

взаємозв'язків різних предметів у навчальному курсі студентів.

Список використаних джерел:

1. Соловьев В.Д., Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В. Онтологии и тезаурусы: Учебное пособие. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006.

Тамбовцев Г.В.

аспирант;

Панарин В.Е.

доктор технических наук, доцент;

Свавильный Н.Е.

кандидат физико-математических наук,

старший научный сотрудник,

Институт металлофизики имени Г.В. Курдюмова

Национальной академии наук Украины

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ,
УПРОЧНЕННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ**

Углеродные нанотрубки (УНТ) – благодаря уникальному сочетанию физических, механических, химических и других свойств [1], представляют собой новейший перспективный материал с широким спектром применения в различных областях техники, медицины, быта. Возможности существующих технологий получения УНТ существенно ограничивают их использование, не позволяют в полной

мере реализовать потенциальные свойства. На сегодняшний день одним из наиболее распространенных методов получения УНТ является метод дугового распыления графитовых катодов в вакууме [2], который, однако, имеет ограниченное количество параметров регулирования процессом их формирования. Это катодный ток, расстояние между графитовыми электродами, давление инертного газа.

В Институте металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины разработан новый метод выращивания УНТ на подложках и создание покрытий, с использованием установки ионно-плазменного напыления с дуговым распылением графитового катода [3]. Модернизация этой установки позволила расширить количество параметров управления формированием УНТ до 10, что повысило возможность управления их структурой, плотностью распределения по поверхности подложки, количеством слоев, а, следовательно, свойствами. Кроме того, появилась возможность в одном технологическом цикле, на одной установке, создавать композиционные покрытия, в которых выбранная матрица упрочняется УНТ.

Необходимо подчеркнуть, что УНТ являются идеальной упрочняющей составляющей композиционных покрытий, поскольку обладают рекордно высоким модулем Юнга, твердостью, прочностью [4] и потенциально способны эффективно упрочнять матрицу. Выбор материала матрицы определяется поставленной задачей. Если необходимо получить высокие прочностные или триботехнические свойства (известно, что УНТ имеют низкий коэффициент трения [5]) пространство между ними можно заполнять металлами с высокой прочностью или теми, которые используются в триботехнике.

Если речь идет о применении композиционных покрытий в медицине, наносимых, например, на искусственные протезы из титановых сплавов, несущих основную нагрузку, то для обеспечения высокой биосовместимости целесообразно использовать в качестве матрицы гидроксипатит, апатитоподобные или другие химически инертные соединения [6]. Такие композиционные покрытия способны обеспечить высокую износостойкость поверхности титанового протеза в сочетании с низким коэффициентом трения, высокой прочностью и биосовместимостью.

Для создания композиционных покрытий с высокой поглощающей способностью высокочастотных электромагнитных колебаний [7] в качестве матрицы необходимо выбирать изолятор с подходящим набором свойств.

Во всех перечисленных примерах может возникать проблема межфазного взаимодействия на границе поверхность УНТ – матрица. Если в качестве матрицы использовать карбидообразующий металл или соединения, способные химически взаимодействовать с углеродом, то вследствие одноатомной толщины одно – или многослойных УНТ, они превратятся в карбиды, потеряв, естественно, первоначальные свойства.

Проблему ликвидации или сознательного ограничения межфазного взаимодействия можно решить, создавая диффузионные барьеры на поверхности УНТ. В качестве материала такого барьера необходимо выбирать металл, не образующий твердых растворов или соединений с углеродом. Такой металл достаточно напылить тонким (единицы нанометров) слоем на поверхность УНТ, что

предотвратит химическое взаимодействие с металлической матрицей, и, при этом, не изменит их исходные свойства.

Операцию нанесения диффузионного барьера на поверхность УНТ можно, также, выполнять на той же самой установке ионно-плазменного напыления используя либо метод резистивного термического испарения, либо испарения электронным лучом. Образующийся в результате перегрева жидкого металла пар равномерно конденсируется на поверхности УНТ, причем его толщину можно достаточно точно регулировать параметрами: нагрев, расстояние до УНТ, давление газа и другими известными способами.

Список использованных источников:

1. В.И. Трефилов, и др. Фуллерены – основа материалов будущего. – Киев: ИПМ НАНУ и ИПХФ РАН, 2001. – 148 с.
2. А.В. Крестинин. Однослойные углеродные нанотрубки: механизм образования и перспективы технологии производства на основе электродугового процесса. Рос. хим. ж. об-ва им. Д.И. Менделеева, 2004, т. XLVIII, №5, с. 21-27.
3. В.Є. Панарін, М.Є. Свавільний, А.І. Хомінич. Пристрій для вакуумного синтезу вуглецевих наноструктур. Патент України № 98909. Бюл. №12, 25.06.2012.
4. П.В. Фурсиков, Б.П. Тарасов. Каталитический синтез и свойства углеродных нановолокон и нанотрубок. Углеродные наноструктуры для альтернативной энергетики. 2004, №10 (18), с. 24-40.
5. W.X. Chen and other. Tribological application of carbon nanotubs in a metal-based composite coating and composites. Carbon. 41. (2003). P. 215-222.
6. В.Л. Карбовский, А.П. Шпак. Апатиты и апатитоподобные соединения. Электронная структура и свойства. Киев. «Наукова думка». 2010. - 484 с.

7. І.В. Короташ та ін. Виявлення ефекту гігантського вбирання мікрохвильового випромінювання в структурах вуглецевих нанотрубок. Металофізика та новітні технології. Т.28. №4. – С. 545-551.