

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

ПРОДОЛЖЕНИЕ. НАЧАЛО МАТЕРИАЛОВ ОПУБЛИКОВАНО В ЖУРНАЛЕ "НАНОИНДУСТРИЯ" №№ 2, 4 ЗА 2007 г.

Восьмом ежегодном послании Федеральному Собранию Президент Российской Федерации В.В. Путин особо отметил важность нанотехнологий для развития страны: "Россия может стать одним из лидеров в нанотехнологиях. Это одно из самых перспективных направлений и путей развития энергосбережения, элементной базы, медицины и робототехники" [1].

На совещании в РНЦ "Курчатовский институт" в апреле 2007 г. он подчеркнул, что на нанотехнологии государство не будет жалеть средств, но вкладывать их нужно так, чтобы они использовались эффективно и давали реальную отдачу [2].

Направление "Индустрия наносистем и материалов" включено в Перечень приоритетных направлений развития науки и техники, утвержденный Президентом Российской Федерации 21 мая 2006 г., а десять из входящих в указанный перечень критических технологий в той или иной степени определяются уровнем развития нанотехнологий. В соответствии с поручением Правительства Российской Федерации разработан проект федеральной целевой программы "Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 годы".

Основная цель программы – создание и развитие научной, технической и технологической базы в области нанотехнологий и наноматериалов, обеспечивающей достижение и поддержание паритета с ведущими государствами в ряде ключевых областей науки и техники, ресурсо- и энергосбережения, экологически адаптированных современных технологий, обороноспособности и безопасности государства.

Стратегические задачи программы:

- развитие высокотехнологичных секторов экономики на базе широкого внедрения нанотехнологий и наноматериалов, обеспечивающее повышение конкурентоспособности и расширение присутствия России на мировом рынке наукоемкой высокотехнологичной продукции;
- снижение уровня угрозы террористических актов, техногенных катастроф и других факторов неблагоприятных внешних воздействий путем широкого внедрения наносистемной техники специального назначения;
- повышение качества профилактики, диагностики и лечения заболеваний, уровня экологической безопасности и комфортности среды обитания, эффективности мониторинга и защиты окружающей среды [2].

Для управления программой и выделяемыми на ее реализацию средствами, объем которых составит не менее 130 млрд.



Рис. 1 Керамические наноструктурированные материалы конструкционного назначения (по материалам ФГУП "ВИАМ")

руб. (а с учетом других федеральных целевых программ ~180 млрд.руб.), специально создана Российская корпорация нанотехнологий.

Таким образом, нанотехнологии в нашей стране получили государственную поддержку и находятся на пороге вхождения во все виды деятельности государства, в том числе в сферу обеспечения обороноспособности и безопасности.

Это тем более важно, что прогнозные оценки отечественных и зарубежных военных экспертов совпадают, когда речь заходит о высокотехнологичном характере потенциально возможных войн и вооруженных конфликтов [3, 4, 5].

Вероятными победителями окажутся обладатели наиболее эффективных технологий информационного обмена, разведки, нападения, защиты, маскировки, базирующихся на достижениях науки и техники, в том числе в области нанотехнологий. Использование нанотехнологий способно стать одним из тех прорывных направлений создания перспективных систем вооружения, которые кардинально изменят характер боевых действий.

Характеризуя прошедший период организации и проведения работ в области отечественных нанотехнологий, необходимо отметить, что его более позднее – по сравнению с ведущими зарубежными странами – начало пока не привело к необратимому отставанию по основным направлениям исследований.

В отдельных областях (наноструктурированные материалы, энергетические конденсированные среды, источники энергии на основе наноструктур) результаты, полученные отечественными учеными, соответствуют мировому уровню.

Важно отметить, что в настоящее время по целому ряду направлений намечается переход от прогнозных, фундаментальных и поисковых исследований к прикладным разработкам, созданы и испытаны первые макетные и экспериментальные образцы.

