношении компонентов, мас. %:

портландцемент	44,4–48,0
песок	20,0–22,2
щебень	20,0–22,2
кремнеземсодержащий компонент	0,43–0,48
добавка «ДЭЯ-М»	0,43–0,48
вода	10,34–11,04

Известна сырьевая смесь для изготовления высокопрочного бетона, содержащая цемент, заполнитель, щебень, воду, добавку [1]. Однако на основе данной сырьевой смеси бетон имеет недостаточные прочность при сжатии и водонепроницаемость.

Известна сырьевая смесь для изготовления высокопрочного бетона [2], содержащая цемент, заполнитель, воду, добавку «Поззолит 100» и золу-унос. Данное техническое решение не удовлетворяет из-за недостаточной прочности при сжатии в проектном возрасте и пониженной водонепроницаемости.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является высокопрочный бетон [3], содержащий портландцемент, кремнеземсодержащий компонент, песок, щебень, силикатную муку, добавку и воду при следующем соотношении компонентов, мас. %:

портландцемент	3,5–4,5
кремнеземсодержащий компонент, представленный микрокремнеземом	3,5–4,5
силикатная мука	7,5–8,5
песок	35,9–37,9
щебень	41,9–43,9
добавка-суперпластификатор	0,3–0,5
вода	3,5–4,3

Данное техническое решение не удовлетворяет из-за недостаточной прочности при сжатии и водонепроницаемости.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является создание высокопрочного бетона с повышенной прочностью при сжатии и повышенной водонепроницаемостью.

Поставленная задача достигается тем, что высокопрочный бетон содержит портландцемент, песок, щебень, кремнеземсодержащий компонент, добавку и воду. По сравнению с прототипом, новым является то, что в качестве кремнеземсодержащего компонента бетон содержит золь H_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$, $pH = 5-6$ и добавку «ДЭЯ-М».

Механизм действия добавки в присутствии кремнеземсодержащего компонента, представленного золем H_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$, $pH = 5-6$, основан на усилении смещения кислотно-основного равновесия в твердеющей системе, которое приводит к увеличению гидратационных процессов в системе.

Процесс сопровождается, как правило, гидролизом* силиката кальция, что, безусловно, приводит к повышению прочности при сжатии камня, повышению его плотности и водонепроницаемости.

Новым в данном техническом решении является сочетание известных компонентов, используемых в бетонах, и их новое количественное соотношение, что позволяет получить указанный выше технический результат.

Готовят сырьевую смесь из дистиллированной воды и жидкого стекла Na_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,46 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} = 11$, обеспечивают соотношение $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{H}_2\text{O} = 1:20$. Отдозированные материалы помещают в стеклянную емкость и перемешивают до получения гомогенного раствора плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} = 10$. Раствор Na_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} = 10$ пропускают через катионитовую колонку и получают на выходе золь H_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} = 5-6$, который является кремнеземсодержащим компонентом.

Отдозированные кремнеземсодержащий компонент и добавку «ДЭЯ-М» (ТУ 5743-003-46969976-2000), которая состоит из фильтрата дрожжевого производства, содержащего сухих веществ, мас. % 4,5–5,0, $\text{pH} = 5$, окалина металлургического производства, содержащей Fe_3O_4 , в количестве, большем или равном 70 мас. %, с тонкостью помола, определяемой по остатку на сите №008 – 15%, NaF и NaOH помещают в отдозированную воду при следующем соотношении компонентов, мас. %:

окалина указанная	5,0–6,0
NaF	0,75–1,0
NaOH	0,25–0,5

Отдозированные компоненты: портландцемент М400, песок $M_{кр.} = 2,1$, щебень фр.5 – 10 мм и воду, содержащую отдозированные кремнеземсодержащий компонент и добавку «ДЭЯ-М», помещают в бетоносмеситель, где осуществляется перемешивание компонентов и приготовление бетонной смеси, из которой изготавливают требуемые бетонные изделия и образцы для контроля качества по ГОСТ 10180.

Твердение бетона осуществляется в нормальных условиях.

Анализ экспериментальных данных показывает, что предлагаемый высокопрочный нанобетон, по сравнению с прототипом, повышает прочность при сжатии на 42%, а водонепроницаемость – на две ступени.

*Примечание автора. Гидролиз – реакция ионного обмена между веществами и водой.
Гидратация – физико-химический процесс взаимодействия растворённых веществ с водой.

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ БЕТОН

Патент №2256630

Известна сырьевая смесь для изготовления высокопрочного бетона, содержащая цемент, заполнитель, щебень, воду и добавку [4]. Бетон на основе данной сырьевой смеси имеет недостаточную прочность при сжатии и характеризуется повышенным водопоглощением.

Известна сырьевая смесь для изготовления высокопрочного бетона, содержащая цемент, заполнитель, воду, химическую добавку «Поззолит 100» и золу-унос [2]. Недостатком данного технического решения является недостаточные прочность при сжатии и морозостойкость.

