



Сегодня нанотехнологии (технологии, манипулирующие веществом на молекулярном и даже атомном уровне) — одно из наиболее перспективных направлений развития мировой инновационной экономики. Сферы их применения интенсивно расширяются. Это и производство новых материалов, и топливно-энергетический комплекс, электроника и микроэлектроника, химия, медицина и биотехнологии, машиностроение, строительство, метрология и многое другое. Осенью в Экспоцентре на Красной Пресне в соответствии с решением правительства РФ был проведен 2-й Международный форум по нанотехнологиям, организованный Государственной корпорацией «Роснано-тех» («РОСНАНО»).

В рамках деловой части форума, главными темами которого его организаторы заявили «Нанотехнологии в отраслях промышленности», «Производство и применение продуктов нанотехнологий», «Институты инновационной экономики», проходили выставка Rusnanotech '2009 и 17 научно-технических секций.

Форум вызвал большой интерес посетителей — бизнесменов и политиков, хозяйственников, ученых и специалистов самых разных отраслей из России и других стран мира. Тематикой его деловой программы стали использование нанотехнологий в традиционных и высокотехнологич-

ных отраслях экономики, прогнозирование перспективных направлений развития нанотехнологий и выработка стратегий реализации нанотехнологических проектов, формирование полноценной финансовой и технологической инфраструктуры инновационной экономики, подготовка научных менеджеров в области нанотехнологий.

Немало интересного было представлено и на стендах выставки, посвященной прикладным аспектам использования наноматериалов и нанотехнологий, которая была призвана содействовать коммерциализации нанотехнологических разработок и развитию nanoиндустрии. На выставке, где посетители могли «из первых рук» узнать о последних новинках и их практическом внедрении, демонстрировались оригинальные образцы отечественной и зарубежной нанотехнологической продукции, новейшие разработки в области нанотехнологий, оборудование для nanoиндустрии.

Наноструктурированные материалы

Пожалуй, наиболее интенсивно и успешно развивающейся областью нанотехнологий в последнее время стало создание новых материалов — наноструктурированных материалов с исключительными (и нередко с наперед заданными) эксплуатацион-

ными свойствами. Ряд таких разработок наноматериалов, включающих в себя создание объемных наноструктур конструкционных материалов и нанокомпозитов, был показан на выставочных стендах Госкорпорации «Роснано-тех» и других отечественных и зарубежных предприятий. В их числе — модификатор дорожных покрытий «Унирем», нанопорошки рения и других металлов из техногенного сырья, теплоизоляционный материал «Пеноситал».

С интересной разработкой можно было ознакомиться на стенде ГК «Роснано-тех», где совместно с Институтом новых углеродных материалов и технологий и ЗАО «Холдинговая компания «Композит»» были представлены новые **композитные материалы — препреги**. Эти материалы-полуфабрикаты на основе углеродных и минеральных волокон и наполненных связующих получают путем пропитки армирующей волокнистой основы.

Волокна и полимерное связующее подвергаются обработке по специальной технологии модификации на наноуровне, что позволяет заметно повысить эксплуатационные характеристики композиционного материала. После отверждения получается композит с улучшенными эксплуатационными свойствами. Например, прочность материала возрастает более чем на 60%. Раз-

работанная технология позволяет в максимальной степени реализовать физико-химические свойства армирующего материала, получая при этом монолитные изделия сложной формы при минимальной инструментальной обработке.

Новинка найдет (и уже находит) применение в самолетостроении — при производстве прочных и легких корпусов самолетов и вертолетов, крыльев, обтекателей, винтов. Использование таких материалов позволяет снизить вес летательных аппаратов, и, как следствие, расход топлива в полете, а также повысить прочностные характеристики и срок службы ЛА. Не менее перспективным рынком применения препрегов является ветроэнергетика. В частности, их можно использовать при изготовлении специально профилированных, прочных лопастей ветроэнергетических установок.

Препреги найдут применение и в других областях. В автомобильной и судостроительной промышленности — для изготовления судовых корпусов и несущих деталей кузова автомобиля; в строительной отрасли — при армировании бетонных конструкций. Применимы они и при изготовлении протезов и медицинских приборов, товаров спортивного и хозяйственного назначения.

