

ПЕРСПЕКТИВЫ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ НАНОМАТЕРИАЛАМИ

В статье обобщается опыт применения наноразмерных коллоидных систем и теоретически изучается возможность их использования для создания модифицированной древесины.

Приоритетными направлениями развития современного материаловедения является разработка и получение наноматериалов и нанотехнологий, возможности которых впервые рассмотрел американский физик Ричард Фейнман (1959 г), подробно обосновав последствия безграничной миниатюризации с позиций теоретической физики.

К наноматериалам условно относят дисперсные и массивные материалы, содержащие структурные элементы (зерна, кристаллиты, блоки, кластеры), геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками (рис. 1).

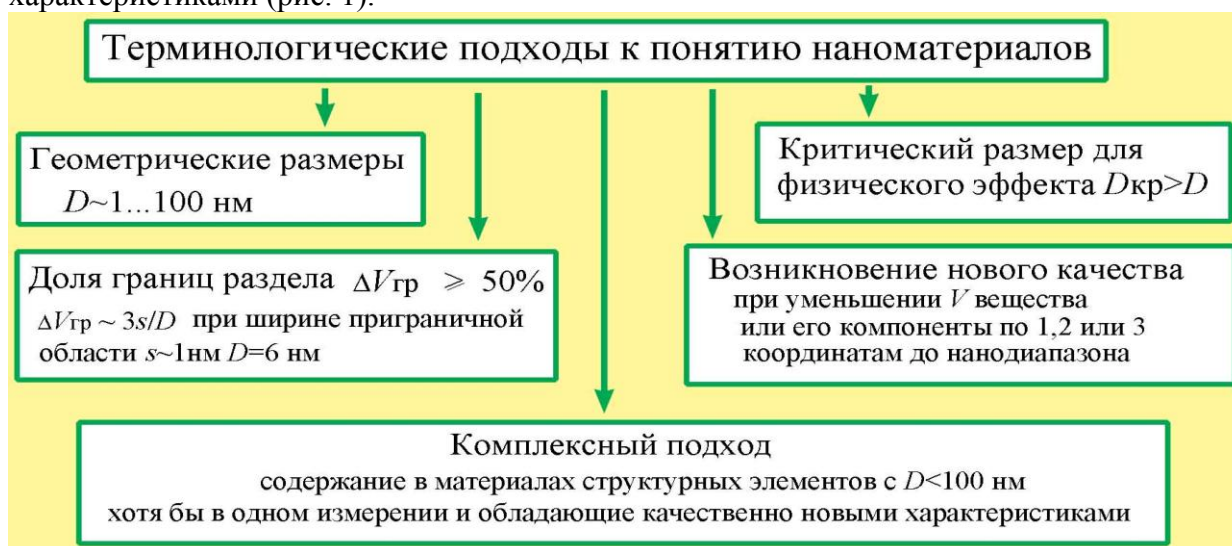


Рис.1. Терминологические подходы к понятию наноматериалов [1].

Наночастицы имеют чрезвычайно большую удельную площадь поверхности, что увеличивает область контакта, поэтому вещество одной массы в наноразмерном состоянии обладает различными свойствами во много раз более сильными, чем вещество этой же массы в агрегированном состоянии. Когда размеры наночастиц или наноструктур соизмеримы или меньше, чем теоретический масштаб физического явления, свойства или процесса (например, длина свободного пробега электронов, дебройлевская длина волны, размер магнитного домена в ферромагнетиках и др.) возможно ожидать различные размерные эффекты [2]. Принципиально меняются и физические явления, лежащие в основе взаимодействия элементов: вместо принципов классической ньютоновской динамики – квантовая теория. Происходит переход от стационарных равновесных состояний к самоорганизующейся структуре, подчиняющейся неравновесной термодинамике и законам синергетики [3].