Задачей явилось создание высокопрочного бетона с повышенной прочностью при сжатии в проектном возрасте, пониженным водопоглощением и повышенной морозостойкостью за счёт введения кремнеземсодержащего компонента, представленного золей H_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$, $pH = 5-6$, с добавкой калия железистосинеродистого $K_4Fe(CN)_6$, при следующем соотношении, мас. %:

портландцемент	43,58–47,08
песок	14,43–15,69
щебень	25,7–27,84
кремнеземсодержащий компонент, представленный золей H_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$, $pH = 5-6$	0,25–0,27
добавка – калий железистосинеродистый $K_4Fe(CN)_6$	0,44–0,47
вода	12,1–12,15

Кремнеземсодержащий компонент, представленный золей H_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$ и $pH = 5-6$, уплотняет структуру бетона. Добавка – калий железистосинеродистый $K_4Fe(CN)_6$ в сочетании с золей H_2SiO_3 является нанообъектом. Она пластифицирует бетонную смесь и увеличивает гидратационную активность цемента с образованием низкоосновного гидросиликата $CSH(I)$ волокнистой структуры и небольшого количества тоберморита $C_5S_6H_5$, совместное присутствие которых дополнительно уплотняет структуру бетона.

В результате повышается прочность при сжатии бетона на 31% и долговечность бетона по параметру морозостойкости на 35% при понижении водопоглощения на 20%.

Готовят сырьевую смесь следующим образом: из дистиллированной воды и жидкого стекла Na_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,46 \text{ г/см}^3$, $pH = 11$, готовят раствор с соотношением $Na_2SiO_3:H_2O = 1:20$. Отдозированные мате-

риалы помещают в стеклянную ёмкость и перемешивают до получения гомогенного раствора плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} = 10$.

Полученный раствор пропускают через катионитовую колонку и получают на выходе золь H_2SiO_3 плотностью $\rho = 1,014 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} = 5-6$, который представляет собой кремнеземсодержащий компонент.

Отдозированные кремнеземсодержащий компонент и добавку калия железистосинеродистого помещают в одозированную воду.

Отдозированные компоненты сырьевой смеси: портландцемент М400, песок с $M_{кр.} = 2,1$, щебень фр. 5–10 мм и воду, содержащую одозированные кремнеземсодержащий компонент и добавку – калий железистосинеродистый $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, помещают в бетоносмеситель, где осуществляется перемешивание компонентов и приготовление бетонной смеси, из которой изготавливают требуемые бетонные изделия и образцы для контроля качества по ГОСТ 10180.

Твердение бетона осуществляется в нормальных условиях.

По сравнению с прототипом, предлагаемый высокопрочный нанобетон обладает повышенной прочностью при сжатии в проектном возрасте, пониженным водопоглощением и повышенной морозостойкостью за счёт введения нанобъекта.

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ БЕТОН

Патент №2331602

Техническим результатом данного изобретения является повышение прочности при сжатии в проектном возрасте и понижение ползучести.

Высокопрочный бетон содержит портландцемент, песок, щебень, воду и комплексную добавку состава, мас. % :

золь гидроксида железа (III) $\text{Fe}(\text{OH})_3$	
плотностью $\rho = 1,021 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} = 4,5$	84,85–85,20
гексоцианоферрат (II) калия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	0,80–0,85
суперпластификатор С-3	14,00–14,30
при следующем соотношении компонентов бетона, мас. % :	
портландцемент	20,60–27,40
песок	21,80–24,70
щебень	43,10–44,90
указанная добавка	0,60–0,80
вода	7,10–9,00

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является высокопрочный бетон (RU №2256630, 20.07.2005 г.).

Задачей данного изобретения является создание высокопрочного бетона с повышенной прочностью при сжатии и пониженной ползучестью. Поставленная задача достигается тем, что высокопрочный бетон содержит портландцемент, песок, щебень, добавку и воду. Новым, по сравнению с высокопрочным бетоном, выбранным за прототип, является комплексная добавка, состоящая из золя гидроксида железа (III) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ плотностью $\rho = 1,021 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} = 4,5$, гексоцианоферрата (II) калия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и суперпластификатора С-3 при вышеуказанном соотношении компонентов. мас. % .

Использование комплексной зольсодержащей нанодобавки обеспечивает повышение прочности бетона и уплотнение структуры искусственного камня, так как предлагаемая добавка обладает повышенным пластифицирующим и активирующим эффектом действия, обеспечивая снижение водопотребности сырьевой смеси и повышение гидратационной активности, содержащей цемент твердеющей системы. Усиление гидратационной активности подтверждается проведенными колориметрическими исследованиями. В результате испытаний установлено, что суммарное тепловыделение активированной, содержащей цемент твердеющей системы, на 28% выше контрольной бездобавочной и составляет 135 Дж/г против 105 Дж/г. Об увеличении гидратационной активности свидетельствуют данные дифференциально-термических исследований. Количество химически связанной воды, обусловленное наличием гидратных соединений, на 40% выше у активированного образца, и составляет 3,5% против 2,5% у контрольного образца.

