Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский фонд фундаментальных исследований
Управление образования и науки Тамбовской области
ООО «УК «Роснано»
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
АО «НИИграфит»
Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов»
(ТИСНУМ)
Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

«ГРАФЕН И РОДСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ: СИНТЕЗ, ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ»

Материалы
I Международной научно-практической конференции
11-13 ноября 2015 г.

Школа молодых ученых

Тамбов 2015

УДК 620.3
ББК Ж60-3я4

Конференция проводилась при поддержке РФФИ (проект №15-03-20912 Г) и Управления образования и науки Тамбовской области (Соглашение №7-НМ-15).

Сборник подготовлен по материалам, предоставленным авторами в электронном виде, и сохраняет авторскую редакцию. За содержание предоставленных материалов организаторы ответственности не несут.

Г-78 «ГРАФЕН И РОДСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ: СИНТЕЗ, ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ». Школа молодых ученых: материалы I Международной научно-практической конференции: 11 - 13 ноября 2015. Под общей редакцией оргкомитета. – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2015. – 84 с.

ISBN 978-5-905724-55-8

Сборник содержит научные статьи и тезисы докладов студентов, аспирантов и молодых научных работников ВУЗов, НИИ и предприятий Российской Федерации и стран СНГ, вошедших в программу Школы молодых ученых в рамках I Международной научно-практической конференции «ГРАФЕН И РОДСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ: СИНТЕЗ, ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ».

УДК 620.3
ББК Ж60-3я4

© Авторы публикаций, 2015
© ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015
© Оформление Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2015

ISBN 978-5-905724-55-8

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Сопредседатели:

Бузник Вячеслав Михайлович	- академик РАН, д.х.н., профессор, начальник лаборатории «Материалы для арктического климата» ВИАМ, г.Москва, Россия;
Мясоедов Борис Федорович	- академик РАН, Советник при Президиуме РАН, Россия;
Краснянский Михаил Николаевич	- д.т.н., профессор, ректор ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия.

Программный комитет:

Бейлина Наталия Юрьевна	- д.т.н., начальник управления научно-технического развития АО «НИИграфит», г.Москва, Россия;
Генералов Михаил Борисович	- д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик Российской инженерной академии, зав.кафедрой ПТМКХП, ФГБОУ ВПО «МГМУ» (МАМИ), г.Москва, Россия;
Головин Юрий Иванович	- д.ф.-м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, директор НОЦ «Нанотехнологии и наноматериалы» ТГУ им.Г.Р.Державина, г.Тамбов, Россия;
Гороховский Александр Владиленович	- д.х.н., профессор ФГБОУ ВПО «СГТУ», г.Саратов, Россия;
Дворецкий Станислав Иванович	д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Долматов Валерий Юрьевич	- д.х.н., генеральный директор ЗАО «Алмазный центр», г.С.-Петербург, Россия;
Калинин Юрий Егорович	- д.ф.-м.н., профессор, зав.кафедрой физики твердого тела, ФГБОУ ВПО «ВГТУ», г.Воронеж, Россия;
Кузнецов Денис Валерьевич	- к.т.н., доцент, зав.кафедрой ФНСиВТМ, НИТУ «МИСиС», г.Москва, Россия;
Литовка Юрий Владимирович	- д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Мордкович Владимир Зальманович	- д.х.н., зав.отделом ФГБНУ «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов» (ТИСНУМ), г. Троицк, Россия;

