



Достижения наноиндустрии: проекты, область применения, экономический эффект и общественная значимость

Л.Н. Смирнова^{1*} , Т. Ручинска² , А.И. Звездов¹

¹ АО «НИЦ «Строительство», Москва, Россия

² Вест-Померанский технологический университет, Щецин, Польша

*Контакты: e-mail: lyubovsmirnova80@gmail.com

© Коллектив авторов, 2020

РЕЗЮМЕ: В реферативной форме проводится обзор достижений наноиндустрии: применение нанокремнезема в качестве добавки, улучшающей огнестойкость и жаростойкость цементных композитов; армированный наночастицами сварочный наполнитель для аэрокосмических конструкций; умная, мобильная и автономная станция для сбора и накопления солнечной и электрической энергии; процедура проверки подлинности материалов с использованием ядерной квадрупольной резонансной спектроскопии и др.

Приведены области применения, экономический эффект и социальная значимость проектов, разработанных в разных странах. Например, исследователи и разработчики Университета Бен-Гуриона в Негеве (Израиль) и Ульяновского государственного технического университета (Россия) совместно создали устройство в области альтернативной энергетики, позволяющее собирать и накапливать солнечную и электрическую энергию, для последующего использования. Устройство имеет уникальную интеллектуальную систему защиты от перебоев напряжения и перегрева за счет контролера устройств и программного обеспечения. Также устройство имеет ряд инженеринговых новаторских решений, позволяющих снизить температуру нагреваемых элементов устройства, повысить защиту от пыли и влаги. Все это в совокупности является уникальным решением, отличным от существующих решений, способных генерировать и накапливать солнечную энергию в течение длительного времени (до 10 лет).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: достижения наноиндустрии, нанокремнезем, наночастицы, мобильная и автономная станция.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Смирнова Л.Н., Ручинска Т., Звездов А.И. Достижения наноиндустрии: проекты, область применения, экономический эффект и общественная значимость // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 1. – С. 41–45. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-41-45.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что средства массовой информации, являясь одним из элементов концепции 4Р, активно содействуют продвижению идей ученых и специалистов, продукции компаний, разъясняя преимущества и особенности идей, товаров и услуг для пользователей. Особенно это актуально для новых перспективных направлений развития науки, технологий и промышленности, где доверия потребителей явно недостаточно. Например, когда речь идет о наноматериалах и нанотехнологиях. Именно популяризации достижений наноиндустрии в различных областях посвящен данный обзор.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Применение нанокремнезема в качестве добавки, улучшающей огнестойкость и жаростойкость цементных композитов

Наноматериалы оказались подходящими примесями и добавками для уменьшения повреждений композитов на цементной основе (растворы и бетоны) при температурном воздействии. Наиболее распространенными типами наноматериалов, используемых для этой цели, являются нанокремнезем, углеродные нанотрубки и наноклеи [1]. Однако в последние годы значительное внимание уделяется нанокремнезему (nanoSiO_2).

Благодаря высокой реакционной способности нанокремнезема с цементом увеличивается прочность композита, при этом микроструктура цементного композита становится менее пористой и более прочной. Кроме того, улучшается связь между цементной пастой и частицами заполнителя [2–3].

В результате реакции нанокремнезема с гидроксидом кальция (CH) образуется больше геля гидрата силиката кальция (C–S–H). Кроме этого, нанокремнезем способствует снижению теплопроводности композитов на основе цемента [4–5]. Это приводит к повышению жаростойкости в связи с тем, что материал сохраняет высокую остаточную прочность и менее подвержен растрескиванию [5–7].

Другой подход заключается в улучшении свойств цементных примесей и добавок путем нанесения на них нанокремнезема с помощью процесса золь-гель [8]. Нанокремнезем можно использовать как материал покрытия (скорлупа) для других наноразмерных примесей с более низким термическим сопротивлением (т.е. углеродных нанотрубок). Таким образом, повышается жаростойкость основного материала, а также улучшается его связующая способность с цементной матрицей [9, 10].