Нанодисперсии, входящие в состав золя, также способствуют уплотнению искусственного камня за счет блокирования пор сопоставимого размера. Нанодисперсии обладают повышенной поверхностной энергией и, соответственно, обладают большей подвижностью, в результате этого они вовлекают большее количество частиц цемента в гидратационные процессы и препятствуют возможному образованию перенапряжений в твердеющей системе, а также равномерно распределяются во всем объеме системы, диспергируя частицы цемента.

Общая пористость активированного искусственного камня, по данным микроскопических исследований, уменьшается на 42% и составляет 17,04% .

Заявляемая совокупность существенных признаков проявляет новое свойство в присутствии комплексной добавки, представленной золем гидроксида железа (III) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ плотностью $\rho = 1,021 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} = 4,5$,

гексоцианоферратом (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$ и суперпластификатором С-3, а именно: уменьшает водопотребность сырьевой смеси на 23%, повышает прочность при сжатии в проектном возрасте на 61% до значения 51,70 МПа, понижает относительную деформацию ползучести на 30% до значения $\epsilon(180\text{сут.}) = 175 \cdot 10^{-5}$ по сравнению с контрольным бездобавочным составом.

Готовят комплексную добавку, представленную золей гидрооксида железа (III) $Fe(OH)_3$ плотностью $\rho = 1,021 \text{ г/см}^3$, $pH = 4,5$, гексоцианоферратом (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$ и суперпластификатором С-3, следующим образом.

К 100 см³ кипящей воды прибавляют 3–4 капли насыщенного раствора хлорида железа $FeCl_3$. При этом энергично протекает гидролиз хлорида железа, и появляющиеся молекулы гидрооксида железа (III) $Fe(OH)_3$ конденсируются в коллоидные частицы. Образующийся золь гидрооксида железа (III) $Fe(OH)_3$ имеет вишнево-коричневый цвет. Затем золь модифицируют добавлением гексоцианоферрата (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$ и суперпластификатора С-3 в количестве 0,15% от массы золя.

Отдозированную комплексную добавку, представленную золей гидрооксида железа (III) $Fe(OH)_3$ плотностью $\rho = 1,021 \text{ г/см}^3$, $pH = 4,5$, гексоцианоферратом (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$ и суперпластификатором С-3, помещают в отдозированную воду. Отдозированные компоненты сырьевой смеси: портландцемент М400, песок $M_{кр.} = 2,1$, щебень фр. 5–10 мм и воду, содержащую отдозированную комплексную добавку, помещают в бетоносмеситель, где осуществляется перемешивание компонентов и приготовление бетонной смеси, из которой изготавливают требуемые бетонные изделия и образцы для контроля качества по параметрам прочности при сжатии и ползучести.

Твердение бетона осуществлялось в нормальных условиях согласно ГОСТ 10180-90 «Методы определения прочности по контрольным образцам» и ГОСТ 24544-81* «Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести».

Анализ экспериментальных данных показывает, что водопотребность сырьевой смеси понижается на 23%.

Предлагаемый высокопрочный бетон характеризуется повышенной на 61% (до значения 51,70 МПа) прочностью при сжатии в проектном возрасте, а также пониженной относительной деформацией ползучести на 30% (до значения $\epsilon_{180\text{сут.}} = 175 \cdot 10^{-5}$), по сравнению с контрольным бездобавочным составом.

Результаты воздействия нанодобавки на уплотнение структуры нанобетонов проявлены в свойствах полученных материалов.

Следует заметить, что при использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве могут возникнуть следующие проблемы.

Строительные нормы и правила Российской Федерации, такие как Федеральные (типовые) элементные нормы расхода цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкции СНиП 82-02-95 предусматривают применение бетонов класса В60, марки 800 и не выше. А при использовании нанодобавок может быть получен бетон класса В80, марки 1000 и выше.

Применение новых технологий сдерживается очень длительными традиционными натурными испытаниями эксплуатационных свойств изделий нового поколения в лабораториях научно-исследовательских институтов, которые не готовы выполнять работы на современном уровне и практически перекрыли доступ новым технологиям в строительство.

Применение новых бетонов в промышленном и гражданском строительстве влечёт за собой изменение всех технологических приёмов и способов производства в смежных отраслях.

Несмотря на то, что нанотехнологии имеют огромный потенциал применения в строительстве и, как говорят эксперты, кардинально могут изменить общество XXI века, ученые должны дать исчерпывающую оценку всем достижениям в этой области и определить, какое влияние они окажут на экосистему и, прежде всего, на здоровье человека.

