

Е.С. Полат – М.: Изд. центр «Академия», 2000. – 272 с.

4. Потапова Р.К. Новые информационные технологии и лингвистика: Учебное пособие. – М., 2005.

Нанобум и ВУЗ

д.т.н., проф. Волков Г.М.
МГТУ «МАМИ»

В последние годы в мировом сообществе произошел резкий всплеск интереса к вопросам нанотехнологии. В большинстве промышленно развитых стран приняты программы государственной поддержки работ в данном направлении. Объективным отражением отклика мирового научно-технического сообщества на государственное внимание может служить количество публикаций по данной тематике.

По вопросам нанотехнологии ежедневно выходит около 200 только отражаемых в Указателе цитированной литературы (SCI) статей, ежедневно проходит 1 международная конференция (симпозиум, семинар, научная школа) и выходит из печати 1 монография или сборник статей [1]. Издается 45 специализированных журнала по нанотематике, из них 5 русскоязычных. Кроме того, статьи по вопросам нанотехнологии печатают 360 отражаемых в SCI журналов естественного, научного, технического и биологического профиля. И это не считая Интернета и других электронных изданий. Интерес огромный!

Общественное и государственное внимание к нанотехнологии вызвано выдающимися свойствами вещества в наноразмерном интервале его дискретных элементов и технических устройств на их основе. Теория нанотехнологии и практика ее реализации в сфере материального производства прогнозируют фундаментальную перестройку существующей технологии машиностроения, изготовления промышленных изделий и лекарственных препаратов, функционирования систем энергоснабжения, охраны окружающей среды, транспорта, связи, вычислительной техники и практически всех других отраслей промышленного производства на принципах нанотехнологии с использованием наноматериалов.

В подтверждение реальности таких прогнозов отмечают, что за последние 50 лет научно-технические разработки повлияли на социальную жизнь значительно сильнее, чем за предыдущие 5 тысячелетий. Это телевидение, электроника, компьютер, мобильная связь и др. Не менее впечатляющее влияние на темпы развития мирового сообщества окажет реализация во всех сферах производственной деятельности человека потенциальных возможностей нанотехнологии. Однако отметим, что все новейшие научно-технические достижения не могли бы состояться без предварительного создания научных основ и технологических принципов производства современных материалов, удовлетворяющих требованиям новой техники.

Ускоренное развитие нанопромышленности потребует коренного изменения в системе технического образования. Следующими поколениями будут востребованы знания по различным областям наноматериалов и нанотехнологии, что потребует пересмотра образовательных программ по многим научным и инженерным специальностям.

Университеты промышленно развитых стран уже выпускают специалистов по нанотехнологии. В вузах России с 2003 г. в экспериментальном порядке также открыто направление подготовки дипломированных специалистов «Нанотехнология» [2]. В ведущих технических университетах России введены специальности «Нанотехнология в электронике» и «Наноматериалы».

Однако в условиях прогнозируемой перестройки основных принципов материального производства каждый выпускник любого высшего учебного заведения, особенно технического профиля, обязан представлять теоретические основы и потенциальные возможности нанотехнологии в грядущих преобразованиях условий жизни и трудовой деятельности каждого члена общества.

Организационное решение данной актуальнейшей задачи адекватного отклика высшего образования на запросы общества на уровне Минобразования РФ отсутствует. В качестве частичной компенсации необходимых мер мы в рамках существующей программы обще-

технического курса «Материаловедение» в экспериментальном порядке на нескольких потоках ввели одну лекцию по нанотехнологии и начали подготовку лабораторной работы по наноматериалам.

Следует отметить, что принятое нами решение не отменяет необходимости введения ознакомительного курса по нанотехнологии для всех специальностей технических вузов. Для адекватного преподавания данного курса необходимо обязательное наличие некоторых предпосылок:

- Преподаватель должен иметь опыт активного участия в научно-исследовательской работе по тематике нанотехнологии.
- Научно-исследовательская работа предполагает наличие доступного преподавателю технологического и аналитического оборудования.
- Необходимо адекватное уровню сложности исследований в области нанотехнологии финансирование работ.
- Оборудование, необходимое для проведения исследований в области нанотехнологии, стоит дорого и может функционировать только при наличии высококвалифицированного обслуживающего персонала. Имеющаяся в штатном расписании кафедры ставка старшего лаборанта с окладом менее 1500 руб. не привлекательно даже для студента без всякой квалификации и абсолютно не соответствует ожиданиям специалиста высокой квалификации. А лаборанту с таким окладом опасно доверять обслуживание оборудования стоимостью в миллионы рублей.