Армированный наночастицами сварочный заполнитель для аэрокосмических конструкций (NSF Grant 1345156)

В погоне за рентабельностью для аэрокосмических конструкций был разработан новый заполнитель для вольфрамовой сварки алюминиевых конструкций инертным газом (TIG – *электродуговая сварка неплавящимся электродом в защитной атмосфере инертного газа*) с использованием наночастиц в качестве усиления.

Основанный на алюминии нанокомпозит становится заманчивой альтернативой рекламируемым заполнителям из алюминиевых сплавов с более низким коэффициентом температурного расширения и регулируемым электрическим сопротивлением для достижения разумных значений температур при сварке. Эта прорывная технология основана на многолетней разработке новых алюминиевых матричных композитов, армированных частицами диборида, проводимой в Университете Пуэрто-Рико [11–12].

Результаты последующих исследований [13] позволили лучше изучить методы обработки, необходимые для изготовления армированных наночастицами проводов с регулируемым электрическим сопротивлением и температурой плавления без существенного изменения химического состава [14–15].

В настоящее время ведутся работы по подбору оптимальных параметров, касающихся:

а) правильного подбора размера и распределения наночастиц в проволоке;

б) процесса перемешивания исходного композита проволоки;

в) отжига проволоки и холодной обработки;

г) альтернативного легирования с незначительными добавками металлов, образующих твердые растворы с алюминием.

Важным преимуществом является не новый способ сварки TIG, а по мере разработки заполнителей развитие существующего способа, что позволяет быть данному заполнителю конкурентоспособным с уже имеющимися на рынке аналогами.

Таким образом, этот сварочный материал может повысить качество инструментов и оборудования.

После полной апробации новый заполнитель не только будет отвечать жестким аэрокосмическим требованиям, но и расширит спектр возможностей новых производных технологий. Таким образом, новый материал способствует повышению эффективности использования технологии аэрокосмических конструкций.

Умная, мобильная и автономная станция для сбора и накопления солнечной и электрической энергии

Исследователи и разработчики Университета Бен-Гуриона в Негеве (Израиль) и Ульяновского государственного технического университета (Россия) совместно создали устройство в области альтернативной энергетики, позволяющее собирать и накапливать солнечную и электрическую энергию, для последующего использования [16].

Данное устройство является интеллектуальной, мобильной и автономной станцией для сбора и накопления солнечной и электрической энергии, для использования в умном производстве, умном транспорте и умном доме. Устройство способно обеспечивать выходное напряжение 100–240 В, зарядку по USB с поддержкой многих стандартов быстрой зарядки, а также выходное напряжение 12–16 В на розетку прикуривателя. Возможны варианты вывода напряжения на различные стандарты розеток, в том числе, на универсальные. Устройство имеет уникальную, умную инженерную Т-образную конструкцию, способную трансформироваться в мобильный кейс для транспортировки и хранения устройства. Устройство в разложенном виде имеет раскладываемые поверхности солнечных панелей по типу гармошка. Количество панелей может быть сколь угодно много для повышения производительности в нижней и центральной части. Под поверхностями солнечных панелей находится основной корпус, содержащий все основные компоненты устройства: аккумуляторы не-

обходимой емкости; инвертор переменного тока; микроконтроллер управления с программным обеспечением; контроллер защиты; держатели; провода; диоды; кнопки; переключатели; выходные розетки; входные разъемы; дисплей управления; теплоотводящие пластины; датчики ориентации, освещенности, температуры и другие устройства, необходимые для различных вариантов исполнения основного устройства для достижения им максимальных выходных параметров. Устройство (рис. 1) имеет уникальную интеллектуальную систему защиты от перебоев напряжения и перегрева за счет контролера устройств и программного обеспечения. Также устройство имеет ряд инженеринговых новаторских решений, позволяющих снизить температуру нагреваемых элементов устройства, повысить защиту от пыли и влаги. Все это в совокупности является уникальным решением, отличным от существующих решений, способных генерировать и накапливать солнечную энергию в течение длительного времени до 10 лет.

