

УДК 620.18:677.314

**НАНОТЕКСТИЛЬ: ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ,
СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**

Н.В. ДАЩЕНКО, А.М. КИСЕЛЕВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Впервые концепция наноматериалов была сформулирована Г. Глейтером, который ввел термин "нанокристаллические материалы" (позднее "наноструктурные", "нанофазные", "нанокompозитные" и др.) [1]. Метод Глейтера был использован многими исследователями и научными школами при изучении свойств наноматериалов,

и в 90-х годах XX столетия этот процесс начал развиваться лавинообразно.

Концептуально идея создания и методы получения наноматериалов изложены в работах [2] и [3].

В табл. 1 представлены возможные методы получения консолидированных наноматериалов по отношению к наноматериалам различного назначения [4].

Т а б л и ц а 1

Группа	Основные разновидности	Объекты
Порошковая технология	Метод Глейтера (газофазное осаждение и компактирование)	Металлы, сплавы
	Электроразрядное спекание	Химические соединения
	Горячая обработка давлением	
Пластическая деформация	Равноканальное угловое прессование	Металлы, сплавы
	Деформация кручением	
	Давлением из многослойных композитов	
Пленочная технология	Осаждение из газовой фазы	Элементы, сплавы Химические соединения
	Электроосаждение	
	Золь-гель технологии	

Объектами наносистем являются тела с такой массой, что их эквивалентный диаметр (диаметр сферы, объем которой равен диаметру тела) находится в пределах нанointервала 0,1...100 нм.

Многочисленные исследования выявили значительные и технически интересные изменения физико-механических и физико-химических свойств наноматериалов при размере структурных составляющих

от нескольких единиц до нескольких сотен нанометров [5]. Эти трансформации могут быть целенаправленно использованы в различных областях науки и техники, включая получение текстильных волокон и материалов с принципиально новыми характеристиками.

Мировые тенденции развития нанотехнологий в настоящее время отличает их проникновение в традиционные промыш-

ленные процессы [6], [7]. Достижения в сфере молекулярных композитных составов позволили создать новое поколение текстильных материалов ("нанотекстиль"). При этом важно понимать, что если обработка текстиля по традиционной технологии предусматривает внедрение химических соединений (препаратов) в его структуру, образованную волокнами (нитьями), то нанотехнологическое воздействие не затрагивает этой макроструктуры.

Принципиально новые свойства наноматериалов обеспечиваются на микро- (но не макро-) уровне. Так, например, известна нанотехнология изготовления сверхпрочного текстильного волокна, нить на основе которого имеет диаметр $5 \cdot 10^{-7}$ м и образована десятками миллионов нанотрубок, соединенных между собой с помощью специального полимерно-связующего вещества. Из таких волокон получают материалы для изготовления облегченных бронежилетов, спортивного инвентаря, одежды и белья с новыми потребительскими качествами.

В результате исследований, проведенных в Институте электрохимии РАН, разработана технология получения коллоидных растворов, содержащих наночастицы серебра, обладающих высокой антибактериальной активностью. Наличие таких систем в составе композиций, нанесенных на текстильный материал, в частности, лечебно-перевязочный, резко повышает эффективность лечебного действия. Данная технология известна как "метод биохимического синтеза наночастиц металлов в обратных мицеллах" [8].

Еще одним примером проявления специальных свойств у текстильных наноматериалов является ткань из специального полиэфирного волокна (Trevira CS), которая имеет повышенную устойчивость к возгоранию, обусловленную модифицированной на молекулярном уровне структурой волокнообразующего полимера. Подобные текстильные материалы одновре-

менно обладают грязеотталкивающими свойствами, формоустойчивостью, повышенной воздухопроницаемостью и рекомендуются для оформления интерьеров общественных помещений и транспортных средств [9].

В Московском институте электронной техники проведены исследования наноразмерных материалов, имеющих отношение к объектам текстильной и легкой промышленности [10]. Неразрушающими методами контроля (ИК-спектроскопии, атомно-силовой микроскопии – АСМ) установлена структура наноразмерных образцов льняного волокна. Показано, что на поверхности волокон, модифицированных металлическими наночастицами, имеются различные доли размерных фракций, как в виде отдельных кластеров, так и в скоплениях, формирующих "панцирь" со средним диаметром 10 нм.