Мищенко Сергей Владимирович	- д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Муромцев Дмитрий Юрьевич	- д.т.н., профессор, проректор по научно-инновационной деятельности ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Мухин Виктор Михайлович	- д.т.н., профессор, РХТУ им. Д.И.Менделеева, ЗАО «Бюро новых технологий», г.Москва. Россия;
Першин Владимир Федорович	- д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Рухов Артем Викторович	- д.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Столин Александр Моисеевич	- д.ф.-м.н., профессор, зав. лабораторией пластического деформирования материалов, руководитель НОЦ, ИСМАН, г.Черноголовка, Россия;
Теруков Евгений Иванович	- д.т.н., профессор, зам. генерального директора по научной работе НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им.А.Ф.Иоффе, г.С.-Петербург, Россия;
Ткачев Алексей Григорьевич	- д.т.н., профессор, зав.кафедрой «Техника и технологии производства нанопродуктов», ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Ткачук Юрий Григорьевич	- руководитель дирекции стандартизации Фонда инфраструктурных и образовательных программ, ООО, «УК «Роснано», г.Москва, Россия;
Туголуков Евгений Николаевич	д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Тыщенко Владимир Александрович	- д.т.н., генеральный директор ОАО «Средневолжский НИИ по нефтепереработке», г. Новокуйбышевск, Самарская область, Россия;
Фефелов Петр Александрович	- к.т.н., зам. генерального директора, директор департамента нефтехимии, ООО «ЗАВКОМ-ИНЖИНИРИНГ», г.Тамбов, Россия;
Харитонов Александр Павлович	- д.ф.-м.н., вед.н.с., Филиал ФГБУН «Институт энергетических проблем химической физики им.В.Л.Тальрозе РАН, г.Черноголовка, Россия;

Шешин Евгений Павлович	- д.ф.-м.н., профессор, ФГАОУ ВПО «Московский физико-технический институт (технический университет) - МФТИ, г.Долгопрудный, Московская область, Россия;
Jaroslav Stejskal	- PhD, Research Fellow, Head of the Departament of Supramolecular Polymer Systems, Institute of Macromolecular Chemistry of the Czech Academy of Sciences, Prague, Czech Republic;
Jesús Iniesta Valcárcel	- PhD, Professor, Department of Physical Chemistry, University of Alicante, Alicante, Spain;
Kazuko Matsumoto	- PhD, Senior General Manager and Professor, Vision Development Co. Ltd. and Sophia University (Department of Materials and Life Science), Tokyo, Japan;
Комаров Фадей Фадеевич	- чл.-корр. НАН Беларуси, лауреат Госпремии РБ, д.т.н., профессор, зав.кафедрой электроники и нанотехнологий, зав.лабораторией элионики,, Институт прикладных физических проблем им.А.Н.Севченко, Белорусский государственный университет, г.Минск, Белоруссия;
Монтаев Сарсенбек Алиакбарулы	- чл.-корр. НИА РК, д.т.н., профессор, директор НИИ инжиниринга и ресурсосбережения Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана, г.Уральск, Казахстан.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Краснянский Михаил Николаевич	- д.т.н., профессор, ректор ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия, - **председатель**;
Ткачев Алексей Григорьевич	- д.т.н., профессор, зав.кафедрой «Техника и технологии производства нанопродуктов» ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия – **зам.председателя**;
Муромцев Дмитрий Юрьевич	- д.т.н., профессор, проректор по научно-инновационной деятельности ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Молоткова Наталия Вячеславовна	- д.п.н., профессор, первый проректор ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;

Майстренко Александр Владимирович	- к.т.н., доцент, проректор по управлению имущественным комплексом и инфраструктурному развитию ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Блинов Сергей Валентинович	- к.т.н., доцент, зам.директора Технологического института ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Завражин Дмитрий Олегович	- к.т.н., начальник отдела научно-технических программ ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Пасько Татьяна Владимировна	- к.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
Меметов Нариман Рустемович	- к.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия - **ученый секретарь Конференции**.