Расширение сферы практического использования новых, в т. ч. полимерных, материалов, конечно же, не отменяет «господства» в промышленном производстве традиционных конструкционных материалов — металлов и сплавов. Металлы, самые разнообразные металлические конструкции и изделия сохраняют свой приоритет во многих отраслях народного хозяйства. Весьма интересные новые предложения в области металлургии были представлены рядом отечественных разработчиков. Так, на стенде НИИ металлургической технологии (ОАО «НИИМТ», г. Ижевск, Удмуртская Республика) демонстрировались перспективные наноконструкционные металлы и сплавы с улучшенными свойствами, получаемые

на основе инновационных металлургических процессов.

В последние годы растет интерес к наноалмазам, впервые синтезированным в СССР, — углеродным структурам с кристаллической решеткой типа алмаза. Наноалмазы, способные в зависимости от способа получения приобретать особые (нередко уникальные) физико-механические свойства (высочайшую износостойкость, термостойкость, микротвердость), можно использовать в самых разных отраслях.

На стенде ФГУП «ФНПЦ «Алтай»» (г. Бийск, Алтайский край) посетители выставки могли познакомиться с новыми разработками предприятия. Специалисты алтайского Центра нанотехнологий представили технологию детонационного синтеза промышленного производства наноалмазов. Продукт синтеза, шихта, — это алмазоуглеродный порошок черного цвета, содержащий алмазы диаметром 2–4 нм (35–40% массы), а также углеродные луковички, ленты, аморфные частицы.

На предприятии разработаны и освоены в производстве технологии практического изготовления наноалмазных продуктов для использования в промышленности. В первую очередь — в полировальных композициях, например, созданных на предприятии эффективных полирующих составах наноалмазов «БИКА» — паст, суспензий, зольей. Здесь также разработаны технологии гальванических покрытий, в частности, хром-алмазных износостойких покрытий для оборудования нефтедобычи. Выпускаются также присадки к промышленным и моторным маслам на основе ультрадисперсных алмазов («Деста-М», «Деста-С» и новая коллоидно-устойчивая присадка «Деста-Ф» с включением алмазоуглеродного порошка со средним размером частиц от 20 нм). Использование таких смазочных композиций эффективно в промышленности, на транспорте. Как показывает практика, износ двигателя внутреннего сгорания при их применении снижается в 1,5–2 раза, а расход топлива уменьшается на 5–10%.

В настоящее время ведутся работы по использованию наноалмазных порошков для создания катализаторов и электродов низкотемпературных топливных элементов, по применению таких технологий в медицине и др.

Нанотехнологии упрочнения и прессования

Свою разработку самого последнего времени в области новых конструкционных сталей представило ФГУП «ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей»» (г. Санкт-Петербург). Учеными и специалистами предприятия создана и освоена в производстве технология регулируемого наноструктурного упрочнения теплоустойчивой стали повышенной жаропрочности. Получаемая на ее основе микролегированная высокохромистая сталь типа 15X10MBФ обладает по сравнению с мировыми аналогами длительной жаропрочностью, высокотемпературной ползучестью, деформационной способностью. Применение такой стали, по утверждению разработчиков, в конструкциях, узлах и агрегатах энергетического оборудования, длительно нагруженного в условиях повышенных температур, обеспечит его высокую надежность, долговечность работы и экологическую безопасность.

Разработка нового конструкционного материала открывает возможности создания высокоэффективного энергетического оборудования, например, агрегатов паросиловых установок с паром сверхкритических параметров (температура эксплуатации — 600–620 °С). В частности, его использование в подобных конструкциях паросиловых и реакторных установок позволяет повысить их КПД на 55% и до 5 раз увеличить ресурс работы.