Отсутствие хотя бы одной из этих предпосылок делает сомнительной эффективность введения такого курса для ликвидации нанотехнологической безграмотности будущих специалистов с высшим техническим образованием.

Наша кафедра не имеет нанотехнологического оборудования и не обеспечена соответствующим финансированием для его приобретения и последующей организации обслуживания высококвалифицированными операторами установок. Государственное финансирование декларируемых кафедрой работ по созданию наноматериалов со свойствами выше мирового уровня также отсутствует. Однако кафедра МГТУ «МАМИ» выгодно отличается от аналогичных кафедр других российских вузов, получающих финансирование на попытку догнать передовые страны с нулевого уровня развития работ по нанотехнологии, наличием многолетнего опыта активной работы заведующего кафедрой в области нанотехнологии.

Наши первые публикации по нанотехнологии относятся к 1958 г. [3]. Была показана эффективность нанотехнологии в процессе извлечения гуминовых кислот из торфа, бурых и окисленных каменных углей. Путем механохимической обработки в исходном сырье формировали наночастицы гуминовых кислот, что увеличило их выход в 3,5 раза и позволило периодический процесс извлечения перевести в непрерывный.

Основные теоретические положения одностадийной технологии объемных нанокompозитов были сформулированы в 1962 г. Лабораторная проработка теоретических положений завершилась в 1966 г. получением авторского свидетельства СССР на технологию нанокompозитов системы углерод-углерод. Приоритетная публикация о нашей разработке представлена в работе [4].

Отметим, что наши работы по нанотехнологии выполнены задолго до широкого развития работ по нанотехнологии в мировом сообществе и признания самого термина «нанотехнология», который появился в иностранной печати только в 1974 г. [5] и лишь позднее был заимствован российскими учеными.

Переход от лабораторной к промышленной стадии производства углеродного нанокompозита занял 16 лет интенсивного труда: в 1972 г. была создана пилотная установка, в 1974 г. завершена отработка промышленной установки в заводских условиях, к 1982 г. организовано массовое производство углеродного нанокompозита на заводах трех министерств. В 1986 г. разработка была удостоена золотой медали ВДНХ.

Одновременно с развитием технологии выполнялись не менее интенсивные работы по исследованию потребительских свойств углеродного нанокompозита в экстремальных усло-

виях эксплуатации и их реализации в передовых конструкциях изделий новой техники.

Материал обеспечивает работоспособность перспективных машин, приборов самого разного назначения: от новейших технических устройств (термоядерный реактор, искусственный клапан сердца) до традиционных элементов современного машиностроения (торцевые уплотнения высокотемпературных агрессивных сред, антифрикционные вкладыши газодинамических подшипников).

Наличие такого задела позволило кафедре рекомендовать к исполнению эксперимент по введению в традиционный курс «Материаловедение» одной лекции по нанотехнологии с надеждой в дальнейшем получить адекватное финансирование для дальнейшего развития наших теоретических работ в области нанотехнологии и экспериментальных работ по созданию новых нанокompозитов со свойствами выше мирового уровня.

В лекции на уровне, доступном для понимания студентов любой специальности любого технического вуза, рассматриваются следующие вопросы:

1. Что такое нанотехнология.
2. На чем основаны выдающиеся свойства наночастиц и созданных на их основе материалов нового поколения.
3. Как реализовать свойства наночастиц в материале со свойствами выше мирового уровня.
4. Примеры технического применения продуктов нанотехнологии.

Приставка «нано-» переводится как «карлик», 1 нанометр равен $1 \cdot 10^{-9}$ м. К наноразмерным принято относить дисперсные частицы вещества или дискретные элементы структуры материала, если их геометрические размеры хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм.

Приставка «макро-» означает большой. Макрообъектами считают материальные тела, видимые при увеличении от менее ($\times 50$) до наблюдаемых невооруженным глазом.

Технический потенциал нанотехнологии основан на различии энергетического состояния атомов вещества в объеме и на поверхности раздела фаз (рис. 1).

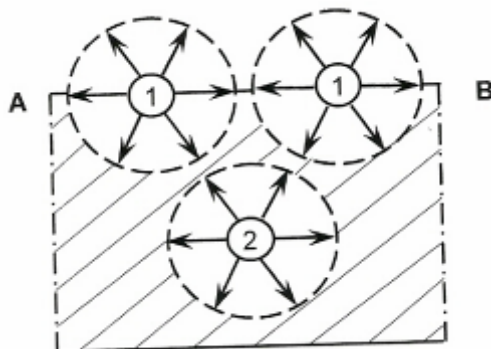


Рис. 1.