Основными реализуемыми в настоящее время в интересах обеспечения обороны и безопасности государства направлениями работ в области нанотехнологий являются:

- разработка перспективных конструкционных и композиционных материалов;
- использование наноконструктивных элементов в энергетических конденсированных системах;
- исследования по созданию электронной компонентной базы военного назначения;
- развитие средств телекоммуникаций, вычислительных сред и квантовых компьютеров;
- разработка перспективных средств и методов снижения заметности личного состава и образцов вооружений и специальной техники (ВВСТ);
- использование нанотехнологий в элементах и подсистемах экипировки военнослужащих;
- создание средств ВВСТ, решающих задачи проведения радиационной, химической и биологической разведки и защиты;
- совершенствование медицинского обеспечения войск.

Некоторые результаты работ по созданию перспективных конструкционных и композиционных материалов для элементов и систем вооружения, военной и специальной техники представлены на рис.1–3.

Исследования по разработке и реализации нанотехнологий направлены на создание новых материалов с заданными свойствами, в том числе:

- конструкционных материалов, сочетающих высокую жаропрочность, жесткость и упругость, вязкость разрушения и пластичность с долговечностью и возможностью функционирования во всем диапазоне рабочих температур (критично при создании новых видов ракетно-космической и авиационной техники, включая гиперзвуковые летательные аппараты);



Рис. 2 Многоуровневая система высокотемпературной антиокислительной защиты на основе наноструктурированных материалов (по материалам ФГУП "ВИАМ")

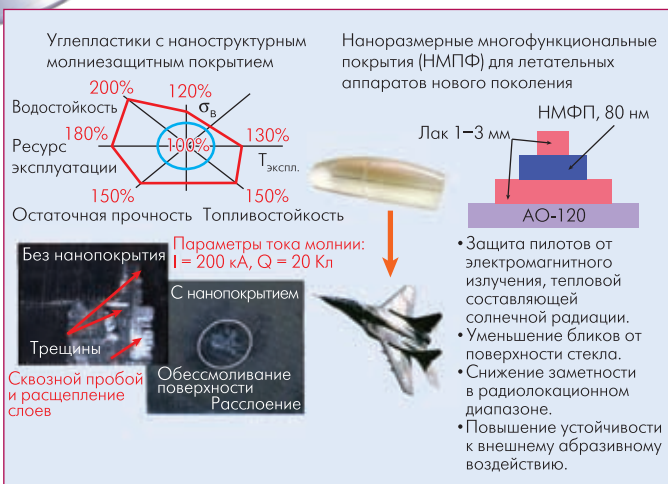


Рис.3 Модификация полимерных и композиционных материалов путем введения наночастиц (по материалам ФГУП "ОНПП "Технология")

- металлических сплавов, обладающих уникальными комбинациями электромагнитных, теплофизических, эмиссионных и других свойств с высокими уровнями электрофизических и механических характеристик, в разы превышающих существующие аналоги;
- неорганических неметаллических материалов (силикаты, тугоплавкие оксиды, металлоиды – карбиды, нитриды, бориды и углеродоподобные – синтетические алмазы, фуллерены и нанотрубки), позволяющих получить различные композиты с широким спектром применения (от индивидуальных и коллективных средств защиты до высокопрочных элементов электроники и оптоэлектроники);
- полимерных композиционных материалов, получаемых посредством объемного и поверхностного модифицирования полимеров наноматериалами различной природы.

Использование наноматериалов как компонентов и модификаторов быстротекающих процессов горения и взрыва в энергетических конденсированных средах (к числу которых относятся ракетное и специальное топливо, пороха, пиротех-

нические составы, взрывчатые вещества) может значительно изменить эффективность их боевого применения в качестве энергетических источников ракетного, реактивного, ствольного, кинетического оружия и боеприпасов (рис.4).

Это связано с возможностью повышения полноты реализации энергии, выделяющейся при окислении металлических горючих, за счет значительного увеличения реакционной активности нанодисперсных металлических порошков, окислителей и взрывчатых веществ, а также каталитической активности нанодисперсных модификаторов горения.

Как показали исследования, применение нанодисперсных металлических горючих (алюминия, магния, бора, их сплавов и модификаций), окислителей, взрывчатых веществ и катализаторов позволит обеспечить [6]:

- расширение пределов регулирования скорости горения твердого ракетного и специального топлива, снижение потерь удельного импульса в камере ракетного двигателя с приращением дальности полета до 25% и увеличением массы целевой нагрузки до 20%;
- повышение в 1,5...2,1 раза эффективности действия взрыва объемно-детонирующих боеприпасов.

