

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Джумабаев Дилмурад Кутлимурадович

ассистент кафедры естественных наук

Ташкентского государственного транспортного университета.

Научный руководитель

Djumabaev0508@gmail.com

Касимова Гулнора Абайдуллаевна

доцент кафедры естественных наук

Ташкентского государственного транспортного университета.

Саидалиева Шахло Самиковна

ассистент кафедры естественных наук

Ташкентского государственного транспортного университета

Аннотация: В данной работе рассматривается значительная роль наноматериалов в развитии аэрокосмической промышленности. Нанотехнологии открывают новые горизонты в создании легких, прочных и устойчивых к экстремальным условиям материалов, что особенно актуально в сфере авиации и космоса. Особое внимание уделено нанокompозитам, углеродным нанотрубкам, графену и нанопокрyтиям, которые позволяют значительно снизить массу летательных аппаратов, повысить топливную эффективность и увеличить срок службы компонентов. Также рассматриваются перспективы использования наноматериалов в системах тепловой защиты, датчиках, аккумуляторах и структурных элементах. В заключении подчеркивается, что интеграция нанотехнологий в аэрокосмическую отрасль способствует повышению надежности, безопасности и экономической эффективности летательных систем нового поколения.

Ключевые слова: SWCNTs и MWCNTs, фуллерены, фюзеляж.

SWNTs (однослойные углеродные нанотрубки) — это свернутые в трубку графеновые листы, толщина стенки которых составляет один атом. Существование тонких полых углеродных трубок известно с 1952 года, когда Л. В. Радushкевич и В. М. Лукьянович впервые их наблюдали. Однако первые наблюдения SWNTs произошли в 1976 году, когда М. Эндо с помощью химических веществ синтезировал ряд полых углеродных трубок методом паровой фазы. Более широкий интерес к этим низкоразмерным материалам возник в 1991 году после публикации двух независимых статей: 1) С. Иидзима - о производстве многослойных углеродных нанотрубок с помощью дугового

разряда, 2) J. V. Mintmire, B. I. Dunlap и С. Т. White - о предполагаемых свойствах однослойных нанотрубок (SWNTs). Простота получения SWNTs в сочетании с их потенциально уникальными свойствами инициировала активное изучение углеродных нанотрубок научным сообществом.

Хотя на сегодняшний день эти материалы не получили широкого применения в аэрокосмическом производстве, предполагается, что в ближайшие годы они будут использоваться в составе сложных композитных панелей. Углеродсодержащие наноматериалы - в том числе графен, бакминстеры (фуллерены), одно- и многослойные углеродные нанотрубки (SWCNTs и MWCNTs), углеродные наночастицы и нанофрагменты - являются наиболее изучаемыми добавками к композитным материалам. Эти наноматериалы могут быть интегрированы с полимерной матрицей, используемой в большинстве композитов, как в твердом виде, так и в виде раствора при пропитке смолой.

Описание рисунков и диаграмм (иллюстрации):

1. Области применения нанокompозитных материалов (научная схема):

Показаны различные армирующие наноматериалы: углеродные нанотрубки, стекловолокно, кевлар и наночастицы.

Они представлены как внедренные в полимерную матрицу.

Отображены следующие области применения:

- Тормозные диски самолета
- Интерактивные лобовые стекла
- "Умные" покрытия для мониторинга состояния
- Материалы с эффективным рассеиванием тепла

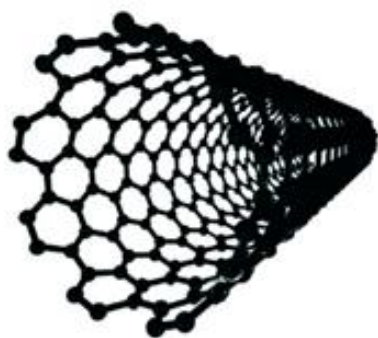
2. Сравнительная таблица – Наноматериалы vs. традиционные материалы (по механическим и электрическим свойствам):

Таблица-1

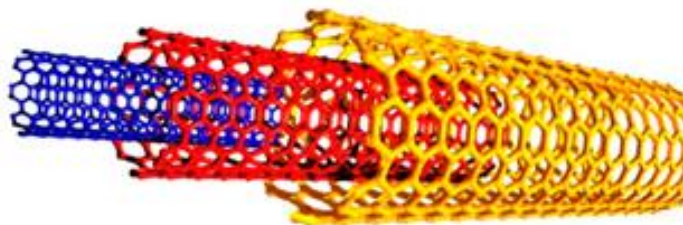
| Материал | Плотность (г/см ³) | Прочность (МПа) | Электропроводность (С/м) |
|----------|--------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Алюминий | 2.7 | 200–400 | ≈ 3.5×10 ⁷ |
| Кевлар | 1.44 | 3600 | низкая |
| Графен | ≈ 2.2 | >130000 | ≈ 10 ⁸ |
| SWCNT | <1.5 | >50000 | ≈ 10 ⁶ –10 ⁸ |