СОДЕРЖАНИЕ

Дубовицкий В.С., Кодиров Б.Б.
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФЕНОВ И КОМПОЗИТОВ НА ИХ ОСНОВЕ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ…….. 9
Ягубов В.С., Фролов И.И., Баранов А.А., Пасько А.А.
ПРОИЗВОДСТВО ГРАФЕНА И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДИСПЕРСНОСТИ…. 11
Абрамова В.Н., Дьячкова Т.П., Галунин Е.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ВОДНОЙ ПАСТЫ КАРБОКСИЛИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК……. 15
Бабкин А.В., Нескоромная Е.А., Бураков А.Е., Романцова И.В., Кучерова А.Е.
ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМОЙ ЖИДКОФАЗНОЙ СОРБЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСОРБЕНТОВ……. 18
Балыбина Н.Н., Хан Ю.А., Осипов А.А., Дьячкова Т.П., Рухов А.В.
О КОНТРОЛЕ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПРИ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ……. 21
Бесперстова Г.С. Буракова Е.А., Бакунин Е.С., Ткачев А.Г.
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ Co-Mo/MgO-Al_2O_3 КАТАЛИЗАТОРА СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК……. 25
Кольцов М.А.
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ ДЛЯ СИНТЕЗА МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК…… 27
Ларионов А.С.
ИЗУЧЕНИЕ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ…….. 29
Нескоромная Е.А., Бабкин А.В., Бураков А.Е., Романцова И.В., Попов А.И., Кучерова А.Е.
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ В СОРБЦИОННЫХ МЕТОДАХ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ СРЕД…. 31
Паньков А.М., Попов М.Ю., Тюкалова Е.В., Кульницкий Б.А., Караева А.Р., Мордкович В.З., Бланк В.Д.
ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПОД ДАВЛЕНИЕМ ДО 60 ГПА…… 34
Филиппов С.В., Колосько А.Г., Попов Е.О., Теруков Е.И.
СРАВНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОЛЕВЫХ ЭМИТТЕРОВ РАЗНОГО ТИПА……... 38
Яковлев Е.А., Бурмистров И.Н.
ОСОБЕННОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК…… 41
Аносова И.В., Чернопятова Ю.В., Гаврилов И.А., Рухов А.В., Дьячкова Т.П.
КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИАНИЛИНОМ……. 44

Герасимова А.В., Меметов Н.Р.
МОДИФИЦИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ
ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛОЙ……. 47
Гурова Т.В., Солодовникова С.В., Шубин И.Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ
НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА…….. 49
Засоба П.Ю., Михалева З.А., Попов А.И.
АСПЕКТЫ ПРОДВИЖЕНИЯ НАНОДОБАВОК
В СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ……. 52
Кондаков А.И., Михалева З.А.
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОКИСЛЕННОГО ГРАФЕНА
В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ…….. 55
Пономарев О.В., Попов М.Ю., Тюкалова Е.В., Бланк В.Д.
КЕРАМИЧЕСКИЙ НАНОКОМПОЗИТ ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТИ НА
ОСНОВЕ КОРУНДА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОУГЛЕРОДОМ……... 57
Соломахо Г.В., Мележик А.В., Меметов Н.Р., Ткачев А.Г.
СИНТЕЗ НАНОПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА……. 59
Блохин А.Н., Сухоруков А.К., Попов А.И., Варнашев В.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ
АБС-ПОЛИМЕРОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОМАТЕРИАЛАМИ…… 61
Таров Д.В., Сухоруков А.К., Таров В.П., Шубин И.Н., Блохин А.Н.
МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРОВ
ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫМИ НАНОТРУБКАМИ……... 64
Логвинов А.Ю., Толчков Ю.Н., Панина Т.И., Михалева З.А.
АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР В
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ОБЛАСТЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ…….. 67
Торосян К.С., Пак Чир Ген, Геворкян Э.С., Московских Д.О., Андреев В.Г.
ГОРЯЧЕЕ ПРЕССОВАНИЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОНСОЛИДАЦИИ
КОМПОЗИТОВ СОСТАВА (SiC-Al_2O_3 –(ZrO_2-5 %Y_2O_3))……. 70
Тюкалова Е.В., Кульницкий Б.А., Пережогин И.А., Попов М.Ю., Бланк В.Д.
ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СТРУКТУРА ФАЗЫ, ПОЛУЧЕННОЙ
ИЗ C_{60} В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАБОТКИ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ
И ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ…….. 73
Щегольков А.В., Щегольков А.В.
ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ
(УНМ) ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ
КРИСТАЛЛОГИДРАТОВ СОЛЕЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ….. 75
Кузнецова Т.С., Пасько Т.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ
УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК…… 78
Высоцкая М.А., Шеховцова С.Ю., Киндеев О.Н.
НАНОТРУБКИ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ ПБВ……... 81