Библиографический список:

1. Десов А.Е., Москвин В.М., Скрамтаев Б.Г. Высокопрочные бетоны для предварительно напряженных конструкций. – М.: Стройиздат, 1965. С. 30.
2. Морено Х. Применение высокопрочных бетонов в строительстве высотных зданий // Бетон и железобетон. 1988, №11. С. 29–31.
3. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: АСВ, 2002. С. 377.
4. Ахвердов Н.И. Высокопрочный бетон. – М.: Госстройиздат, 1961. С. 155.

Сердечно поздравляю всех специалистов, работающих в строительной отрасли, с Днём строителя! Желаю крепкого здоровья, душевного спокойствия и творческих успехов в вашей созидательной деятельности, столь необходимой людям!

Редакция приглашает специалистов к публикации материалов в рубрике «Патентный обзор».

Уважаемые коллеги!

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

Кузьмина В.П. Нанобетоны в строительстве // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009, Том 1, № 2. С. 71–80. URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf (дата обращения: __ __ __ __).

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Kuzmina V.P. Nanoconcretes in construction. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2009, Vol. 1, no. 2, pp. 71–80. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2009.pdf (Accessed __ __ __ __). (In Russian).

Контактная информация для переписки:

e-mail: kuzminavp@yandex.ru

О НАРАЩИВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА И ЕГО ЗАЩИТЕ ПУТЕМ ПАТЕНТОВАНИЯ

За последние годы в мировой экономике произошли коренные изменения. Сегодня успешная стабильно развивающаяся экономика – это экономика знаний, базирующаяся на интеллектуальной собственности. Фирмы, работающие в этой области, стабильно получают наибольшую прибыль и мало подвержены кризисным влияниям.

По имеющейся информации стоимость интеллектуальной собственности таких фирм сегодня доходит до 80% от их общей стоимости, а иногда и превышает её. Заинтересованные структуры постоянно увеличивают объём капиталовложений в их развитие и наращивание интеллектуальной собственности. Примером тому служат нанотехнологии.

В связи с этими тенденциями всё большее значение и ценность приобретает интеллектуальная собственность и актуальными становятся проблемы её наращивания и защиты путём патентования.

ООО «Центр Новых Технологий «НаноСтроительство» работает в аспекте современных тенденций развития мировой экономики и предлагает Вам квалифицированную всестороннюю помощь в решении следующих проблем.

Постановка и проведение перспективных исследований:

- ✓ выбор направлений и разработка методик проведения работ;
- ✓ обработка и публикация (с целью рекламы) результатов исследований, не вскрывающая ноу-хау;
- ✓ патентование изобретений;
- ✓ специальная разработка изобретений (в случае необходимости).

Подготовка заявок и патентование разработок:

- ✓ выявление в разработках патентоспособных элементов и, в случае их отсутствия, дополнение таковыми;
- ✓ ориентация работ на создание патентоспособной продукции;
- ✓ подготовка заявочных материалов для подачи в патентное ведомство;
- ✓ мониторинг и ведение переписки;
- ✓ защита заявляемых положений;
- ✓ составление формулы изобретения;
- ✓ работы, связанные с процессом подачи заявки и получения патента на изобретение.

Техническое сопровождение процесса оценки стоимости Вашей интеллектуальной собственности.

**Широкий спектр работ по согласованию в части создания
и защиты Вашей интеллектуальной собственности.**

Контактная информация для переписки: e-mail: info@nanobuild.ru



В МИРЕ КНИГ

IN THE WORLD OF THE BOOKS

Научно-техническая литература. Наноматериалы и нанотехнологии

Основными направлениями деятельности ООО «Техинформ» являются:

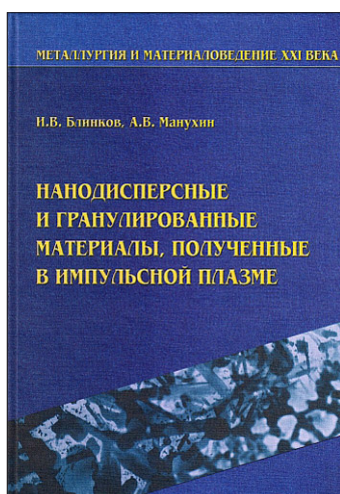
- распространение технической и учебной печатной продукции, как новинок, так и изданий, вышедших после 1940 года;
- организационная поддержка проведения конференций и выставок (в частности, Конгресс обогатителей стран СНГ);
- издание справочной и реферативной литературы;
- информационное обслуживание предприятий горно-металлургической отрасли и др.

В ООО «Техинформ» создана система информационного обслуживания, которая позволяет регулярно получать по электронной почте разнообразнейшую научно-техническую информацию. ООО «Техинформ» предлагает специалистам научно-техническую литературу по различным направлениям, в частности, наноматериалы и нанотехнологии.