SWCNT

MWCNT



0,5-2,5 нм



7-100 нм

1. Рисунок: Области применения наноматериалов в конструкции самолета

На изображении самолета обозначены следующие зоны:

- **Тормозные диски** - нанокompозитный жаростойкий слой
- **Внутри двигателя** - жаростойкие композиты на основе ZrO_2 или Y_2O_3
- **Кабина** - экранирующие покрытия от электромагнитных волн
- **Фюзеляж** - легкие и прочные панели из нанокompозитов

После процесса отверждения они (наноматериалы) внедряются в текущие твердые полимеры наряду со стандартными макроскопическими армирующими материалами, такими как углерод, стекловолокно, кевлар и наночастицы. Полученные композиты являются лёгкими и прочными, обладая выдающимися механическими, тепловыми и электрическими свойствами.

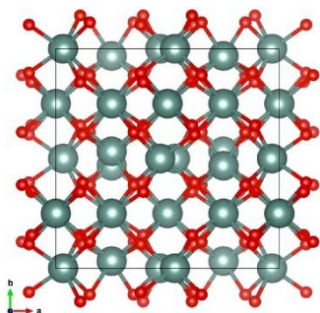
Ожидается, что их применение охватит такие области, как мониторинг состояния здоровья и самовосстанавливающиеся покрытия, более эффективное рассеивание тепла в крупных тормозных дисках самолётов, а также прочные интерактивные лобовые стёкла, способные изменять светопрозрачность.

Наноматериалы также могут применяться в авиастроении для повышения безопасности и надёжности, увеличения грузоподъёмности, в качестве катализаторов топлива, для демпфирования, в клеевых и склеивающих составах, для смазки, воздушной фильтрации, в блоках реактивных двигателей, коммуникации и мобильности, а также для снижения выбросов и шума.

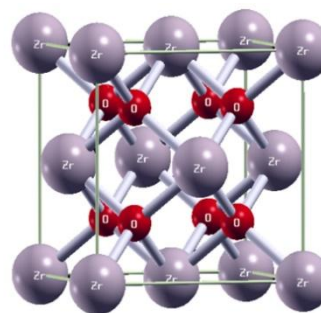
Если частицы обладают электропроводностью, они могут улучшать проводимость композитной панели, что позволяет току проходить через панель и окружающую структуру, снижая тем самым риск повреждения от электростатического разряда.

Наноматериалы также могут способствовать защите чувствительных компонентов от электромагнитных волн. Двигатели самолётов являются ещё одной перспективной областью для исследований в области нанотехнологий. Некоторые композиты, такие как глина, связанная с Y_2O_3 (рис. 2а), и диоксид

циркония ZrO_2 (рис. 2б), обладают отличной термостойкостью и могут использоваться в обтекателях или выпускных портах реактивных двигателей.



2a-рис (Y_2O_3)



2b-рис (ZrO_2)

Рисунок 2а изображает композиционный материал на основе оксида иттрия (Y_2O_3), применяемый в качестве термостойкого покрытия в обтекателях реактивных двигателей. Структура материала показывает равномерное распределение наночастиц Y_2O_3 в матрице, устойчивой к высоким температурам.

Рисунок 2b представляет собой композиционный материал на основе диоксида циркония (ZrO_2), который используется в выпускных портах двигателей. Материал отличается высокой термостойкостью и структурной стабильностью при экстремальных температурах, что делает его идеальным для применения в аэрокосмической промышленности.

Компоненты двигателя могут быть покрыты нанопленками, снижающими трение и способствующими самоочистке.

Нанодатчики и тензодатчики, установленные внутри двигателя и на внешней поверхности самолета, могут предоставлять подробные данные о переменных температурных и давленииных зонах, что позволяет системам мониторинга получать ценные обратные сигналы.

Производство композитов, даже при отсутствии наноматериалов, включает в себя работу в опасных условиях. Химические вещества полимерной композитной матрицы при отверждении выделяют вредные пары, а очистка обработанных композитов может требовать применения таких веществ, как ацетон, метилхлорид, алифатические амины и метилэтилкетон (МЭК). Воздействие этих химикатов может привести к тошноте, головокружению, рвоте, раздражению верхних дыхательных путей, затрудненному дыханию, ожогам глаз, а также повреждению печени и почек.