Уменьшение размеров частиц, составляющих нанокompозитный материал, приводит к тому, что на объемные свойства материала начинают влиять его поверхностные

характеристики, а с определенных размеров (10-100 нм) поверхностные свойства начинают доминировать над объемными и преимущественно определять свойства системы в целом. Становится возможным путем варьирования структурными и размерными параметрами (толщиной пленок, размерами нановключений, структурой границ раздела и пр.) в широких пределах менять энергетические характеристики создаваемой системы, а значит, получать необходимую комбинацию различных свойств (механических, электрофизических, оптических и многих других). Появляется реальная возможность изменять свойства материала, придавая ему статические и динамические характеристики, недоступные для объемных материалов (особые механические, оптические, электрические и магнитные свойства, отличные от обычных свойств макрочастиц) [3]. Так, наночастицы серебра и золота становятся хорошими катализаторами химических реакций и даже непосредственно участвуют в них. Наночастицы некоторых материалов имеют очень хорошие адсорбционные свойства. Установлено, что многие наночастицы обладают высокой проникающей способностью: легко проникают через мембраны клеток, обнаруживаются в клеточном ядре, преодолевают гематоэнцефалический барьер.

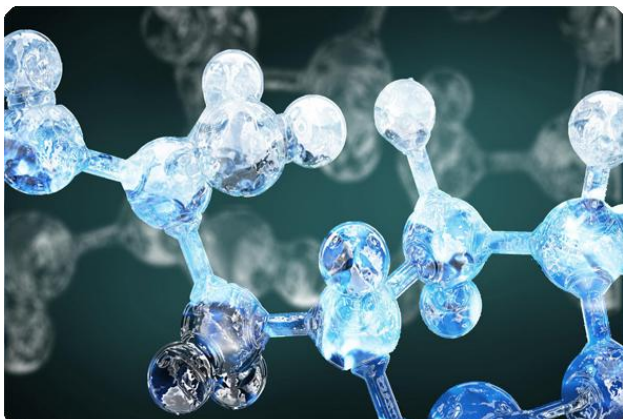


Рис. 2. Упорядоченная наноструктура

Тщательно очищенные наночастицы могут самовыстраиваться в определённые структуры (рис. 2). Такая структура содержит строго упорядоченные наночастицы и зачастую проявляет необычные свойства.

В целом, наука о наноматериалах и нанотехнологиях развивается по следующим направлениям:

- 1) фундаментальные исследования свойств наноматериалов;
- 2) развитие средств и методов исследования структуры и свойств наноматериалов, а также методов контроля изделий и

полуфабрикатов для нанотехнологий;

3) развитие нанотехнологий как для целенаправленного создания наноматериалов, так и для поиска и использования природных объектов с наноструктурными элементами, а также создание готовых изделий с использованием наноматериалов;

4) интеграция наноматериалов и нанотехнологий в различные отрасли промышленности и науки.

К нанотехнологиям относят технологии, обеспечивающие возможность контролируемым образом создавать и модифицировать наноматериалы, а также осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба.

Вектор наноструктурных исследований за рубежом уже почти полностью сместился от изучения и применения нанокристаллических веществ и материалов в область нанотехнологии, т. е. создания изделий и устройств с наноразмерными элементами. Развитие фундаментальных и прикладных представлений о наноматериалах и нанотехнологиях уже в ближайшие годы может привести к кардинальным изменениям во многих сферах человеческой деятельности: в материаловедении, энергетике, электронике, информатике, машиностроении, медицине, сельском хозяйстве, экологии. Осознание ключевой роли данного направления науки привело к разработке в развитых странах широкомасштабных программ по развитию нанотехнологий на основе государственной поддержки. В соответствии с существующими прогнозами мировой объем производства в данной области через 10–15 лет должен превысить 1 трлн долларов [18].

Нанотехнологии создают новые возможности для развития бизнеса и конкуренции благодаря спросу на:

- миниатюризацию изделий,
- материалы с уникальными свойствами,
- развитие новых технологических приемов и методов, базирующиеся на принципах самосборки и самоорганизации,
- практическое внедрение современных приборов исследования и контроля наноматериалов (зондовая микроскопия, рентгеновские методы, нанотвердость),
- развитие и внедрение новых технологий (ионно-плазменные технологии обработки поверхности и создания тонких слоев и пленок, LIGA-технологии, представляющие собой последовательность процессов литографии, гальваники и формовки, технологий получения и формования нанопорошков и т.п.),
- разработку и внедрение новых материалов с качественно и количественно новыми свойствами.

