

несколько сотен нанометров в результате сильных механических воздействий. Большое будущее специалисты прочат аморфным сталям (неупорядоченным на атомарном уровне системам) и композитам на их основе. Российские ученые активно изучают процессы производства металлических стекол, например, в ГНЦ ЦНИИЧермет. Среди разрабатываемых приемов получения новых композитов следует упомянуть целенаправленное внесение наночастиц-модификаторов (например, фуллеренов, углеродных нанотрубок, тугоплавких оксидов) в металлический расплав до начала кристаллизации основной массы металла. Еще одно перспективное направление исследований — получение легких материалов высокой прочности, позволяющих увеличивать полезные нагрузки на транспорте и экономии топлива.

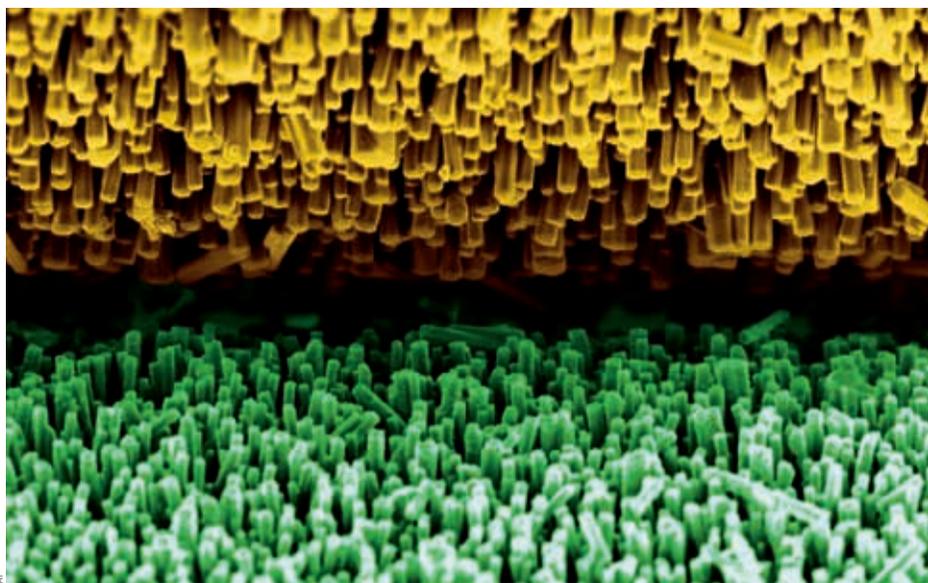
Работы по наноструктурному металлостроению проводятся в ряде российских университетов и институтов, например в столичных МИСиС, МАТИ, Институте металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН, ОАО «Институт цветметобработки», Всероссийском НИИ авиационных материалов, Всероссийском институте легких сплавов, в екатеринбургских Институте физики металлов РАН и техническом университете УГТУ УПИ, в томском Институте физики прочности и материаловедения РАН, в воронежском Техническом государственном университете, петербургском ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей» и других.

**ШАГ К ВОДОРОДНОМУ ТРАНСПОРТУ** Из-за того что далеко не все отечественные металлургические компании откликнулись на просьбу ВГ «Металлургия» сообщить, финансируют ли они работы в области нанотехнологий, составить полный перечень крупнейших проектов в этом сегменте оказалось непросто. Например, пресс-служба ГМК «Норильский никель», которую ученые дружно называют в числе крупных инвесторов в нанотехнологические НИОКР, ответила, что такие работы компания не финансирует вообще. А у группы ОНЭКСИМ, в портфеле которой достаточно много проектов в области нанотехнологий, практически все изыскания не имеют отношения к металлургии.

В «Северстали» рассказали, что у группы есть собственная программа развития нанотехнологий, в рамках которой техническая дирекция входящего в группу Череповецкого металлургического комбината организует научно-исследовательские и экспериментальные работы, направленные на разработку технологий для получения наноструктурированных материалов. В частности, компания финансирует проекты по разработке и использованию специальных сталей для работы в экстремальных условиях и нагрузках, а также по влиянию нанопорошков тугоплавких соединений (нитридов, карбидов) на повышение механических и эксплуатационных свойств штрипсовых и конструкционных марок сталей. В будущем компания намеревается организовать серийное производство созданной на основе новых технологий продукции с улучшенными потребительскими свойствами. ЧерМК планирует проводить научно-исследовательские работы совместно с ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», ФГУП «ЦНИИЧермет им. И. П. Бардина», ФГОУ «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», ФГОУ «Московский институт стали и сплавов», Институтом металлургии и материаловедения имени Байкова РАН.