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФЕНОВ И КОМПОЗИТОВ НА ИХ ОСНОВЕ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дубовицкий Виктор Сергеевич
магистрант,
e-mail: dmc980@mail.ru
Кодиров Бунёд Бахтиёрович
магистрант,
e-mail: panjakent1993@mail.ru
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

PERSPECTIVES OF USE THE GRAPHENE AND THE GRAPHENE BASED COMPOSITES AS ELECTRODE MATERIALS

Victor S. Dubovitsky
Undergraduate Student,
e-mail: dmc980@mail.ru
Bunyod B. Qodirov
Undergraduate Student,
e-mail: panjakent1993@mail.ru
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена возможность создания средств хранения энергии повышенной емкости с использованием в качестве электродных материалов графенов и композитов на их основе.

ABSTRACT

The paper reviewed the possibility of creation of means of the high-capacity energy storage using the graphene and composites based on them as electrode material.

Ключевые слова: графен; суперконденсатор; электродный материал.
Keywords: graphene; supercapacitor; electrode material.

Появление суперконденсаторов, совмещающих лучшие характеристики конденсаторов и высокую энергетическую плотность батарей, стало заметным событием в развитии технологии аккумуляции электроэнергии.

В литературе встречаются различные наноэлектронные устройства, включающие в себя фрагмент листа графена, находящегося в сложном электростатическом окружении (подложка, контактные и бесконтактные электроды, другие фрагменты графена).

Например, Р. Райтмаер, химик американской компании SOHIO, в своем патенте подробно описал механизм сохранения электрической энергии в конденсаторе, обладающем «двойным электрическим слоем», где один электрод должен был

обладать ионной проводимостью, а другой – электронной. Электронный проводник предлагалось сделать из пористого углерода.

Исследователи из Калифорнийского университета Лос-Анджелеса (UCLA) и Калифорнийского института наносистем (California NanoSystems Institute) продемонстрировали высокопроизводительные электрохимические конденсаторы на основе графена, которые сохраняют превосходные электрохимические параметры при больших механических нагрузках [1]. Полученный материал авторы исследования назвали «графеном, гравированным лазером» (Laser Scribed Graphene, LSG). В созданном прототипе суперконденсатора исследователи заменили жидкий электролит материалом на основе полимерного геля.

Другое устройство было создано группой ученых во главе с Бором Джангом из американской компании Nanotek Instruments [2]. Электроды конденсатора были изготовлены из графена, смешанного в определенных пропорциях с ацетиленовым составом Super P, который действует в качестве токопроводящей добавки, и связующего наполнителя PTFE. Для подвода тока к обкладкам конденсатора использовались электроды из сплава «Celguard-3501», а в качестве электролита – специальный состав EMIMBF4.

Над данной технологией создания суперконденсаторов также продолжают работу независимые группы ученых из компании Angstron Materials и Технологического университета Даляня (Dalian University of Technology) в Китае. Целью этих дальнейших исследований является еще большее увеличение удельной электрической емкости суперконденсаторов параллельно с разработкой технологии их промышленного производства.

Компании Sunvault Energy Inc. совместно с Edison Power Company удалось создать крупнейший в мире графеновый суперконденсатор емкостью 10 000 Ф [3]. Одновременно с этим фирма работает над тем, чтобы графеновые накопители энергии можно было изготавливать обычной печатью на 3D-принтере.