Большой интерес в различных производственных отраслях вызывают также изделия из наноструктурированной керамики — нанокерамики — поликристаллических неметаллических материалов, получаемых в результате спекания порошков



Металлорежущий инструмент с наноструктурированным покрытием

с частицами размером менее 100 нм. Доступность сырья, экономичность в производстве, экологическая безопасность и биосовместимость, широкий диапазон получения требуемых эксплуатационных (в т. ч. специфических) свойств — все это делает весьма актуальным использование таких материалов.

Научно-исследовательский центр перспективных и нетрадиционных технологий «Спектр» Томского политехнического университета (НИЦ «Спектр» ТПУ) представил оригинальную **технология изготовления изделий заданной формы из функциональной и конструкционной нанокерамики, наноконпозитов**. Особенность технологии состоит в оригинальных способах сухого прессования самых разных изделий сложной формы из керамических нанопорошков, в т. ч. с применением ультразвукового воздействия.

Специалистами предприятия разработаны и опробованы на практике новые способы прессования деталей и конструкционных элементов из пылевидных керамических нанопорошков на основе эффекта автовывравнивания плотности в объеме прессовки. Предлагаемая технология позволяет создавать бездефектные порошковые изделия различной

сложности с равномерной плотностью по объему. При этом вследствие формирования наноструктуры в спеченной керамике заметно повышается качество изделий, улучшаются их эксплуатационные характеристики: прочность, пластичность, износостойкость и т. д.

Отечественная разработка подтвердила свою практическую применимость для изготовления изделий конструкционной, пьезо-, сегнетоэлектрической и функциональной нанокерамики. Эти изделия найдут применение в электронике, автомобильной, авиакосмической, кабельной и текстильной промышленности; в химическом, нефтегазовом и строительном машиностроении, бытовой технике, медицине.

Нанотехнологии в машиностроении и металлообработке

Одним из перспективных направлений практического применения нанотехнологий в промышленности в настоящее время стало развитие технологий формирования наноструктуры рабочего слоя различных металлических изделий — деталей и узлов машин, инструментов с повышенными эксплуатационными характеристиками. Интересная отечест-

венная разработка была представлена на стенде ГК «Роснанотех» совместно с НПО «Сатурн» (г. Рыбинск, Ярославская обл.), РНЦ «Курчатовский институт» (г. Москва) и ОАО «Газпромбанк». Это высокотехнологичный **металлорежущий инструмент с наноструктурированным покрытием**, придающим изделиям особые физико-механические свойства. Такие покрытия делают инструмент более стойким к износу и заметно увеличивают срок его службы. В то же время обработку металла можно проводить на более высоких (в 1,5–2 раза) скоростях.

В основе технологии нанесения наноструктурированных покрытий лежит оригинальная разработка специалистов РНЦ «Курчатовский институт», выполненная в рамках Федеральной целевой программы. Различные нанослойные и наноструктурированные покрытия сложного состава и архитектуры из нитридов и карбидов элементов IV–VI групп, оксидов, боридов, а также алмазоподобные пленки, износостойкие и антифрикционные покрытия наносятся на поверхность режущего инструмента плазменно-дуговым способом по разработанной методике.

В настоящее время новая технология внедряется в промышленное производство. Ведется строительство нового завода, на котором уже в 2010 г. запланировано начало серийного выпуска инструмента с наноструктурированным покрытием, предназначенного для обработки деталей авиационных двигателей и металлов на предприятиях машиностроительных отраслей. Новое производство, по расчетам участников проекта, должно ослабить зависимость российских машиностроительных предприятий от импортной инструментальной продукции. Крупным потребителем изделий завода (до 30%) станет само НПО «Сатурн». Другую их часть планируется поставлять отечественным производителям машиностроительного комплекса, а также на зарубежный рынок.

Здесь же на стенде ГК «Роснанотех» совместно с предприятием

ООО «Микробор Технолджи» (г. Москва) была показана еще одна подобная разработка — режущий инструмент из нанопорошка кубического нитрида бора. Этот сверхтвердый материал уступает по твердости только алмазу. Особенностью изготовленного из него режущего инструмента является повышенная стойкость к ударным нагрузкам. Ему поддаются практически все используемые в промышленности материалы: чугун и сталь, железные и титановые сплавы, угле- и стеклопластики. Новый инструмент способен работать с весьма высокой производительностью, снижая затраты на обработку деталей до 60%.