По данным «Северстали», совместно с «Прометеем» компания уже подала две заявки на соинвестирование проектов в госкорпорацию «Роснано». «К сожалению, ГК «Роснано» не финансирует начальные стадии НИОКР (научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ), а такие стадии предусмотрены в каждом из двух проектов. Поэтому работу по организации ряда научно-исследовательских и экспериментальных работ по развитию нанотехнологий ЧерМК планирует осуществлять самостоя-

**«В РЯДЕ СЛУЧАЕВ, ЕСЛИ ПЕРЕСТАРТАТЬСЯ И ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЧАСТИЦЫ ЕЩЕ МЕНЬШЕГО РАЗМЕРА, В КАКОЙ-ТО МОМЕНТ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НАЧНУТ НЕ УЛУЧШАТЬСЯ, А УХУДШАТЬСЯ»**



УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ ПОКА ВИДНЫ ТОЛЬКО УЧЕНЫМ ЧЕРЕЗ ОКУЛЯР МИКРОСКОПА

тельно», — сетует представитель «Северстали». Впрочем, в данном случае логика работы корпорации понятна: «Роснано» не пытается дублировать задачи федеральных целевых программ Роснауки, фокусируя свою активность на практические задачи внедрения результатов НИОКР в популяризацию и производство нанотехнологической продукции.

Крупнейший в мире производитель алюминия ОК «Русал» также ищет способы улучшения потребительских свойств своего «профильного» металла. В октябре компания подвела итоги первого этапа глобальной программы инновационных исследований по применению алюминия и расширению сфер использования металла, которую проводит совместно с Международным институтом алюминия. По итогам первого этапа было отобрано более 30 серьезных заявок от университетов и научно-исследовательских центров из России, США, Австралии, Европы и Азии.

Из трех лучших проектов, которые получат гранты уже в 2009 году, два напрямую связаны с использованием нанотехнологий. В частности, проект австралийского Университета Куртин по использованию алюминия в качестве источника водорода для транспорта предусматривает применение этого металла в качестве материала для накопления и удержания водорода для решения главной проблемы перехода на «водородную экономику». Исследователи австралийского университета провели предварительные эксперименты, в результате которых выяснилось, что заключенные в оболочку солей наночастицы AlH<sub>3</sub> удерживают водород, который затем может быть выделен механическим способом. По мнению ученых, дальнейшее исследование этого процесса позволит оптимизировать технологию и создать жизнеспособную систему для накопления и удержания водорода. Практическое применение новой технологии в транспортных средствах позволит перейти в будущем на создание автомобилей, которые вместо бензина будут потреблять водород, что существенно снизит вредное воздействие транспортных средств на окружающую среду и внесет огромный вклад в решение глобальной проблемы климатических изменений.

На этот проект, рассчитанный на три года, «Русал» выделит \$180 тыс. Еще \$500 тыс. металлургический холдинг предоставит Нижегородскому государственному техническому университету для разработки технологии создания объемных «вязаных» композитных конструкций на основе алюминиевого волокна. По данным «Русала», в отличие от технологии углеродных композитов, этот метод основан на использовании металлического волокна с особыми способами упрочнения, что позволяет снизить общий

**ЧЕГО ЖДАТЬ ОТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

По данным директора института «Гиредмет» Юрия Пархоменко, при промышленном производстве и широком внедрении наноразмерных материалов на основе редких, цветных и драгоценных металлов только в металлургии и машиностроении металлоемкость снизится на 20–30%, срок службы изделий увеличится в пять-десять раз. Ресурс ра-

боты двигателей внутреннего сгорания увеличится в 2–5 раз, работы химической аппаратуры и оборудования — в 12–16 раз. Благодаря применению редких металлов и полупроводниковых материалов в электронных технологиях и приборостроении ресурс работы приборов вырастет на 20–30%, надежности — на 15–25%, выхода годных изделий — на 20–40%. Также значительно вырастет ресурс ра-

боты твзлов и экологической чистоты и биологической безопасности атомных станций, повысятся электрические свойства и прочность алюминиевого и медного кабеля, на 20–30% снизится ресурсоёмкость изделий из черных металлов, цинка, алюминия, вольфрама, меди и других металлов и сплавов.

вес конструкций до 40%. При этом по сравнению с традиционными металлическими конструкциями энергетические затраты производства металлокомпозита в десятки раз ниже, так как энергия тратится не на расплав металла, а на его пластическую деформацию. Новая технология позволяет получать металлокомпозитные структуры для автопрома, стоимость которых существенно ниже аналогов, изготовленных традиционным способом. Использование легких и прочных алюминиевых композитов позволяет уменьшить вес транспортных средств, экономить топливо и сокращать выбросы углекислого газа в атмосферу. Первые серьезные результаты исследований в виде прототипов и исследовательских статей компания планирует получить уже к 2010–2011 годам.