В настоящий момент ФГБОУ ВПО «ТГТУ» занимается созданием новых технологий и оборудования для производства многослойных графенов с высокой удельной поверхностью, их модифицированных форм, содержащих различные поверхностные функциональные группы, и активных компонентов электродных материалов суперконденсаторов. Работы ведутся в рамках проекта «Разработка технических и технологических решений в области получения многослойных графенов, предназначенных для создания электродных наноматериалов накопителей энергии».

Список литературы:

1. Laser Scribing of High-Performance and Flexible Graphene-Based Electrochemical Capacitors / Maher F. El-Kady et al. // Science. – 2012. – Vol. 335 (6074). – pp. 1326.

2. Graphene-Based Supercapacitor with an Ultrahigh Energy Density / C. Liu et al. // Nano Lett. – 2010. – Vol. 10 (12). – pp. 4863-4868.

3. Маклаков, А. Революция суперконденсаторов: первая жертва – Элон Маск [Электронный ресурс] / А. Маклаков // Congeniator: [сайт]. – URL: http://congeniator.com/революциясуперконденсаторов/ (дата обращения: 29.09.2015).

ПРОИЗВОДСТВО ГРАФЕНА И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДИСПЕРСНОСТИ*

Ягубов Виктор Сахибович
магистрант,
e-mail: vitya-y@mail.ru
Фролов Илья Игоревич
магистрант,
e-mail: napulisvistel1993@mail.ru
Баранов Андрей Алексеевич
к.т.н., доцент,
e-mail: barr2@yandex.ru
Пасько Александр Анатольевич
к.т.н., доцент,
e-mail: ttpm2005@yandex.ru
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

GRAPHENE PRODUCTION AND THE METHOD OF ESTIMATING THE DISPERSION*

Viktor S. Yagybov
Undergraduate Student,
e-mail: vitya-y@mail.ru
Ilya I. Frolov
Undergraduate Student,
e-mail: napulisvistel1993@mail.ru
Andrey A. Baranov
PhD in Engineering, Associate Professor,
e-mail: barr2@yandex.ru
Alexandr A. Pasko
PhD in Engineering, Associate Professor,
e-mail: ttpm2005@yandex.ru
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

Представлен способ производства графеновых нанопластин и метод диагностики дисперсности.

ABSTRACT

Presents the method for manufacturing of graphene nanoplates and the method of diagnostic the dispersion.

Ключевые слова: углерод; графен; нанопластинки; дисперсность.
Keywords: carbon; graphene; nanoplates; dispersion.

Графит, являясь аллотропной модификацией углерода, обладает прочными ковалентными связями атомов в слое, а связь между слоями осуществляется слабыми Ван-дер-Ваальсовыми силами. Благодаря такой структуре кристалла различные молекулы и атомы при определенных условиях могут проникать в межслоевое пространство. Результатом такого взаимодействия являются соединения внедрения в графит (СВГ), в которых плоские углеродные слои чередуются со слоями интеркалята (внедренного вещества). СВГ – своеобразный класс неорганических соединений с преобладающей регулярной слоистой структурой, который обладает высокой анизотропией свойств и необычным характером связи между графитовой матрицей и интеркалятом. Для того, чтобы увеличить расстояние между графитовыми слоями, можно внедрить в графит различные вещества.

За время, прошедшее с момента первых исследований графена, полученного механическим расщеплением графитовых слоев [1], усилия исследователей были направлены на развитие новых более эффективных подходов к решению данной задачи [2].

В Тамбовском государственном техническом университете на кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов» разработан способ получения графена из природного кристаллического графита, включающий следующие стадии:

- обработка кристаллического графита раствором персульфата аммония в концентрированной серной кислоте;
- выдержка интеркалированного соединения графита до его расширения;
- гидролиз и промывка водой;
- диспергирование ультразвуковым или другим устройством, создающим кавитацию в жидкости.