Важно отметить, что разработанные методы АСМ и инверсионной вольтамперметрии, помимо анализа структуры текстильных волокон, позволяют определить содержание в них микроколичеств токсикологически и экологически опасных включений (формальдегид, пентахлорфенол, пестициды, тяжелые металлы и др.). Такая возможность анализа актуальна в связи с повышением жесткости требований к чистоте текстильных технологий и продукции, которые содержатся в современных международных стандартах "Эко-текс-100", ИСО-9000.

Таким образом, нанотехнологии в приложении к текстильным процессам и материалам сегодня уже не только перспективное научно-техническое направление, но реалии интенсивно развивающейся коммерческой "ниши".

О возможностях применения нанотехнологий в текстильной промышленности можно судить по данным, представленным в табл. 2.

Текстильный объект	Возможности наносистем и нанотехнологии
Полимеры (волокна) и ткани	Структурирование тканей с помощью наночастиц, синтез полимеров и волокон с заданными свойствами, МЭМС и НЭМС – датчики контроля текстильного материала. Биомиметика (совместимость текстильного материала с живыми организмами)
"Умный" текстиль (одежда)	Дисплеи и носители информации, беспроводная связь, микродатчики мониторинга состояния организма Наноактюаторы Мониторинг окружающей среды Сверхпрочные композиты и материалы Электро- и фотопроводящие ткани Солнечные тканевые панели и др.
Биосовместимая одежда	Биомиметические полимеры Бактериальные культуры Создание текстиля микроорганизмами Биомаркеры
Нанопокрyтия для тканей	Антистатические Радиопоглощающие Негорючие Антисептические Водонепроницаемые Износоустойчивые Самоочищающиеся
Системы производства и контроля	Интеграция НЭМС-датчиков, акустические системы, "нано-фабрики" синтеза, нанокатализ полимеризационных процессов
Новые материалы	Ткани с алмазoидными включениями, ткани на основе нанотрубок, ткани на основе дендромеров, наночастицы-наполнители, металлизированная резина и др.

Развитие нанотехнологий, систем контроля и специальных препаратов привело к созданию так называемого "умного" текстиля, некоторые примеры использования которого приведены ниже. В мебельной промышленности созданы образцы продукции, обивка которой при прикосновении к ней способна изменять цвет и источать аромат, подобранный по желанию заказчика изделия. Подобная мебель выпускается в Италии и странах Европейского Союза.

Компанией "France Telecom" созданы беспроводные дисплеи, которые размещаются на рукаве одежды и регистрируют уровень эмоций ее владельца. При проведении видео-презентации новой технологии "Communicating Clothes" демонстрировался эффект ускорения пульсации красного "электронного" сердца на женском костюме при позитивных эмоциях и его

замедление при переходе к плохому настроению (негативные эмоции).

Специальные дисплеи (LED), работающие на базе "Bluetooth-технологии", отличаются легкостью, малой толщиной и в ряде случаев способны улучшать дизайн костюма.

Новым направлением в данной области является передача изображений с датчика (нашивки), расположенного на одежде в виде MMS, на мобильный телефон.

Известны попытки (Массачусетский технологический институт, США) изготовления одежды (плащи, футболки), полностью состоящей из структуры дисплеев на основе так называемой "электронной пряжи", изготовленной из набора покрытых чернилами проводящих и непроводящих нитей, способных к температурному изменению цвета (термохромный эффект). Нагрев нитей под действием слабого

(безопасного) электрического тока приводит к изменению цвета чернил и созданный дизайнером рисунок (в форме конфигурации нитей) визуально проявляется в структуре ткани.

Фирмой "International Fashion Machines" ведутся аналогичные разработки с целью выпуска различных видов текстильных изделий: от больших экранов, вмонтированных в ковры, до микроламп, обладающих термохромным эффектом на уровне температуры человеческого тела.

Уже сегодня созданы образцы одежды, предсказывающей погоду. Например, плащ, оснащенный специальным дисплеем, способен изменять свой цвет в зависимости от погодных условий. Прогноз погоды текстильному изделию передается по

сети Интернет посредством беспроводной связи.

Специалистами из университета штата Аризона (США) (руководитель профессор F. Sengausern), главным образом, для военных целей, разрабатываются "биометрические одежные комплексы", содержащие набор дисплеев, датчиков для регистрации концентрации и вида вредных веществ, топливные элементы, микронасосы и т.п.