Нанодисперсные и гранулированные материалы, полученные в импульсной плазме

И.В. Блинков, А.В. Манухин

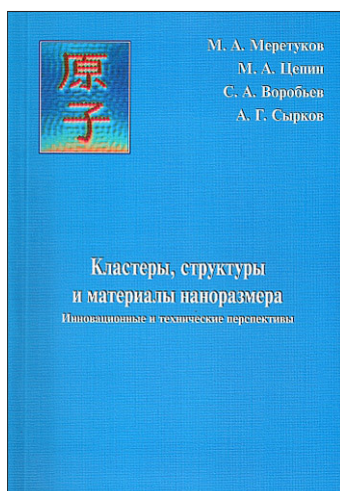
В книге (2005 г., 367 с.) изложены научно-технические основы нанодисперсных и гранулированных порошков металлов и соединений в импульсной плазме. Сформулированы особенности и некоторые преимущества использования плазмы данного вида электрического разряда



по сравнению с плазмой стационарных электрических разрядов в этих процессах. Предложены теоретические (расчетные) методы определения параметров импульсной плазмы, приведены результаты исследований явлений структуро- и фазообразования при получении наноразмерных и гранулированных порошков. Обобщены свойства продуктов плазмохимических реакций и показана их связь с управляемыми параметрами процесса.

Предназначена для научных работников, инженеров, аспирантов и студентов старших курсов, специализирующихся в области порошковой металлургии, наноматериалов, физико-химических процессов получения металлов и соединений с использованием низкотемпературной плазмы.

Кластеры, структуры и материалы наноразмера: инновационные и технические перспективы



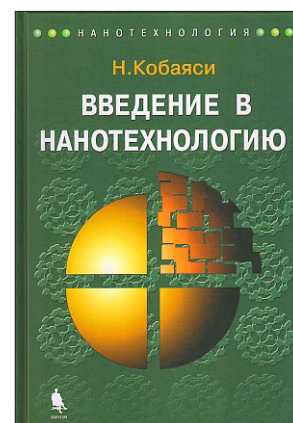
М.А. Меретуков, М.А. Цепин, С.А. Воробьев, А.Г. Сырков. Под ред. И.Н. Белоглазова

Предлагаемое читателям издание (2005 г., 128 с.) посвящено изложению основ нанотехнологии для студентов нефизических специальностей. В книге в доступной форме излагаются современные представления о высоких нанометрических технологиях, о нанобъектах и областях их приложения. Особое внимание уделено инновационным и техническим перспективам нанотехнологий в металлургии, материаловедении, трибологии, в использовании бозе-конденсата.

Введение в нанотехнологию

Н. Кобаяси

Книга (2007 г., 134 с.) в популярной форме знакомит читателя с достижениями в области нанотехнологии (конец XX – начало XXI века) в Японии и других странах. Продемонстрированы поистине фантастические возможности нанотехнологии в таких областях, как электроника, энергетика, биология, медицина и



др. Большое внимание уделено экономическим и социальным последствиям внедрения нанотехнологии в жизнь общества.

Для студентов, изучающих дисциплины, связанные в применении нанотехнологии, а также для преподавателей соответствующих специальностей.

Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам

П.П. Мальцев



Ежемесячному междисциплинарному теоретическому и прикладному научно-техническому журналу «Нано- и микросистемная техника» (2005 г., 592 с.) исполнилось пять лет. Наиболее цитируемые статьи, опубликованные в журнале с ноября 1999 г. по март 2005 г., сгруппированы в соответствии с названием рубрик и позволяют проследить развитие от микро- к наносистемной технике в России. В книге рассмотрены общие вопросы, технологии формирования наноструктур, методы исследования наноструктур, метрологическое обеспечение, основы технологии, моделирование и конструирование компонентов нано- и микросистемной техники, перспективы их применения.

Представляет интерес для ученых, инженеров и преподавателей высшей школы, аспирантов и студентов, специализирующихся в области микро- и наноэлектроники, микро- и нанотехнологии, микро- и наносистемной техники.

Внутреннеокисленные и внутреннеазотированные наноматериалы

Ю.В. Левинский



В книге (2007 г., 400 с.) представлены теория и практика нанотехнологии, описаны структуры и свойства наноматериалов, получаемых методом внутреннего окисления, азотирования и другими подобными процессами. Теоретическое обоснование и оптимизация процессов внутреннего насыщения, рассмотренного в основном на примерах внутреннего окисления и азотирования, основаны на подробном анализе термодинамики, кинетики и структурообразования в ука-

занных процессах. Приведены результаты исследований структуры и свойств внутреннеокисленных и внутреннеазотированных сплавов на основе меди, серебра, железа, никеля, молибдена, хрома, вольфрама, тантала, ниобия, платины, палладия и других металлов. Обсуждены области применения внутреннеокисленных и внутреннеазотированных наноматериалов.

Для научных работников, конструкторов и инженеров, специализирующихся в области нанотехнологии и металловедения сплавов, студентов и аспирантов металлургических вузов.

Введение в нанотехнику

Ю.И. Головин



В пособии (2007 г., 496 с.) кратко изложены термины, принципы, достижения и перспективы стремительно развивающейся области науки, техники и бизнеса – нанотехники и нанотехнологии. Представлены все важнейшие направления работ в этой сфере.