В настоящее время объем промышленного производства разнообразных наночастиц составляет уже сотни тысяч тонн. Наночастицы различных материалов применяются повсеместно – от лакокрасочной до пищевой промышленности. Наиболее «популярными» наночастицами являются частицы, из углерода (нанотрубки, фуллерены, графен), наночастицы оксида кремния, золота, серебра, а также оксида цинка и диоксида титана

Большую часть производимого наноразмерного оксида кремния (SiO_2) составляют нанопорошки аморфного диоксида кремния (НАДК). Они широко применяются в промышленности – в процессе изготовления теплоизоляторов, в производстве оптоэлектроники, как компонент для получения термостойких красок, лаков и клеев, а так же как стабилизатор эмульсий. Также НАДК добавляют в покрытия для защиты от абразивных повреждений и царапин. Для того чтобы покрытие было прозрачным, используются нанопорошки со средним размером частиц менее 40 нм. Внедрение НАДК в древесину может повысить ее огнестойкость и износостойкость.

Интерес вызывает применение коллоидного наносеребра – продукта, состоящего из наночастиц серебра, взвешенных в воде, содержащего стабилизатор коллоидной системы (рис. 3). Типичный размер наночастиц серебра – 5-50 нм. Области применения наночастиц серебра могут быть различными: спектрально-селективные покрытия для поглощения солнечной энергии, в качестве катализаторов химических реакций и для антимикробной стерилизации. Последняя область применения является наиболее важной и включает в себя производство различных средств упаковки, перевязки и водоземulsionных красок и эмалей. В настоящее время на основе коллоидного серебра выпускаются препараты - биологически активные добавки с антибактериальным, противовирусным и противогрибковым действием.

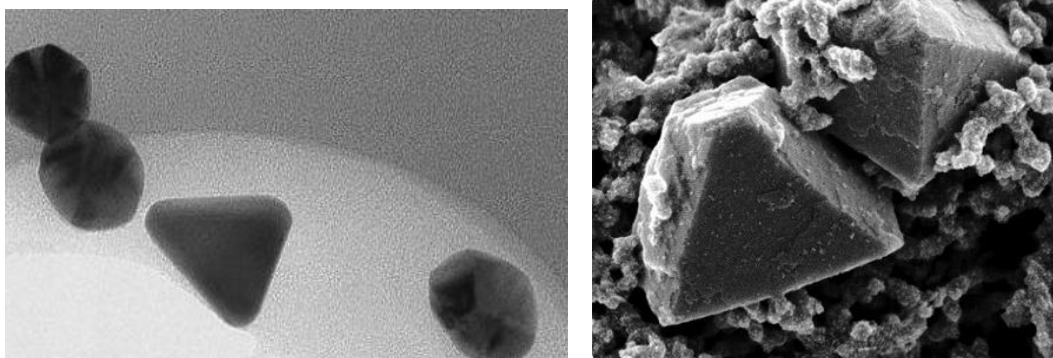


Рис. 3 - Электронная микрофотографии коллоидных наночастиц серебра

Об антимикробном действии коллоидного серебра известно со второй половины XIX в. Немецкий гинеколог Карл Креде открыл мощный антигонобленорейный эффект у 1% раствора азотнокислого серебра. В России коллоидное серебро активно использовалось в военно-полевой хирургии на полях русско-японской войны 1904 г. С открытием антибиотиков и сульфаниламидов интерес к препаратам серебра несколько снизился. Повышенный интерес к серебру вновь возник в связи с выявленным его действием в организме как микроэлемента, необходимого для нормального функционирования органов и систем, иммунокорригирующими, а также мощными антибактериальными и противовирусными свойствами. Эффективность бактерицидного действия коллоидного серебра объясняется способностью подавлять работу фермента, с помощью которого обеспечивается кислородный обмен у простейших организмов, что приводит к их гибели.