Такая одежда по индивидуальному специфическому запаху человеческого тела (аналогия дактилоскопии) позволяет судить о состоянии здоровья военнослужащего, регистрирует показатели температуры, давления и пульса. Подобные костюмы успешно могут использоваться медиками и спортсменами высокого уровня подготовки (рис. 1).

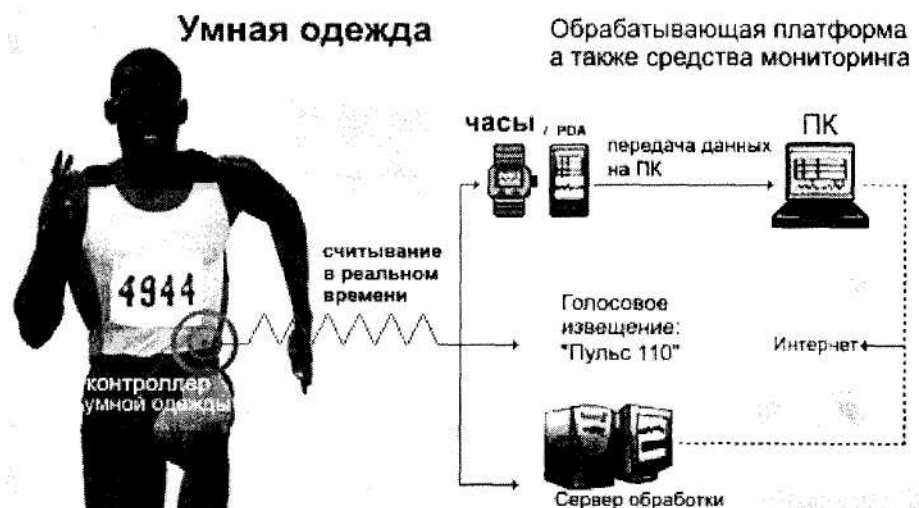


Рис. 1

"Биометрические костюмы" перспективны в области медицины, где они могут контролировать состояние больного и сигнализировать о необходимости лечебных инъекций. Это актуально, например, для больных сахарным диабетом.

Говоря о текстиле будущего, можно сослаться на работы группы ученых университета в Беркли (США), которые заняты проблемой хранения и передачи информации от одежды к персональным компьютерам ее владельцев. С этой целью "Electronics Group" конструирует матрицы транзисторов, составляющих основу "ткани", ко-

торые могут быть организованы в структуры хранения и передачи данных.

Подобная одежда будет представлять собой компьютерную сеть, способную взаимодействовать с Интернет и локальными сетями с помощью беспроводных технологий. Для интеграции микротранзисторов в структуру ткани рекомендованы тонкие армированные нити со специальным покрытием, а также композитные материалы, состоящие из нескольких слоев хлопка и матрицы нитей, содержащих миллионы транзисторных единиц. В настоящее время ведется поиск более деше-

вых способов создания такой "умной" одежды.

В ассортименте современного "Smart-текстиля" имеется ряд образцов, требующих отдельного рассмотрения. Так, Мауро Талиани, дизайнер итальянского модного дома "Corpo Nove", разработал так называемую "одежду для ленивых", обладающую специфической "памятью формы".

Такая одежда способна к изменению линейных размеров при температурных колебаниях (например, костюм потеющего человека меняет свои очертания). Рубашка для ленивых не мнется даже при сильном смятии и восстанавливает свою форму через 30 с после снятия нагрузки. Стоимость таких изделий пока высока и составляет 3750 долларов.

Создается одежда, более тесно облегающая тело при понижении температуры (согревающий эффект) и, напротив, известны самоохлаждающиеся костюмы с вшитой тонкой трубкой (длиной до 50 м), содержащей нетоксичную охлаждающую жидкость. Прототипом таких костюмов является спецодежда для рабочих атомных станций, где температура в зоне обслуживания достигает 70°C.

Интересным образцом термоодежды служит костюм, известный под названием "Абсолютный ноль". Он согревает тело человека независимо от температуры окружающей среды и его материал на 99,8 % состоит из воздуха (структура аэрогеля). Данная воздушная прослойка обладает согревающим эффектом при температурах ниже -80°C.