Параллельно с русской терминологией приведена англоязычная, так как часть терминов сначала появилась в английском языке и русские термины не всегда удачно передают их смысл. И даже английская терминология в области нанонауки не установилась окончательно, а русскоязычная тем более, что требует разъяснений и комментариев.

Пособие имеет целью в общедоступной форме познакомить студентов, аспирантов, инженеров различных специальностей, которые должны заниматься вопросами освоения нанотехнологии и нанотехники в своих предметных областях, с основными идеями и подходами, а также существующими и перспективными разработками в максимально концентрированном виде.

С полным перечнем литературы можно ознакомиться на сайте www.tbooks.ru. Помимо книг, представленных в магазине, Вы можете оставить заявку на интересующие издания, и Вам окажут помощь в их поиске и приобретении.

Контактная информация для переписки: e-mail: tbooks@mail.ru

Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей для публикации

The list of requirements to the material presentation and article publication conditions

1. Авторы представляют рукописи в редакцию в электронном виде (по электронной почте e-mail: info@nanobuild.ru) в соответствии с правилами оформления материалов, приведенными в Приложении 1 (текстовый и графический материал).

2. Представляемые статьи должны соответствовать структуре, приведенной в Приложении 2 (указание места работы всех авторов, их должностей, ученых степеней, ученых званий, название и аннотация статьи, ключевые слова должны быть на русском и английском языках, контактная информация для переписки – на русском языке).

3. Библиографический список приводится после текста статьи в формате, установленном журналом, из числа предусмотренных действующим ГОСТом. Примеры оформления библиографических ссылок даны в Приложении 3.

4. Статья должна сопровождаться рецензией специалиста. Примерная структура рецензии приведена в Приложении 4. Рецензии принимаются за подписью специалиста с научной степенью доктора наук в той области, которой посвящена тематика статьи. Рецензию, заверенную гербовой печатью организации, в которой работает рецензент, необходимо отсканировать, сохранить ее как графический файл (предпочтительно в формате .jpg) и прислать в редакцию в электронном виде вместе со статьей.

Редакция предоставляет рецензии по запросам авторам рукописей и экспертным советам в ВАК.

5. Для размещения статьи в журнале необходимо распечатать размещенную на сайте (полученную по запросу из редакции) квитанцию и оплатить ее в сбербанке. Отсканировав оплаченную квитанцию с отметкой банка об оплате, нужно сохранить ее как графический файл (предпочтительно в формате .jpg) и прислать в редакцию в электронном виде вместе со статьей.

6. Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается.

7. После рассмотрения материалов редакция уведомляет авторов о своем решении электронным письмом. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

8. Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений и за использование данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция оставляет за собой право внесения редакторской правки. Редакция может опубликовать материалы, не разделяя точку зрения автора (в порядке обсуждения).

9. Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах будут находиться в свободном доступе в Интернете на русском и английском языках; полнотекстовые версии статей – в свободном доступе или доступными только для подписчиков не позднее, чем через год после выхода журнала.

10. Редакция не несёт ответственность за содержание рекламы и объявлений.

11. Перепечатка материалов из журнала возможна лишь с письменного разрешения редакции.

Уважаемые авторы, в целях экономии времени следуйте правилам оформления статей в журнале.

Приложение 1

Правила оформления материалов

Статьи представляются по электронной почте (e-mail: info@nanobuild.ru) и оформляются следующим образом.

Оформление текста статьи:

- Объем статьи – не менее 3 и не более 10 страниц формата А4.
- Поля: слева и справа – по 2 см, снизу и сверху – по 2,5 см.
- Основной текст статьи набирается в редакторе Word.
- Шрифт основного текста – Times New Roman.
- Текст набирается 14 кг, междустрочный интервал – множитель 1,15.
- Для однородности стиля не используйте шрифтовые выделения (курсив, подчеркивания и др.).
- Отступ первой строки абзаца – 1 см.
- Сложные формулы выполняются при помощи встроенного в WinWord редактора формул MS Equation 3.0.
- Формулы располагаются по центру колонки без отступа, их порядковый номер указывается в круглых скобках и размещается в колонке (странице) с выключкой вправо. Единственная в статье формула не нумеруется. Сверху и снизу формулы не отделяются от текста дополнительным интервалом.
- Для ссылок на формулы в тексте используются круглые скобки – (1), на литературные источники – квадратные скобки [1].
- Библиографический список приводится 12 кг.

Графическое оформление статьи:

- Иллюстрации выполняются в векторном формате в графическом редакторе Corel Draw 11.0, либо в любом из графических приложений MS Office 97, 98 или 2000.
- Графики, рисунки и фотографии вставляются в текст после первого упоминания о них в удобном для автора виде.
- Подрисуночные подписи (12 кг, обычный) даются под иллюстрациями по центру после слова *Рис.* с порядковым номером (12 кг, полужирный). Единственный рисунок в тексте не нумеруется.