Солнечные панели на открытом солнце при высокой температуре окружающего воздуха имеют свойства нагреваться до очень высоких температур, что является проблемой портативных устройств, содержащих в себе солнечные панели, системы аккумуляторных батарей, инверторы и другую электронику, необходимую для функционирования устройства, которые также выделяют тепло при работе.

Необходимо изолировать контакт корпуса и солнечных батарей, исключить его нагрев от попадания прямых солнечных лучей и обеспечить отвод и рассеивание тепла от всех компонентов системы и их непрерывный температурный контроль. Для этих целей основной корпус устройств располагается в тени солнечных панелей. Кроме этого, в корпусе устройства имеется U-образный воздушный канал для циркуляции воздуха. Это позволяет снижать среднюю температуру на 5–10 градусов. Также на стенки корпуса установлены теплоотводящие панели, которые отводят внутреннее тепло на вентилируемые внешние стенки корпуса, что позволяет снижать среднюю температуру на 10–15 градусов.

Таким образом, риск перегрева системы устройств и аккумуляторов снижается. Микроконтроллер регулирует работу устройств и обеспечивает стабильную и эффективную работу системы и защиту от перегрева. Совокупность данных систем и факторов комплексно взаимосвязаны, что позволяет достичь максимально эффективного результата.

Процедура проверки подлинности материалов с использованием ядерной квадрупольной резонансной спектроскопии (NSF Grant 1563688)

Фальсифицированные, некачественные и/или загрязненные фармацевтические препараты, пищевые добавки и продукты питания стали одной из основных проблем здравоохранения во всем мире.

Особо подвержены мошенничеству такие дорогостоящие товары, как упакованные лекарственные препараты, которые часто продаются в онлайн-режиме через ненадежные цепочки посредников. Прибыль от торговли такими незаконными лекарственными средствами ежегодно достигает десятков миллиардов долларов. На долю этих продуктов сегодня приходится около 20% всех незаконных товаров, изъятых на таможне.

Проводимое исследование направлено на развитие спектроскопии, анализа данных и программирования станков, которые используют наноразмерную структуру материалов в твердом состоянии для проверки подлинности их химического состава.

Главная цель этих исследований заключается в том, чтобы позволить пользователям на каждом этапе поставки с высокой долей вероятности точно устанавливать состав и источник расходных материалов (лекарственных препаратов, добавок и продуктов питания) с помощью портативных и недорогих устройств.

Ожидается, что внедрение такой технологии аутентификации в конечном итоге окажет значительное положительное воздействие на систему здравоохранения в целом, повысив безопасность поставок расходных материалов.

Около 50% всех атомов периодической таблицы содержат так называемые квадрупольные ядра [17–

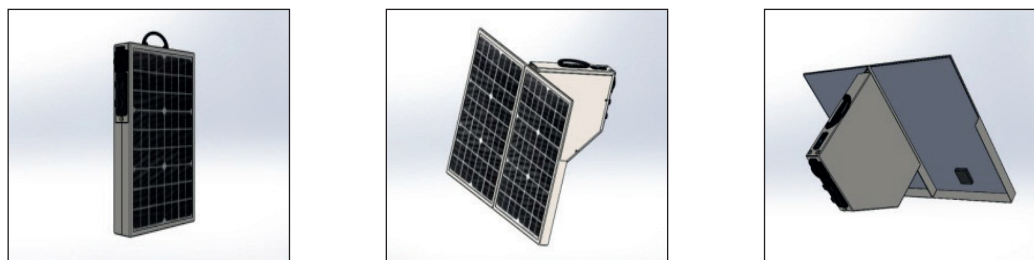


Рис. 1. Общий вид устройства

18], которые генерируют спектры ядерного квадрупольного резонанса (NQR). К ним относятся общие ядра, такие как азот (^{14}N) и хлор (^{35}Cl и ^{37}Cl).

Предлагаемый подход аутентификации использует чувствительность таких спектров ядерного квадрупольного резонанса к тензору градиента электрического поля (EFG) в окрестности квадрупольного ядра, который сначала, в свою очередь, определяется пространственным распределением валентных электронов в кристаллической решетке.