Для работников транспортной отрасли и авто- и мотолюбителей разработаны костюмы с нагревом до 35...43°C; при этом с помощью микрокомпьютера может осуществляться локальный нагрев участков тела (по желанию).

В современном дизайне текстиля и костюма используются различные нетрадиционные волокна (стеклянные, из молочного протеина, углеродные, ультратонкие и др.) и материалы с формированием на них рисунков с помощью текстильных принтеров (струйная цифровая печать).

Повышение экзотичности таких материалов и изделий с созданием hi-tech-моделей достигается их интеграцией с современными электронными устройствами. Среди таких моделей можно выделить жакет-телевизор (автор Stefan Fitch, Mit Media Lab.), в спинную часть которого вмонтирован монитор-TV. По мнению разработчика, данная модель может быть полезна для коммерческих работников и рекламных агентов.

Следует отметить, что при производстве современного "умного" текстиля приоритет имеют натуральные волокна и волокна нового поколения с улучшенными и специфическими характеристиками.

Так, профессором Г.Е.Кричевским в исследовании [11] дается понятие нанотехнологии, оценивается возможность их применения в текстильном производстве. Описаны способы получения и свойства нановолокон (в том числе ультратонких), освещены особенности нанотехнологических процессов отделки текстиля, даны примеры соответствующей продукции, выделены проблемы и перспективы развития нанотехнологий в производстве текстиля бытового и специального назначения.

В том случае, когда необходимо улучшить потребительские или специальные свойства текстильных материалов путем реализации процессов их заключительной отделки, используются специальные текстильно-вспомогательные вещества и препараты различного функционального назначения (мягчители, модификаторы грифа, антистатика, ТВВ для придания малосминаемости и формоустойчивости, антипирены, гидро- и олеофобизаторы и др.). Это принципиально иной путь повышения качества текстильных изделий, и здесь высокая эффективность может быть достигнута с помощью препаратов нового поколения с размерами частиц, близкими к наносистемам [12].

Данный тезис можно проиллюстрировать на примере использования гидрофильных силиконовых наноэмульсий, выпускаемых компанией "Prochimica Group", которые получают путем модификации

химической структуры традиционных аминокремнийорганических полимеров

при введении в них новых функциональных групп.

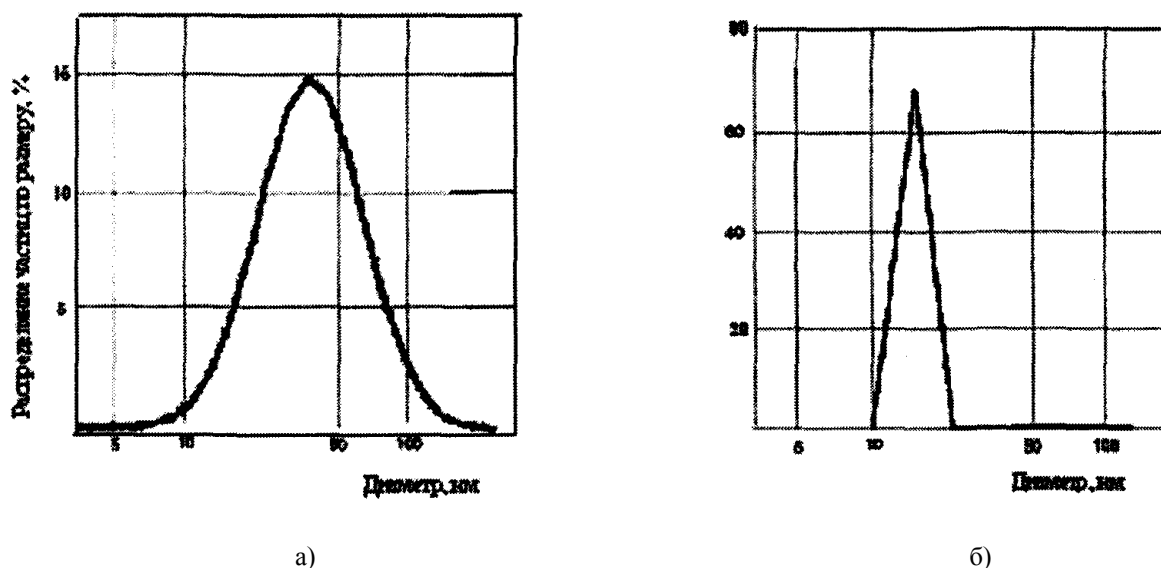


Рис. 2

В результате этого полученная система приобретает способность к самоэмульгированию и имеет размеры частиц дисперсной фазы, соответствующей переходу из области микроэмульсий (менее 50 нм) в наноразмерную область (менее 20 нм) (рис. 2 – распределение частиц по разме-

рам в стандартной (а) и наносиликоновой (б) эмульсии).