Важным прикладным аспектом использования нанотехнологий является снижение заметности военнослужащих и образцов ВВСТ.

С 2005 г. в США проводятся испытания экспериментального принципиально нового ударного корабля Sea Shadow, обладающего повышенными характеристиками скрытности от технических средств обнаружения и систем наведения высокоточного оружия. В конструкции корабля нашли реализацию все последние достижения в области наноматериалов и нанотехнологий.

Отечественными нанотехнологами также разрабатываются специальные покрытия для снижения заметности объектов в широком диапазоне длин волн (акустическом, ИК, радиолокационном). В качестве первых результатов можно отметить успешные испытания радиопрозрачного наноструктурированного материала для покрытия надстроек надводного корабля (рис.5).

Ожидается, что надводные и подводные корабли, летательные аппараты, боевые бронированные машины (ББМ) будут практически "невидимыми" для средств обнаружения вероятного противника при одновременном обеспечении требуемого уровня электромагнитной совместимости бортовых радиоэлектронных средств и улучшении их эксплуатационных характеристик.

Одним из способов снижения заметности перспективных образцов ВВСТ в оптическом диапазоне длин волн может стать использование текстильных материалов, металлизированных методом магнетронного распыления [7, 8].

В его основу положено использование аномального тлеющего разряда в инертном газе с наложением кольцеобразной

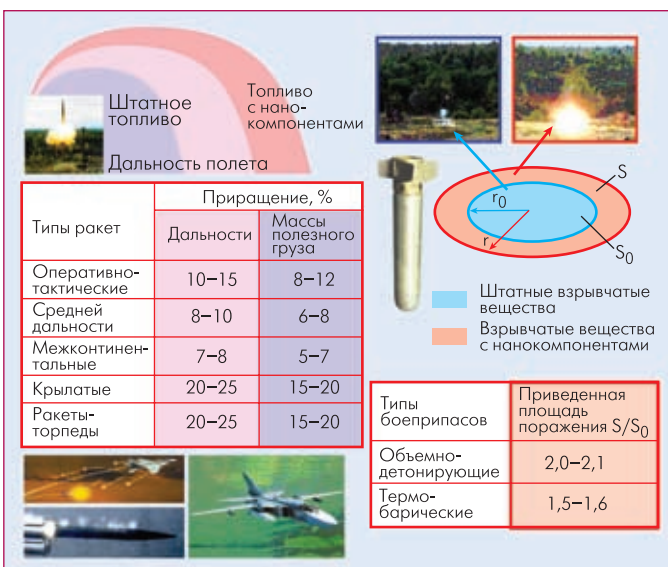


Рис.4 Эффективность применения наноконпонентов в топливе и взрывчатых веществах

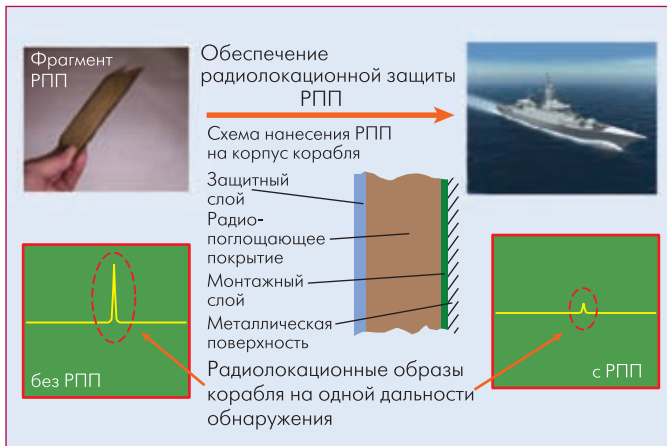


Рис.5 Эффективность применения наноструктурированных материалов в составе сверхлегких радиопоглощающих покрытий (РПП) (по материалам ФГУП "ЦНИИ им. акад. Крылова", ОАО "Феррит-Домен")

зоны скрещенных неоднородных электрического и магнитного полей, локализирующих и стабилизирующих газоразрядную плазму в области катода. Образующиеся в разряде положительные ионы ускоряются в направлении катода, бомбардируют его поверхность, выбивая из нее частицы материала, которые осаждаются в виде пленки на подложке.