Таким образом, такие спектры обладают высокой чувствительностью к химическому составу и физическим свойствам, т.е. действуют как уникальные «химические автографы», которые трудно имитировать или фальсифицировать. Работа исследователей заключалась в:

1) понимании фундаментальных физических принципов, лежащих в основе формирования таких химических автографов;

2) оптимизации датчиков, протоколов измерений, методов анализа данных и методов классификации для повышения чувствительности и специфичности и, следовательно, точности, с которой такие химические автографы могут быть измерены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» приглашает авторов и организации к публикации

материалов в рубрике «Обзор достижений наноиндустрии». С учетом того, что статьи из журнала (метаданные статей) размещаются в «открытом доступе»:

- на сайте электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал», ссылка – http://nanobuild.ru/ru_RU/, далее – раздел «Архив номеров»;
- в полнотекстовой базе данных научных журналов открытого доступа OpenAcademicJournalsIndex (OAJI), ссылка – <http://oaji.net/journal-detail.html?number=6931>;
- на сайте научной электронной библиотеки, ссылка – <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1568760>;
- в базе научных журналов Directory of Open Access Journals (DOAJ), ссылка – <https://doaj.org/>, далее – осуществляется поиск журнала «Nanotehnologii v Stroitel'stve»;
- в базе данных научных журналов ResearchBib, ссылка – <http://journalseeker.researchbib.com/view/issn/2075-8545>;
- на интернет-ресурсе ученых всех научных дисциплин Research Gate, ссылка – https://www.researchgate.net/journal/2075-8545_Nanotechnologies_in_Construction;
- в научной международной базе Readera – <https://readera.ru/nanobuild> и других,

это позволяет ученым и специалистам во всем мире свободно знакомиться с материалами журнала и использовать их в своей деятельности, в т.ч. цитировать в своих статьях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сикора П., Абд Эльрахман М., Стефан Д. Влияние наноматериалов на термостойкость композитов на основе цемента – обзор // Наноматериалы. – 2018. – Вып. 8, № 7. – РР. DOI: 10.3390 / nano8070465.
2. Скочилас К., Ручинская Т. Прочность и долговечность цементных растворов, содержащих нанокремнезем и мелкий заполнитель из отходов стекла // Цемент Вапно Бетон. – 2018. – Vol. 3. – С. 206–215.
3. Скочилас К., Ручинская Т. Влияние боя стекла и нанокремнезема на постоянные свойства цементных растворов // E3s Вебинар. – 2018. – Вып. 49. – С. 00102. DOI: 10.1051 / e3sconf / 20184900102.
4. Сикора П., Хоршарук Е., Скочилас К., Ручинская Т. Тепловые свойства цементных растворов, содержащих бой стекла и нанокремнезем // Инженерное дело. – 2017. – Вып. 196. – С. 159–166. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.07.186.
5. Кумар Р., Сингх С., Сингх Л.П. Исследования усиленного жаростойкого высокопрочного бетона, включающего наночастицы кремнезема // Строительные материалы. – 2017. – Вып. 153. – С. 506–513. – DOI: 10.1016 / j.conbuildmat.2017.07.057.
6. Ян Л., Син Ю., Чжан, Ю., Ли Ю. Высокотемпературные механические свойства и микроскопический анализ нанокремнезема стальной фибры для железобетона // Журнал исследований бетона. – 2013. – Вып. 65. – С. 1472–1479. DOI: 10.1680 / mstr.13.00143.
7. Эль-Гамаль С. М. А.Або-Эль-Энейн С. А., Эль-Хозини Ф. И., Амин С. М., Рамадан, М. Жаростойкость, микроструктура и механические свойства портландцементной пасты I типа, содержащей недорогие наночастицы // Журнал термического анализа и калориметрии. – 2018. – Вып. 131, № 2. – С. 949–968. DOI: 10.1007 / s10973-017-6629-1.
8. Коппола Б, Ди Майо Л., Скарфато П., Инкарнато Л. Применение полипропиленовых волокон, покрытых нанокремнеземными частицами, в цементном растворе // АИП сборник трудов конференции. – 2015. – Вып. 1695. – С. 020056. DOI: 10.1063 / 1.4937334.