Кроме того, ученые «Русала» ведут разработку новой технологии получения алюминия, которая одновременно и более экологична, чем традиционная, и снижает себестоимость производства тонны металла на \$300. Это так называемая технология инертного анода, при которой в электролизере не расходуется углерод. При получении алюминия стандартным способом на тонну металла сжигается до полутона угольных анодов. При этом сгоревшие аноды необходимо каждые 20–25 дней заменять на новые, что существенно повышает себестоимость производства алюминия. По мнению разработчиков этого метода, теоретически существует возможность выделения алюминия из его оксида без участия углерода, при этом не расходуются аноды и генерируется кислород, который может быть впоследствии превращен в коммерческий продукт. Еще в 2004 году в компании был открыт проект НИОКР «Электролизер с инертными анодами», в рамках которого сейчас разрабатываются различные варианты конструкций электролизеров с инертными анодами, изготовленными из стойких к расплавам электролита материалов. В ближайшие два-три года компания намерена выйти на промышленные испытания собственной технологии инертного анода и подготовить ее к внедрению к 2012 году.

«Новинкой или особенностью выполняемых разработок инертного анода является применение наноматериалов», — рассказывают представители «Русала». — Применение нанопорошка никеля в инертных анодах системы NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ni позволило добиться высокой плотности получаемых образцов. При определенном соотношении исходных компонентов и технологических параметрах производства плотность получаемых образцов достигала 99,8% от теоретической, что на 5–10% превышает полученные ранее результаты с применением порошков микро-

ной размерности. Еще одним новшеством, связанным с применением наноматериалов, является использование нанопорошков металла для стабилизации поверхности анода. Путем добавления нанопорошков в электролит для гальванического осаждения анодного покрытия мы смогли добиться многократного повышения коррозионной устойчивости анода».

**НЕ ВСЕ ХОРОШО, ЧТО НАНО**

Сергей Салихов замечает, что вокруг нанотехнологий поднято слишком много шумихи, хотя пока имеет смысл вести речь лишь о создании новых материалов, обладающих свойствами, которые в обычном микроструктурном состоянии не проявляются. «Не все, что хорошо, имеет наноразмеры. И, в свою очередь, не все, что „нано“, имеет практическое значение», — поясняет он. — В ряде случаев если перестараться и использовать частицы еще меньшего размера, свойства материалов в какой-то момент начнут не улучшаться, а ухудшаться. Кроме того, важно не просто получить материал в наносостоянии, но и суметь довести его до стадии практического использования».

В качестве иллюстрации своих слов ученый рассказывает о сложностях, возникающих при микролегировании металла в процессе его разлива (при получении полузаготовки). «Вы думаете, если в металлургический ковш при разливе металла засыпать нанопорошок, содержащий фуллерены или нанотрубки, качества металла улучшатся? — спрашивает Сергей Салихов. — Ничего подобного. Железо склонно к образованию углеродных соединений, карбидов. Так что фуллерены и нанотрубки сразу начнут образовывать карбиды, как при производстве обычной стали. Если же использовать тугоплавкие частицы типа Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, их надо каким-то образом добавить и как-то перемешивать».

Наиболее перспективными можно считать исследования в области легирования фуллеренами или нанотрубками меди, которая не образует соединений с углеродом, и, кроме того, металл можно упрочить, не ухудшив его производящие свойства. Таким образом можно, в частности, производить медные провода с гораздо большим запасом прочности. Сейчас ФГУП «Прометей» исследует возможность микролегирования меди посредством быстрого введения в расплав наноструктурной проволоки, благодаря чему в структуре металла происходит равномерное распределение частиц.

Представитель МИСиСа отмечает, что многие нанотехнологические проекты уже вышли на стадию опытно-промышленной эксплуатации, например по порошковой металлургии и по созданию «умных» материалов для профилактики тромбозов в медицинской промышленности. В целом внедрение разработок проходит довольно быстро, в пределах трех лет. А от фундаментальных исследований до промышленного внедрения проходит семь лет. Самый быстрый эффект, как правило, дает использование нанотехнологий в мелкосерийных производствах, таких, как выпуск материалов для медицинской промышленности. По словам Сергея Салихова, пока ученые не ощущают резкого снижения объемов финансирования, оно остается на прежнем уровне как по хозяйственным договорам с бизнесом, так и по госфинансированию.

Поскольку нанотехнологии в России превратились в своего рода культ и на их развитие выделены большие госинвестиции, одной из самых серьезных проблем этого направления науки стал наплыв желающих «откусить от финансового нанопирого». Это даже не обязательно шарлатаны — зачастую исследователи пытаются «притянуть за уши» нанотехнологии, чтобы получить деньги под свои проекты. Собеседники ВГ вспоминают, что кто-то пытался отнести свой проект к «нано», уверяя, что наноструктурное состояние у металла само собой возникает в месте закрытого соединения с деталью. Фильтруют такие проекты обычно эксперты крупнейших отраслевых НИИ. ■