Высокая кинетическая энергия частиц обеспечивает хороший уровень адгезии образующейся пленки к подложке (ткани).

Метод позволяет наносить на ткани тонкие пленки меди, алюминия, титана, латуни, серебра, нержавеющей стали, бронзы, других металлов и сплавов.

Реализация способа в промышленных условиях позволит без использования химических препаратов осуществлять металлизацию тканей, их поверхностное крашение и заключительную отделку в одной установке.

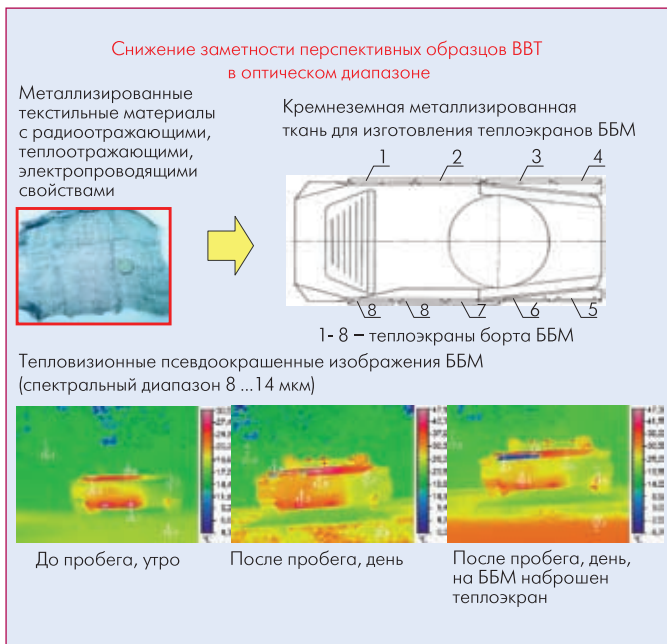


Рис.6 Наноструктурированные металлизированные текстильные материалы с электропроводящими теплоотражающими свойствами (по материалам ИГХТУ)

На такой технологической основе возможно создание тканей, экранирующих различные виды излучения, металлизированных тканей для монтажа радарных станций дальнего обнаружения, материалов для фильтрации электромагнитной волны определенной длины, слоистых пластиков (рис.6).

Достижения в области наноматериалов перспективны при организации качественного обеспечения водоснабжения потребителей в полевых и экстремальных условиях [9, 10] (рис.7).

В этой области отечественные ученые занимают одно из лидирующих мест в мире, синтезируя слоистые углеродные соединения с использованием неуправляемой холодной цепной реакции автокаталитического распада графита (радикальная деструкция). Получаемая "графитная нановата" состоит из множества атомарных углеродных слоев (графенов), которые увеличивают объем исходного материала в 500 раз.

Радикальная деструкция или "распушение" графита до-



Рис.7 Типовые конструкции фильтров водоочистки с применением наноматериалов

стигается за счет разрыва молекулярных ван-дер-ваальсовых связей (после химического смачивания и термоудара при 2000°C в течение 2...3 с) [11]. В результате графит превращается в легчайший черный пух, содержащий до 20% наноструктур (графенов, линейных и ветвящихся нанотрубок, наноколлец, нанофракталов).

Технология нашла применение в простых в эксплуатации и дешевых фильтрах "Геракл" [10], в которых использован уникальный по свойствам слоистый углеродный наносорбент с частицами серебра и углеродной смеси высокой реакционной способности (УНС-УСВР) (рис.8).

Наливной УНС-УСВР-фильтр можно самостоятельно изготовить за 3...5 мин из пластиковой бутылки емкостью 1 л с использованием комплекта поставки, в который входят набор гидрофобной фильтрующей ваты и пакет с УНС-УСВР в герметичной упаковке.

Фильтр "Геракл" незаменим в случаях, когда за короткое время нужно изготовить сотни тысяч наливных фильтров. Так, в 2005 г. по просьбе правительства США партия таких фильтров была отправлена в качестве гуманитарной помощи в пострадавший от урагана штат Луизиана.