Отечественное производство инструмента из нанопорошка кубического нитрида бора, создаваемое в рамках проекта ГК «Роснанотех», станет первым в мире. Выпуск первой партии изделий запланирован на III квартал 2010 г. Такой инструмент, предназначенный для черновой и финишной обработки деталей в тяжелом машиностроении, автомобилестроении, добывающей промышленности и строительстве, будет поставляться на внутренний и внешний рынок.

ГК «Роснанотех», ООО «НПЦ «Пружина»» и Ижевский машиностроительный завод (Удмуртская Республика) совместно представили новую отечественную разработку — **винтовые сверхвысокопрочные пружины**, изготовленные на основе методики контролируемого формирования однородных наноразмерных субструктур в материале.

Технология горячей навивки пружины в специальном режиме нагрева — охлаждения — закалки каждого витка позволяет производить изделия с повышенными эксплуатационными характеристиками. Такие пружины отличаются высокой прочностью, они способны выдерживать напряжения, вдвое превышающие допустимые. При этом их долговечность увеличивается в несколько раз. Технология изготовления включает последовательные процессы скоростного нагрева заготовки-прутка, горячую навивку и охлаждение (по особому

графику) — закалку изделия, что обеспечивает образование и закрепление сформированной наноразмерной субструктуры.

Новые сверхпрочные пружины рассчитаны на самое широкое применение в различных областях: в машиностроении и энергетике, на транспорте и в ЖКХ. Новинка найдет применение в конструкциях вагонных и локомотивных тележек, энергетических установок, автомобильных подвесок, сельскохозяйственной и дорожно-строительной техники, лифтовых систем. Как показывают оценки, только на железнодорожном транспорте использование таких пружин позволит значительно сократить затраты на ремонт и эксплуатацию подвижного состава, а также повысить объемы грузоперевозок за счет увеличения нагрузки на вагонную ось.

ЛКМ и специальные составы

Известно, как велик сегодня спрос на качественную лакокрасочную продукцию. К сожалению, пока потребность в таких материалах на российском рынке большей частью удовлетворяется за счет предложений зарубежных фирм. С новинками в этой области познакомили посетителей выставки отечественные разработчики. На стенде ООО «НПК «Наномет»»

(г. Москва) демонстрировались оригинальные разработки предприятия — **ЛКМ с включениями наночастиц** (размером не более 20 нм) **различных металлов (серебра, цинка, кобальта)**. По утверждению разработчиков, совсем небольшие добавки таких наночастиц, полученных на основе созданной специалистами предприятия методики биохимического синтеза и введенных специальным способом в состав краски, приводят к появлению новых и весьма полезных свойств. В частности — бактерицидных, антикоррозионных, токопроводных, сиккативных.

Помимо специфических свойств, присущих той или иной модификации, такие краски обладают высокими эксплуатационными качествами, что позволяет использовать их в самых разных областях. Так, на выставке была представлена новая краска с биоцидными свойствами, которая уже применяется в качестве эффективного антимикробного средства на предприятиях общественного питания, в медицинских, детских и спортивных учреждениях, в сельскохозяйственных и животноводческих помещениях.

Привлекли внимание посетителей интересные новинки эффективного, уже освоенного на практике использования нанотехнологических



Режущий инструмент из нанопорошка кубического нитрида бора

разработок в производственных условиях — в промышленности, энергетике, строительстве, на транспорте. Так, например, на стенде предприятия «Автостанкопром» (г. Санкт-Петербург) можно было познакомиться с его новыми разработками — **эпиламирующими составами, предназначенными для поверхностной обработки изделий и деталей**, изготовленных из самых разных материалов — металлов, полимеров, стеклотекстолита, резины и др.

Эпиламы, включающие фторсодержащие растворы поверхностно-активных веществ и образующие наноразмерные пленки на поверхности деталей, позволяют снизить коэффициент трения и износ контактирующих поверхностей узлов и агрегатов машин, станков и механизмов. Как показывает практика, это дает возможность заметно повысить надежность и ресурс работы используемого оборудования.