Предложенный способ получения графена, основанный на использовании химических окислителей, является развитием весьма эффективного подхода к проблеме разделения графитовых слоев. Данный способ реализован в ООО «НаноТехЦентр» (г. Тамбов) для производства много- и малослойных графеновых нанопластин со следующими характеристиками (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика водных паст графеновых нанопластин.

Параметр	Графеновые нанопластины	
	многослойные	малослойные
Число графеновых слоев	15÷25	3÷5
Толщина нанопластин, нм	6÷8	2÷3
Размер нанопластин в плоскости, мкм	2÷10	2÷10
Содержание нанопластин, % масс.	4÷7	10÷12
Содержание кислорода, % масс.	9÷13	9÷13
Содержание серы, % масс.	≤ 0,7	≤ 0,7

Графеновые нанопластины выпускаются в виде водных паст. Многослойные графеновые нанопластины выпускаются без применения поверхностно–активных веществ (ПАВ). Стабилизация малослойных графеновых нанопластин осуществляется с помощью ПАВ (поливинилпиролидон или Тритон Х-100).

Для контроля технологического процесса эксфолиации графитовых материалов на графеновые нанопластинки в водной или органической среде под действием ультразвука или иных физических воздействий разработана методика измерений коэффициента светопоглощения суспензии графеновых нанопластинок [3]. Методика устанавливает совокупность операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений коэффициента светопоглощения дисперсности графеновых нанопластинок, диспергированных в воде (в присутствии ПАВ) или в органических растворителях.

В данной методике дисперсность понимается как интегральный параметр, зависящий от толщины индивидуальных графеновых нанопластинок и степени их агрегированности. Дисперсность тем выше, чем тоньше индивидуальные нанопластинки графена и чем менее они агрегированы в воде или в органическом растворителе. Количественным показателем дисперсности является коэффициент светопоглощения *K*.

На рисунке 1 представлена зависимость коэффициента светопоглощения *K* от числа слоев графеновых нанопластинок. Зависимость получена при следующих допущениях:

- графеновые нанопластинки плоские,
- поперечный размер графеновых нанопластинок значительно больше длины волны света (в данной методике 500 нм);
- дифракцией на краях пластинок пренебрегают;
- агрегация нанопластинок отсутствует;
- толщина нанопластинок одинакова;
- ориентация нанопластинок случайная;
- в исследуемом диапазоне концентраций соблюдается закон Ламберта-Бэра.

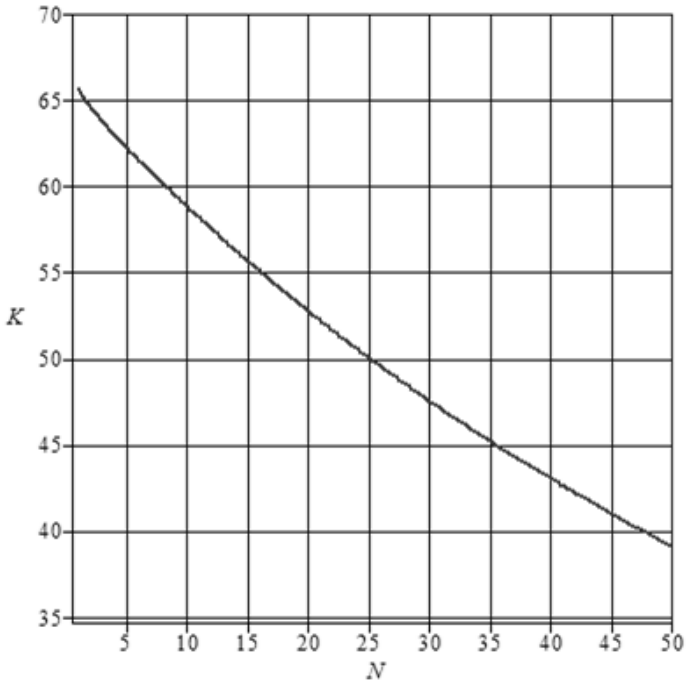


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента светопоглощения *K* (дм^3/(г·см)) от числа слоев графеновых нанопластинок *N*.