Рис. 8 Применение нанотехнологий для очистки и дистилляции воды в бытовых и полевых условиях

Очевидно, что может быть рассмотрен вопрос о принятии такого комплекта на снабжение в Вооруженные Силы Российской Федерации.

Вариант проточного бактерицидного фильтра со сменным картриджем подключается непосредственно к водопроводному крану и способен исключить любые загрязнения питьевой воды, включая хлороорганику и остаточный алюминий, которые с мельчайшей ржавчиной постоянно присутствуют в водопроводе.

По важнейшим характеристикам очистки воды от опасных примесей и микроорганизмов, нефтепродуктов фильтр в десятки раз превосходит зарубежные аналоги.

По оценке экспертов, выделены следующие области применения УНС-УСВР:

- обезвреживание токсичных отходов и деструкция боевых отравляющих веществ;
- высококачественная очистка питьевой воды;
- ликвидация аварийных проливов нефти и нефтепродуктов на суше и водной поверхности, рекультивация грунтов;
- создание медицинских препаратов;
- удаление из табачного дыма сильнейших канцерогенов – полиароматических углеводородов;
- влагоудержание в песчаных и солонцовых почвах;
- тепловая и антикоррозийная защита тепловых магистралей и котлового оборудования;
- очистка сточных вод.

Специалисты Минобороны России анализировали воздействие УНС-УСВР при нанесении на раны, ожоги, трофические язвы, приеме внутрь, очистке плазмы крови. Предварительные результаты показали, что ранозаживляющий эффект нанопорошка на основе УНС-УСВР может привести к значительному снижению летальных исходов, сокращению сроков острого воспаления, созданию раневой среды, неблагоприятной для активной вегетации микробной флоры [11].

В целом анализ представленных материалов свидетельствует, что с точки зрения внедрения нанотехнологий в вооружение, военную и специальную технику в нашей стране не на-

блюдаются серьезные военно-техническое и технологическое отставания от армий ведущих иностранных государств.

Нанотехнологии постепенно находят применение в технических и боевых средствах, имеющих непосредственное отношение к реализации основных видов военной деятельности (*поражение, подавление, выведение из строя живой силы, военных объектов, вооружения и военной техники; защита и маскировка войск, техники, личного состава; обеспечение мобильности, маневра силами и средствами, перемещение и доставка к цели средств поражения и информационных средств*), а также к основным видам ее обеспечения (*разведка и освещение обстановки; связь и управление войсками; навигация, целеуказание и управление оружием; действие и жизнедеятельность личного состава в штатных и экстремальных ситуациях; восстановление, ремонт, эксплуатация и техническое обеспечение войск, вооружения и военной техники*).

В обозримом будущем нанотехнология станет ключевой отраслью для создания сверхэффективного наступательного и оборонительного вооружения, средств связи и управления.

Этот тезис учтен в Государственной программе вооружения на 2007–2015 гг., важным аспектом успешного выполнения которой является технологическая подготовленность разработок и производств, поддержка соответствующих инвестиционных проектов не только в сфере интересов Минобороны России, но и других федеральных органов исполнительной власти.

В этой связи представляются важными организация информационного обмена в области получаемых результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области нанотехнологий и отработка механизмов их межведомственного использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.nakanune.ru/articles/nanotexnologii>.
2. <http://atomexpo.ru>.
3. Ю.Альтман. Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля. – М.: Техносфера, 2006. – 424 с.
4. Прикладные аспекты нанотехнологий // В.А. Телец, С.М. Алфимов, А.А. Борисов, А.А. Иванов и др. – Наноиндустрия. – 2007 – № 2.
5. Прикладные аспекты нанотехнологий. Ч.2. // В.А. Телец, С.М. Алфимов, А.А. Борисов, А.А. Иванов и др. – Наноиндустрия. – 2007 – № 4.
6. <http://www.physorg.com/printnews>.
7. <http://www.extech.ru/expo/vistavki>.
8. Defense and Security Applications for Nanomaterials and Nanoparticles – Supplier Data by Strem Chemicals.
9. <http://endoecology.ru/gerakl.html>.
10. <http://gerakl.org/filter2.htm>.
11. <http://www.x-libri.ru>.