9. Сикора П., Абд Эльрахман М., Чунг С.-Ю., Чендровски К., Мижовска Е., Стефан Д. Механические и микроструктурные свойства цементных паст, содержащих углеродные нанотрубки и структуры углеродная нанотрубка-кремнезем ядро-оболочка, подвергнутые воздействию высоких температур. — 2019. — Вып. 95. — С.193–204. — DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2018.11.006.
10. Катаржина С., Ручинска Т. Влияние низких температур выдерживания на свойства цементных растворов, содержащих нанокремнезем // Нанотехнологии в строительстве. — 2019. — Том 11, № 5. — С. 536–544. — DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-536-544.
11. Суарес О.М., Васкес Ж., Рейес-Русси Л. Синтез и характеристика механически легированных композитов Al/AlxMg1-xV // Наука и техника композиционных материалов. — 2009. — 16(4). — 267–276. — <https://doi.org/10.1515/SECM.2009.16.4.267>.
12. Корчадо М., Рейес Ф., Суарес О. М. (2014) Влияние частиц AlB₂ и цинка на поглощение энергии удара гравитационных композитов из литого алюминия. — JOM, 66(6). — С. 926–934.
13. Чинтрон-Апонте А., Васкес Гомез Дж. Р., Суарес О. В., Педраза-Торрес С. Р. Способы и композиции для распределения боридов в композиционном материале с металлической матрицей // Патент США 8,820,390 B2. — Сентябрь, 2014.
14. Флориан-Алгарин Д., Рамос-Моралес А., Марреро-Гарсия М., Суарес О. М. Исследование алюминиевых проволок, обработанных наночастицами MoV₂ // Журнал науки о композитах. — 2018. — 2(3). — <https://doi.org/10.3390/jcs2030050>.
15. Флориан-Алгарин Д., Марреро Р., Ли Х., Цой Х., Суарес О. М. Упрочнение алюминиевых проволок, обработанных нанокompозитами с A₂O₆ // Глиноземные нанокompозиты. Материалы. — 2018. — 11 (3). — <https://doi.org/10.3390/ma11030413>.
16. Малкин П., Шурупов А.Н., Зайцев М. А., Ещенко К. Э. Умная, мобильная и автономная станция для сбора и накопления солнечной и электрической энергии. Заявка на патент 495035465. — 2019.
17. Чен С., Жанг Ф., Баррас Дж., Альфойфер К., Бхуния С., Мандал С. Аутентификация лекарственных средств с использованием спектроскопии ядерного квадрупольного резонанса // Вычислительная биология и биоинформатика. — Т. 13:3. — С. 417–430, 2016.
18. Чен С., Жанг Ф., Бхуния С., Мандал С. Широкополосный количественный ЯКР для проверки подлинности витаминов и диетических добавок // Магнитный резонанс. — 2017. — Вып. 278. — С. 67–79.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Смирнова Любовь Николаевна, канд. техн. наук, ученый секретарь АО «НИЦ «Строительство», академический советник Российской инженерной академии, член Европейской ассоциации по сейсмостойкому строительству; ул. 2-я Институтская, д. 6, г. Москва, Россия, 109428, lyubovsmirnova80@gmail.com

Ручинска Тереза, канд. техн. наук, доцент, факультет гражданского строительства и архитектуры Вест-Померанского технологического университета, Щецин, Эл. Пястов 50, 70-311 Щецин, Польша, e-mail: Teresa.rucinska@zut.edu.pl

Звездов Андрей Иванович, докт. техн. наук, профессор, заместитель генерального директора по научной работе АО «НИЦ «Строительство», вице-президент РИА; ул. 2-я Институтская, д. 6, г. Москва, Россия, 109428, zvezdov@list.ru

Статья поступила в редакцию: 09.01.2020.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 12.02.2020.

Статья принята к публикации: 14.02.2020.