- Между подписью к рисунку и последующим текстом – один междустрочный интервал.
- Все рисунки и фотографии должны быть контрастными и иметь разрешение не менее 300 dpi. Иллюстративный материал желательно представлять в цветном варианте.
- Графики нельзя выполнять тонкими линиями (толщина линий – не менее 0,2 мм).
- Ксерокопированные, а также плохо отсканированные рисунки из книг и журналов не принимаются.
- Слово *Таблица* с порядковым номером располагается с выключкой вправо. На следующей строке приводится заголовок к таблице (выравнивание по центру без отступа). Между таблицей и текстом – один междустрочный интервал. Единственная таблица в статье не нумеруется.

Оформление модулей:

- Модули должны быть контрастными и иметь разрешение не менее 300 dpi (в формате .jpg).
- Размеры модулей, мм:
1/1 – 170 (ширина) × 230 (высота);
1/2 – 170 (ширина) × 115 (высота).

Приложение 2

Структура статьи

УДК

Автор(ы): обязательное указание мест работы всех авторов, их должностей, ученых степеней, ученых званий (на русском языке)

Автор(ы): обязательное указание мест работы всех авторов, их должностей, ученых степеней, ученых званий (на английском языке)

Заглавие (на русском языке)

Заглавие (на английском языке)

Аннотация (на русском языке)

Аннотация (на английском языке)

Ключевые слова (на русском языке)

Ключевые слова (на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

Библиографический список в формате, установленном журналом, из числа предусмотренных действующим ГОСТом (на русском языке)

Контактная информация для переписки (на русском языке)

Приложение 3

Примеры оформления библиографических ссылок

Библиографический список приводится после текста статьи. Все ссылки в списке последовательно нумеруются.

1. Описание книги одного автора

Описание книги начинается с фамилии автора, если книга имеет не более трех авторов. Перед заглавием пишется только первый автор.

Борисов И.И. Воронежский государственный университет вступает в XXI век: размышления о настоящем и будущем. Воронеж: изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2001. 120 с.

Фиалков Н.Я. Физическая химия неводных растворов / Н. Я. Фиалков, А. Н. Житомирский, Ю. Н. Тарасенко. Л.: Химия, Ленингр. отделение, 1973. 376 с.

2. Описание книги четырех и более авторов

Описание книги начинается с заглавия, если она написана четырьмя и более авторами. Все авторы пишутся только в сведениях об ответственности. При необходимости их количество сокращают. Так же дается описание коллективных монографий, сборников статей.

Обеспечение качества результатов химического анализа / П. Буйташ, Н. Кузьмин, Л. Лейстнер и др. М.: Наука, 1993. 165 с.

Пиразолоны в аналитической химии: тез. докл. конф. Пермь, 24–27 июля 1980 г. Пермь: Изд-во ПГУ, 1980. 118 с.

3. Описание статьи из журнала

Определение водорода в магнии, цирконии и натрии на установке С2532 / Е.Д. Маликова, В.П. Велюханов, Л.С. Махинова и др. // Журн. физ. химии. 1980. Т. 54, вып. 11. С. 698–789.

Козлов Н.С. Синтез и свойства фторсодержащих ароматических азометинов / Н.С. Козлов, Л.Ф. Гладченко // Изв. АН БССР. Сер. хим. наук, 1981. №1. С. 86–89.

4. Описание статьи из продолжающегося издания

Леженин В.Н. Развитие положений римского частного права в российском гражданском законодательстве // Юрид. зап. / Воронеж. гос. ун-т, 2000. Вып. 11. С. 19–33.

Живописцев В.П. Комплексные соединения тория с диантипирилметаном / В.П. Живописцев, Л.П. Патосян // Учен. зап. / Перм. ун-т, 1970. №207. С. 14–64.

5. Описание статьи из неперiodического сборника

Любомилова Г.В. Определение алюминия в тантапониобиевых минералах / Г.В. Любомилова, А.Д. Миллер // Новые метод, исслед. по анализу редкоземельн. минералов, руд и горн. пород. М., 1970. С. 90–93.

Астафьев Ю.В. Судебная власть: федеральный и региональный уровни / Ю.В. Астафьев, В.А. Панюшкин // Государственная и местная власть: правовые проблемы (Россия–Испания): сб. научн. тр. / Воронеж, 2000. С. 75–92.

6. Описание статьи из многотомного издания

Локк Дж. Опыт веротерпимости / Джон Локк: собр. соч. в 3-х т. М., 1985. Т. 3. С. 66–90.

Асмус В. Метафизика Аристотеля // Аристотель: соч. в 4-х т. М., 1975. Т. 1. С. 5–50.

7. Описание диссертаций

Ганюхина Т.Г. Модификация свойств ПВХ в процессе синтеза: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.06. Н. Новгород, 1999. 109 с.