Наночастицы серебра сферической формы и размером не более 20 нм обладают наилучшими антимикробными свойствами: пагубно влияют на более чем 700 видов патогенных микроорганизмов, включая бактерии брюшного тифа и дизентерии, стрептококки, стафилококки, вирусы гриппа. Применение серебра в виде наночастиц позволяет в сотни раз снизить концентрацию серебра с сохранением всех бактерицидных свойств в течении очень длительного времени. Препараты с коллоидным серебром хорошо фиксируются и являются трудновываемыми. Наночастицы серебра проявляют генерировать активные формы кислорода [4]. Поэтому по сравнению с серебром макроразмеров его наночастицы могут проявлять большую токсичность. В целом, системная токсичность наночастиц для животных и человека изучена слабо, поэтому активность их применений требует детального изучения их биологических свойств и, как следствие, влияние на окружающую среду.

Фунгицидная активность препаратов на основе наночастиц серебра исследовалась в Государственном научно-исследовательском институте реставрации на штаммах плесневых грибов *Aspergillus niger* Teigh, *Aspergillus flavus* Link, *Penicillium chrysogenum* Thom, *Ulocladium ilicis* Thom как в лабораторных, так и в полевых условиях. Исследования показали, что использованные препараты (AgBion) ингибируют рост тест-культур при концентрации наноразмерных частиц металлов порядка 10^{-4} %, при нанесении на бумажные диски – в концентрации 10^{-3} %, а в натуральных условиях (на стене) - 10^{-3} ... 10^{-2} %! На фунгицидные свойства не влияют используемые растворители (вода или изооктан) [5].

Покртия и материалы (композитные, текстильные, лакокрасочные, углеродные и древесные), модифицированные наночастицами серебра, могут быть использованы в качестве профилактических антимикробных средств защиты в местах, где возрастает опасность распространения инфекций: на транспорте, на предприятиях общественного питания, в сельскохозяйственных и животноводческих помещениях, в детских, спортивных, медицинских учреждениях, в бассейнах, саунах, душах и других местах массового посещения.

В настоящий момент для биозащитной обработки древесины используются либо водные растворы солей, либо композиции на основе органических растворителей и масел. Использование первых приводит к необходимости усложнения технологии защитной обработки за счет обязательной послепропиточной сушки изделий из массивной древесины, несоблюдение которой провоцирует высокую формоизменчивость и существенное трещинообразование. Вторые повышают горючесть и токсичность древесины [6]. Благодаря использованию препаратов с наноразмерными частицами веществ возможно значительно удешевить процесс создания модифицированной древесины, обладающей заданными свойствами и большим эксплуатационным ресурсом.

Библиографический список

1. Балоян Б.М. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. [Текст]/ Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов/ Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша», М.: 2007. 125 с
2. Иванова В.С. Прочность и пластичность композитных материалов [Текст]/ В.С. Иванова / Металловедение и термическая обработка, 1975.
3. Слепцов В.В. Физико-химические аспекты формирования нанокompозитных структур [Текст]/В.В.Слепцов, И.И.Диесперова, А.А.Бизюков, С.Н.Дмитриев/ М: 26 с
4. Limbach L.K. Exposure of engineered nanoparticles to human lung epithelial cells: influence of chemical composition and catalytic activity on oxidative Stress. [Текст]/ L.K. Limbach, P.Wick, P. Manser, R.N. Grass, A. Bruinink, W.J. Stark/ Environ. Sci. Technol. 2007. V. 41. N 11. P. 4158-4163.
5. Дмитриева М. Б. Определение фунгицидной активности препаратов на основе наночастиц серебра. [Текст]/М.Б. Дмитриева, М.А. Линник, Н.Л. Ребрикова, Д.Ю. Коробов, Е.П. Рыжкова/ Государственный научно-исследовательский институт реставрации, bioestmd@mail.ru; Концерн «Наноиндустрия», 4 с
6. Стенина Е.И. Защита древесины и деревянных конструкций. [Текст]/Е.И.Стенина, Ю.Б. Левинский/ Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 219 с.
7. ЕЖЕ: все ежедневные и еженедельные обзрения русского Интернета//www.ezhe.com от 10.04.2014 г.