Силовое поле атомов, расположенных на поверхности вещества, резко отличается от энергетического состояния атомов в его объеме. Внутренние атомы испытывают равномерное воздействие окружающих атомов. В данном случае равнодействующая сил атомарного взаимодействия практически равна нулю. Атомы на поверхности раздела фаз имеют неуравновешенные взаимодействия с другими атомами свободные валентности.

Если вещество находится в жидком состоянии, то свободные валентности атомов на его поверхности реализуются в поверхностном натяжении, наличие которого нам наглядно демонстрируют свободно скользящие по поверхности воды жуки-водомерки.

В случае твердого тела наличие поверхностной энергии менее заметно, не имеет наглядного подтверждения и в обыденной жизни практически не учитывается. Однако при последовательном измельчении вещества размер дисперсной частицы достигает определенного размера, когда влияние свободной валентности внешних атомов на свойства вещества уравновешивается влиянием внутренних атомов. Этот размер, который мы назвали критическим диаметром ($d_{кр}$), может служить четким критерием величины наночастиц и фрагментов

структуры материала на их основе, позволяющим очертить границы нанотехнологии.

При размере дисперсной частицы более $d_{кр}$ комплекс физических и химических свойств ее вещества не отличается от свойств вещества в макрообразце. При размере дисперсных частиц меньше $d_{кр}$ влияние свободной валентности внешних атомов на свойства вещества начинает преобладать над влиянием внутренних атомов, т.е. оно приобретает другие свойства, отличающиеся от свойств вещества в макрообразце.

В данном случае количественная разница в размерах переходит в качественное отличие свойств вещества. При размере дисперсных частиц более $d_{кр}$ свойства вещества определяются законами классической физики, а при меньшем размере начинают действовать законы квантовой механики. Дисперсная частица переходит в новое качество: она становится наночастицей, а их компактная консолидация позволяет получить наноматериал.

Для экспериментального определения $d_{кр}$ выбрали углерод, что интересно в научном плане: количество известных химических соединений углерода многократно превышает суммарное количество соединений всех остальных элементов таблицы Д.И. Менделеева. Это соотношение существенно увеличилось после открытия фуллеренов, углеродных нанотрубок и их производных.

В утилитарном плане представляет интерес углерод в аллотропной модификации графита: только он выделяется среди всех известных химических элементов и их соединений способностью оставаться в твердой фазе при температурах свыше 4000°C и только на его основе создано крупнотоннажное производство углеродных материалов конструкционного назначения.

Рассматривая графит как предельную степень конденсации углеводородов ароматического ряда, оценили критический диаметр его наночастиц. Для углерода в аллотропной модификации графита верхний предел наноразмерного диапазона его дисперсных частиц составляет около 10 нм (рис. 2).

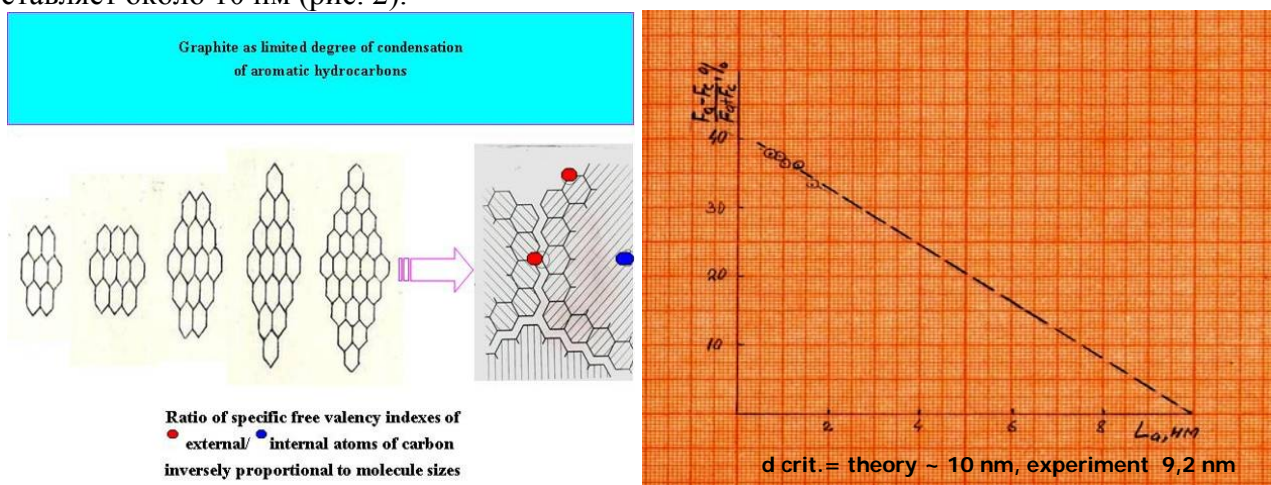


Рис. 2. Индекс свободной валентности конденсированных углеводородов ароматического ряда обратно пропорционален размеру молекулы. Рассматривая графит как крайний член ряда, получаем значение критического диаметра его наночастицы $d_{кр} \sim 10$ нм