8. Описание авторефератов диссертаций

Жуков Е.Н. Политический центризм в России: автореф. дис. ... канд. филос. наук. М., 2000. 24 с.

9. Описание депонированных научных работ

Крылов А.В. Гетерофазная кристаллизация бромида серебра / А.В. Крылов, В.В. Бабкин; редколл. Журн. прикладной химии. Л., 1982. 11 с. Деп. в ВИНТИ 24.03.82; №1286. 82.

Кузнецов Ю.С. Изменение скорости звука в холодильных расплавах / Ю.С. Кузнецов; Моск. хим.-технол. ин-т. М., 1982. 10 с. Деп. в ВИНТИ 27.05.82; №2641.

10. Описание нормативных актов

(обязательны только подчеркнутые элементы)

О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации: Федер. закон от 31 мая 2001 г. №73-ФЗ // Ведомости Федер. собр. Рос. Федерации. 2001. №17. Ст. 940. С. 11–28.

ГОСТ 10749.1-80. Спирт этиловый технический. Методы анализа. Взамен ГОСТ 10749-71; введ. 01.01.82 до 01.01.87. М.: Изд-во стандартов, 1981. 4 с.

11. Описание отчетов о НИР

Проведение испытания теплотехнических свойств камер КХС-12-В3 и КХС-2-12-3: Отчет о НИР (промежуточ.) / Всесоюз. заоч. ин-т пищ. пром-сти (ВЗИПП); Руководитель В.М. Шавра. ОЦО 102Т3; №ГР8005-7138; Инв. №5119699. М, 1981. 90 с.

12. Описание патентных документов

(обязательны только подчеркнутые элементы)

А. с. 1007970 СССР. МКИ⁴ В 03 С 7/12. А 22 С 17/04. Устройство для разделения многокомпонентного сырья / Б.С. Бабакин, Э.И. Каухчешиили, А.И. Ангелов (СССР). №3599260/28-13; заявлено 2.06.85; опубл. 30.10.85. Бюл. №28. 2 с.

Пат. 4194039 США, МКИЗ В 32 В 7/2. В 32 В 27/08. Multi-lauer polvolefin shrink film / W.B. Muelier; W.K. Grace & Co. №896963; заявлено 17.04.78; опубл. 18.03.80. 3 с.

13. Описание электронных научных изданий

Иванов А.А. Синтетическая природа маски в актерском искусстве // Культура & общество: электрон. журн. М.: МГУКИ, 2004. № гос. регистрации 0420600016. URL: <http://www.e-culture.ru/Articles/2006/Ivanov.pdf> (дата обращения: 12.08.2006).

Петров Б.Б. Специфика косвенного налогообложения сделок купли-продажи цифровой продукции в США // Российский экономический интернет-журнал: электрон. журн. М.: АТиСО, 2002. № гос. регистрации 0420600008. URL: <http://www.e-rej.ru/Articles/2006/Petrov.pdf> (дата обращения: 30.05.2006).

Приложение 4

Структура рецензии на статью

1. **Актуальность темы статьи.**
2. **Краткая характеристика всего текста статьи.**
3. **Обоснованность и достоверность положений, выводов и рекомендаций, изложенных в статье.**
4. **Значимость для науки и практики результатов и предложений, рекомендации по их использованию.**
5. **Основные замечания по статье.**
6. **Выводы о возможности публикации статьи в журнале.**
7. **Сведения о рецензенте:** его место работы, занимаемая должность, научное звание, научная степень (доктор наук в той области, которая соответствует тематике статьи). Данные сведения оформляются в виде подписи рецензента, которая заверяется в отделе кадров его места работы гербовой печатью.

В целом рецензия должна отражать полноту освещения проблемы, рассматриваемой в статье.

Редакция

Главный редактор	доктор техн. наук, профессор Б.В. Гусев
Зам. главного редактора	канд. техн. наук Л.А. Иванов
Редактор-корректор	Е.Д. Беломытцева
Консультанты:	доктор техн. наук И.Ф. Гончаревич
	канд. техн. наук В.П. Кузьмина
Журналисты:	И.А. Жихарева
	Ю.Л. Липаева
Дизайн и верстка	А.С. Резниченко
Перевод	С.Р. Муминова

Адрес редакции

Российская Федерация, 125009, Москва,
Газетный пер., д. 9, стр. 4
Internet: <http://www.nanobuild.ru>
E-mail: info@nanobuild.ru

Регистрационный номер издания,
как средства массовой информации
Эл № ФС77-35813

Учредитель и издатель журнала
ООО «ЦНТ «НаноСтроительство»

Дата опубликования
7 августа 2009 г.

Минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию

Операционная система: Windows/Linux/Mac

Частота процессора: от 100 MHz и выше.

Оперативная память: 64Mb

Память на жестком диске: 20Mb

Необходимые программы:

Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше

Internet-браузер, совместимый с вашей операционной системой