Новые составы и композиции серий «Полизам», 6СФК-180, «Камп», «Эфрен», «Аквалин», созданные специалистами предприятия, предназначены к применению и с успехом используются в машино- и приборостроении, при производстве металло- и деревообрабатывающего, а также абразивного инструмента, в системах смазки и охлаждения узлов станков, машин и механизмов при металлообработке, в строительстве и на транспорте.

Энергетика и метрология

В последние годы все больший интерес вызывает практическое применение экономически выгодных и экологически чистых технологий получения электрического тока с помощью солнечной энергии. Используя для этого эффективные системы, можно вырабатывать электрический ток и подпитывать общую энергосеть.

Сегодня открываются возможности применения практически неисчерпаемых запасов солнечной энергии без нанесения какого-либо ущерба окружающей среде.



Порозиметр Porotech на стенде компании «Термо Техно»

На стенде ГК «Роснанотех» совместно с компаниями «Ренова-Оргсинтез», Oerlikon Solar и Avelar Energy Group была представлена перспективная промышленная разработка — **солнечные батареи, созданные по технологии тонких пленок**. В ее основе лежат тонкопленочные фотоэлементы на базе так называемого микроморфного кремния — тончайшего слоя аморфного кремния с нанокристаллитами размером 10–30 нм. Этот слой наносится на стеклянную поверхность панели методом плазменного осаждения из газовой фазы, содержащей силан*.

Благодаря сочетанию различных фаз кремния разработчикам удалось расширить спектр поглощаемого и преобразуемого солнечного света, заметно повысив при этом эффективность тонкопленочных панелей. Такие батареи можно располагать на участках открытых пространств, крышах любых зданий, используя их в качестве солнечных электростанций. В настоящее время на основе разработанной технологии создается промышленное производство модулей в ОАО «Химпром» (г. Новочебоксарск) с выходом на проектную мощность — 1 млн солнеч-

ных модулей в год (120 МВт/год) — в конце 2011 г.

Современные методы исследования наносистем и наноматериалов требуют использования новых подходов с привлечением точных и достоверных аналитических методов и оборудования. В свою очередь, анализ наносистем невозможен без подробного и тщательного исследования микроструктуры образцов таких материалов.

ОАО «Термо Техно» (г. Москва) показало на выставке современный **метод и оборудование эталонной порометрии**, созданные специалистами фирмы **Porotech** (Канада) для исследования пористых и микропористых материалов. Неразрушающий метод эталонной порометрии (МЭП) позволяет проводить измерения пористости, объема пор, их радиусов и распределения по размерам, удельной площади поверхности, изотермы адсорбции. МЭП может применяться для оценки контактного угла смачивания, а также гидрофильно-гидрофобных свойств многокомпонентных материалов.

Метод экологичен и не требует применения высокого давления и токсичных носителей. Измеряемый диапазон размеров пор — от 0,3 до $3 \cdot 10^6$ нм.

* Силаны — соединения кремния с водородом.

Метод и разработанная для этой цели установка (порозиметр Porotech) могут использоваться (и уже применяются) в широком диапазоне температур и давлений в самых разных областях — в машиностроении и электрохимии, строительстве и энергетике, фармацевтике и др. Применяют их при исследовании микроstructures и свойств разнообразных пористых и микропористых материалов. В частности, при проведении микроструктурного анализа различных промышленных изделий: электродов, катализаторов, батарей, топливных элементов, фильтров.

Порозиметр Porotech уже с успехом используется для нанометрического исследования и анализа микроstructures фармацевтических и химических препаратов, абсорбентов, керамики и металлокерамики, конструкционных материалов, кожи и текстиля, геологических материалов и почв, древесных, строительных материалов, абразивов и т. д.

Экология

Экологически чистая питьевая вода — жизненно необходимый и востребованный продукт питания. Более 35 т воды выпивает человек в среднем в течение жизни. Если подвергнуть очистке всю эту массу, то, как подсчитали специалисты-экологи, образуется 400–450 стаканов солей и загрязнителей. К сожалению, немалая часть этого водного «мусора» остается в организме человека: постепенно оседает в суставах, сосудах, блокирует мембраны клеток всех органов и тканей организма, не позволяя им нормально функционировать.