Однако использовать дисперсные частицы наноразмерного диапазона в качестве конструкционного материала машиностроительного назначения затруднительно. Возможность конструкционного применения целевого продукта нанотехнологии появляется только в результате консолидации наноразмерных частиц вещества в макрообъекты, пригодные для изготовления из них деталей машин, приборов и других технических устройств.

В качестве технологического приема консолидации дисперсных частиц в макрообразец часто используют введение дисперсного наполнителя в определенную матрицу с получением соответствующего композиционного материала системы матрица-наполнитель. Свойства получаемого композита зависят от свойств, как наполнителя, так и матрицы.

Только при адекватной оценке размера наночастиц и удовлетворительном технологи-

ческом решении их получения и компактирования можно получить нанопродукт, свойства которого будут многократно отличаться от свойств идентичного по химическому составу материала традиционной технологии. В противном случае улучшение свойств матрицы за счет введения дисперсных, но выходящих за пределы наноразмерного диапазона частиц будет измеряться лишь процентами от исходного уровня в соответствии с правилом аддитивности свойств композиционного материала.

В настоящее время основные технологических операции нанотехнологии – получение наночастиц и их компактирование – осуществляются отдельно, они разделены в пространстве и во времени. Это экономически не оправдано и поэтому не может служить основой промышленного производства нанокompозитов конструкционного назначения.

Мы показали, что возможно совместить получение наночастиц углерода в аллотропной модификации графита и их компактирование в едином технологическом процессе. При этом углеродные наночастицы и связывающая их углеродная матрица формируются одновременно в одном химическом реакторе. Промышленный технологический процесс углеродного нанокompозита отработан на макрообразцах в виде пластин, труб и натуральных изделий размером до 200 мм при толщине стенки до 10 мм в производственных условиях.

Предлагаемый подход может быть использован для создания одностадийной технологии наносистем матрица-наполнитель другого химического состава.

Структура и основные свойства углеродного нанокompозита согласуются с теоретическим прогнозом. Размер дискретных элементов структуры углеродного нанокompозита по результатам многолетних контрольных испытаний сдаточных партий производственной продукции составляет 9,2 нм, что удовлетворительно согласуется с теоретическим значением $d_{кр}$ (10 нм). Углеродный нанокompозит, как и следует из теоретического анализа нанотехнологии, многократно превосходит углеродные материалы традиционной технологии: по прочностным показателям – в 3 раза, по коэффициенту трения – в 5 раз, по коэффициенту катодного распыления – в 15 раз, по окислительной стойкости – до 300 раз. Кроме того, он химически и биологически инертен, непроницаем для жидкости и газа, радиационностоек, а по высокотемпературной удельной прочности превосходит вольфрам.

Уникальные свойства углеродного нанокompозита, подкрепленные возможностью получения крупногабаритных изделий в промышленных масштабах, создали предпосылки для разработки и изготовления изделий современного машиностроения, не имеющих аналогов в мировой практике.

Отмеченный комплекс свойств углеродного нанокompозита обеспечивает работоспособность перспективных машин, приборов и технических устройств самого разного назначения.

Далее в лекции рассматриваются примеры и потенциальные возможности технического применения углеродного нанокompозита.

Литература

1. Andrievski R.A. Proc. Bulk Nanomaterials Ufa: USATU, 2007
Приказ Минобразования РФ № 2398 от 4.06.2003
2. Волков Г.М. Тезисы докладов совещания «Новые методы рационального использования местных топлив» Рига: Изд-во АН Латв.ССР, 1958
3. Волков Г.М. и др. Доклады АН СССР, т.183, 1968 г., № 2.
4. Taniguchi N. Proc. Intl. Conf. Prod. Eng. Tokyo: Part II, 1974

Повышение эффективности изучения нормативных документов на основе совершенствования методического обеспечения дипломного проектирования

к.т.н, доц. Андрух О.Н., Короткова Л.Н.
МГТУ «МАМИ»

Основные виды деятельности, к которым готовят современных студентов ВУЗов, сформулированы в квалификационных характеристиках государственных образовательных