При эмульгировании совместно с молекулами ПАВ образуется гидрофильная силиконовая наноэмульсия, содержащая в своей структуре реакционно-способные аминогруппы (рис. 3 – гидрофильная силиконовая эмульсия "Microcil IDRO"):

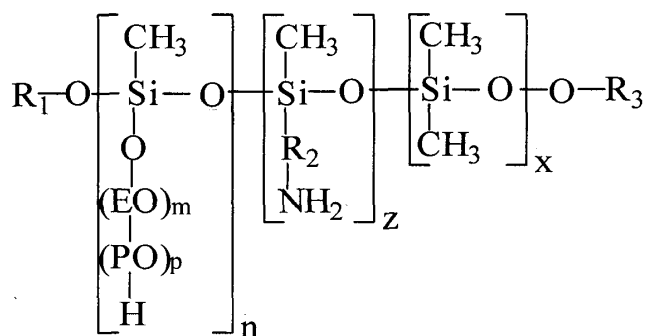


Рис. 3

В структуре нового препарата гидрофильные этоксилированные группы (ЕО) введены непосредственно в цепочку кремнийорганического полимера, содержащего аминогруппы, что способствует его интенсивному самоэмульгированию. При обработке данным препаратом текстильному

материалу сообщается мягкий гриф, эластичность, устойчивость к мокрым обработкам.

Отличительной особенностью разработанного ТВВ является способность к гидрофиллизации гидрофобных (например, полиэфирных) текстильных материалов. Еще

одно преимущество наноэмульсий выражается в возможности получения более ярких и прочных окрасок при крашении или печатании текстиля, благодаря повышению гигроскопичности и сорбционной способности поверхности субстрата и лучшему проникновению красителя в его структуру.

Отличительной чертой применения отделочных наноэмульсий является комплексный характер их действия, когда в результате однократного аппретирования текстильному материалу одновременно сообщается несколько новых необходимых свойств.

В ы в о д ы

Нанотехнологии и нанопрепараты активно внедряются в процессы облагораживания текстильных материалов и изделий, а в ряде случаев позволяют сообщить им новые уникальные качества, что, в конечном итоге, способствует прогрессивному развитию современных направлений в создании комфортной и конкурентоспособной текстильной продукции.

1. *Gleiter H.* // Riso Nat Lab (Symposium on Metallurgy and Materials Science). – 1981. P.15...21.
2. *Birringer et all.* // Z Metallkunde. – 75, 1984. P.263...267.
3. *Herr U Gleiter H.* // Transe Japan Inst Met Supple. – 27, 1986. P.43...52.
4. *Андреевский П.А., Глезер А.М.* Физика металлов и металловедение. – 1999, №1, т. 88. С.50...73.
5. *Андреевский П.А.* // Перспективные материалы. – 2001, № 6. С.5...11.
6. Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. – М.: Мир, 2002.
7. Societal Implication of Nanoscience and Nanotechnology // Kluwer AcadPubl. 2001.
8. *Осипов Б.П. и др.* // Журнал физической химии. – 2003, № 2. С.34...38.
9. *Хаханина Т.И., Осипов Б.П.* // Электронные методы исследований. – (Обзор), 2001.
10. *Хаханина Т.И., Осипов Б.П., Суханов В.И., Сухарев С.А.* Тенденции развития нанотехнологий в современной текстильной индустрии. (Тезисы доклада). – 2004. С.67...74.
11. *Кричевский Г.Е.* Нанотехнологии в производстве "умных" текстильных материалов и изделий из них // Текстильная химия. – 2004, № 3. С.33...38.
12. *Массимо де Полли* // Тез. докл. 1-й Междунар. конф.: Инновационные технологии в индустрии текстиля. – М., 2006. С.52...66.

Рекомендована кафедрой химической технологии и дизайна текстиля. Поступила 11.10.06.