Оригинальную отечественную разработку в области водоочистки — **электрокоагуляционную нанотехнологию подготовки питьевой воды** — показало на выставке ООО «ТюменНИИгипрогаз» (г. Тюмень). Разработка эта весьма актуальна для многих регионов РФ и особенно там, где отмечается серьезное загрязнение водных источников. Так, по оценкам специалистов, в северных подземных водах содержание вредных

солей железа, марганца, кремния превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) от 2 до 50 раз. Поверхностные же воды вообще малопригодны для использования в качестве источников из-за высокой цветности воды, антропогенной загрязненности водоемов (особенно вблизи промышленных зон).

Как показывает практика, применение в таких случаях традиционных технологий очистки (даже с двух- и трехступенчатой фильтрацией) не обеспечивает необходимого качества питьевой воды. Разработанная на предприятии «ТюменНИИгипрогаз» технология подготовки питьевой воды отличается высокой эффективностью даже в этих сложных условиях.

При электрокоагуляционной обработке воды происходит разрушение гидратных оболочек молекул загрязняющих веществ в процессе их электрохимического наномолекулярного взаимодействия с атомами анодного алюминия. При этом в 5–10 раз возрастает скорость коагуляции и хлопьеобразования по сравнению с традиционными методиками химреагентной очистки. Технология электрокоагуляции надежно обеспечивает высокое качество очистки воды как от минеральных, так и от органических загрязняющих веществ в широком диапазоне исходных концентраций и независимо от их сезонных колебаний.

Специалистами предприятия на основе новой технологии создана и освоена в производстве **станция «Водопад»** (модельный ряд установок производительностью от 5 до 1000 м³/сут.) для очистки воды подземных и поверхностных источников с высоким содержанием железа, марганца, кремниевой кислоты, нефтепродуктов, гуминов, фосфатов. Такую станцию можно подсоединять к домам и коттеджам, жилым комплексам, общежитиям и столовым. Эффективен «Водопад» и в условиях вахтовых поселков. Новинка прошла испытания, сертифицирована и рекомендована для практического использования. Уже сегодня станции «Водопад» различной мощности успешно эксплуатируются на объектах нефтегазо-

вого комплекса, в городах и поселках, частных домах и коттеджах.

Совсем дышать нечем, жалуются сегодня многие на погоду, особенно в безветренные, душные дни. И в этом «повинны» не только погодно-климатические условия. Известно, как велика степень загрязнения атмосферы крупных городов, промышленных регионов, зон, расположенных вблизи транспортных магистралей. Выхлопные газы автотранспортных средств — двигателей внутреннего сгорания легковых автомобилей, грузовиков, дорожной, автопогрузочной, строительной техники — вносят немалый вклад в создание этого атмосферного дискомфорта. Интересную новинку, которая поможет в улучшении экологических условий окружающей атмосферы, представили отечественные ученые. На стенде ВНИТИ ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка (ГОСНИТИ) демонстрировалась новая отечественная разработка — **каталитические блоки с наноструктурным покрытием** (наноструктурированной подложкой бемита* с высокой удельной плотностью).

Такое каталитическое покрытие на основе сложных наноструктурированных оксидов металлов (без использования дорогостоящих металлов платиновой группы) можно использовать в конструкции нейтрализаторов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Важным преимуществом новинки является высокая эрозионная стойкость, а также устойчивость к воздействию соединений серы и свинца. Ресурс работы каталитического блока составляет 5 лет. Подобные надежные нейтрализаторы, не имеющие выноса ядовитых частиц в атмосферу, как показывает практика, наиболее эффективно устанавливаются на автотракторной технике, автопогрузчиках. Незаменимы они и для другой техники, работающей в условиях закрытых помещений.

Алексей Лабунский,
фото автора

* Бемит — минерал подкласса гидроксидов, входящий в состав бокситов.