Обработка композитов, усиленных оборудованием, может высвобождать микрочастицы и наночастицы, которые потенциально связаны с развитием рака легких, астмы, мезотелиомы и бронхиолита. Частицы диаметром менее 6 мкм считаются респираторными, то есть способными проникать в легкие и другие чувствительные органы. Даже нереспираторные частицы могут быть

поглощены при контакте с кожей или глазами, а неосторожное обращение с материалами, содержащими такие частицы, может привести к их проглатыванию.

Помимо последствий для здоровья, микроволокнистая пыль представляет собой серьезную опасность из-за способности частиц, находящихся в воздухе, к воспламенению.

Среди нанотехнологических применений композиционные материалы с добавлением углеродных нанотрубок и графена признаны перспективными направлениями.

В данном обзоре представлен объективный взгляд на развитие углеродных нанокompозитов, нацеленных на производство наночастиц с высокой прочностью, низкой плотностью и высокой проводимостью.

Он предоставляет общую информацию об альтернативных подходах, которые могут привести к созданию функциональных композитов на основе нанотрубок и графена, подчеркивает экономические вызовы, возникающие в промышленности, и раскрывает ключевые достижения в области углеродных нанокompозитов за последние годы. Также подчеркивается необходимость разработки соответствующих методов синтеза и совершенствования производства различных композиций на основе углеродных наноматериалов для улучшения функционального воздействия нанотрубных и графеновых композитов посредством новых технологий переработки углеродных нанокompозитов.

Недостатки наноматериалов

Рассматривая положительные и отрицательные стороны нанотехнологий, необходимо подчеркнуть, что к недостаткам данной технологии и её развития относится потеря рабочих мест в традиционном сельском хозяйстве и производстве. Также существует риск использования атомного оружия, которое может стать ещё более вредным и разрушительным благодаря нанотехнологиям.

Нанотехнологии могут сделать такие виды оружия ещё более доступными. Кроме того, нанонаука увеличила риски для здоровья, так как из-за своего малого размера наночастицы могут вызывать осложнения, связанные с дыханием, и всего за 60 секунд вдыхания воздуха, содержащего такие частицы, могут нанести серьёзный вред организму, вызывая ряд смертельно опасных заболеваний.

Нанотехнологии являются очень дорогими, и для их создания требуются значительные финансовые вложения. Также их производство довольно сложно, поэтому продукты нанотехнологий могут иметь высокую цену.

С внедрением нанотехнологий уровень жизни повысился, но одновременно возрос и уровень загрязнения, например, загрязнение воды. Загрязнение,

вызванное нанотехнологиями, называют **нано-загрязнением**. Такая форма загрязнения крайне вредна для живых организмов.

Также существует очень мало литературы, посвящённой недостаткам наночастиц. Основное внимание в научной литературе уделяется применению наночастиц в доставке лекарств. Например, образование наночастиц с использованием поливинилового спирта, который широко применяется как моющее средство, вызывает токсикологические проблемы.

Наночастицы обладают ограниченными возможностями для целенаправленного действия, поэтому остановить процесс их действия может быть невозможно. Такие явления, как **цитотоксичность** и **альвеолярное воспаление**, являются следствием доставки лекарств с использованием наночастиц.

Также возможны случаи **автономной дисфункции**, оказывающие прямое влияние на работу сердечно-сосудистой системы. Развитие наночастиц может сопровождаться непредсказуемым поведением в организме, нарушенной механикой транспортировки полимеров и даже взрывами при их распаде.

Исследователи продолжают наблюдать за активностью наночастиц, но до сих пор не до конца понимают, как их изобретения влияют на организм. Когда технологии выходят за рамки человеческого знания и понимания, возникает фундаментальный риск. Способность манипулировать материалами на молекулярном уровне - это большая сила, которая в неправильных руках может привести к злоупотреблению.

Особую тревогу вызывает вероятность того, что террористы могут использовать эту технологию для создания лёгкого, незаметного биологического или ядерного оружия. Основная опасность заключается в том, что эти вещества могут быть разработаны таким образом, чтобы представлять потенциальную угрозу даже для одного или нескольких человек.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Введение в нанотехнологии. - <http://nano-edu.ulsu.ru/w/index/php>
2. С. Goodall, ten technologies to fix energy and climate, Profile books, 2012.
3. Пугаченко, Н. И. Пугаченко// Наноматериалы и нанотехнологии: проблемы и перспективы: "Science and Education" Scientific Journal Volume 1 Issue 2 May 2020 319
4. Hessian Ministry of Economy, Transport, Urban and development (2008), Application of nano-technologies in the Energy Sector (http://www.hessen-nanotech.de/mm/NanoEnergy_web.pdf).
5. Nanoforum, European Nanotechnology Gateway (2004), Nanotechnology Helps Saving the World's Energy Problems (<http://www.nanoforum.org>).