По представленной зависимости можно оценить число слоев графеновых нанопластинок по коэффициенту светопоглощения.

Список литературы:

1. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films / K.S. Novoselov et al. // Science. – 2004. – Vol. 306, No. 5696. – pp. 666 – 669.

2. Графен: методы получения и теплофизические свойства / А.В. Елецкий [и др.] // УФН. – 2011. – № 181. – С. 233–268.

3. Melezhyk, A.V. Synthesis of graphene nanoplatelets from peroxosulfate graphite intercalation com-pounds / A.V. Melezhyk, A.G. Tkachev // Nanosystems: physics, chemistry, mathematics. – 2014. – Vol. 5, No.2. – pp. 294-306.

**Представленный способ получения графена и метод оценки числа слоев по коэффициенту светопоглощения разработаны при проведении прикладных научных исследований по теме «Разработка технических и технологических решений в области получения многослойных графенов, предназначенных для создания электродных наноматериалов накопителей энергии», уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEF157714X0091.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ВОДНОЙ ПАСТЫ КАРБОКСИЛИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Абрамова Вера Николаевна
аспирант,
Дьячкова Татьяна Петровна
к.х.н., доцент,
e-mail:dyachkova_tp@mail.ru
Галунин Евгений Валерьевич
к.х.н., с.н.с.,
e-mail: evgeny.galunin@gmail.com
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

STUDYING THE DRYING OF AN AQUEUS PASTE OF CARBOXYLATED CARBON NANOTUBES

Vera Aramova
Postgraduate Student,
Tatyana Dyachkova
PhD in Chemistry, Associate Professor,
Evgeny Galunin
PhD in Chemistry, Senior Research Associate,
e-mail: evgeny.galunin@gmail.com
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

В сообщении представлены результаты исследования процесса сушки водной пасты карбоксилированных УНТ, полученных окислением в концентрированной азотной кислоте. Проанализировано влияние температуры сушки и степени функционализации УНТ на эффективность удаления влаги из продукта.

ABSTRACT

The report presents the results of studying the drying of an aqueous paste of carboxylated CNTs obtained by oxidation with concentrated nitric acid. The influence of the drying temperature and the degree of functionalization of the CNTs on the efficiency of removing moisture from the product was studied.

Ключевые слова: окислительная функционализация; карбоксилированные углеродные нанотрубки; сушка; водная паста.

Keywords: oxidative functionalization; carboxylated carbon nanotubes; drying; aqueous paste.

Для эффективного применения углеродных нанотрубок (УНТ) в составе полимерных композитов, обладающих повышенными механическими и электрофизическими характеристиками, в большинстве случаев необходимо

эффективное диспергирование наномодификатора в полимерной матрице. Одним из способов повышения химического сродства поверхности УНТ к полярным средам является их окислительная функционализация. Наиболее часто ее осуществляют посредством обработки азотной кислотой и смесями на ее основе. При этом на поверхности УНТ формируются преимущественно карбоксильные группы.

Данный способ функционализации может быть впоследствии масштабирован. Однако, на пути к решению задачи получения карбоксилированных УНТ в реальном производстве требуется детальное исследование закономерностей отдельных технологических стадий. Упрощенная технологическая схема получения карбоксилированных УНТ включает следующие операции: окисление УНТ концентрированной азотной кислотой; фильтрация смеси для отделения избытка азотной кислоты; промывка пасты от остатков азотной кислоты до нейтрального pH; фильтрация смеси с целью отделения водной пасты карбоксилированных УНТ; сушка водной пасты УНТ.

Финальная стадия получения карбоксилированных УНТ должна обеспечивать эффективное удаление влаги из продукта при отсутствии усиленной агломерации. Исследователи предлагают различные условия сушки водной пасты УНТ: температура 25°C [1], 50°C [2], 120°C [3-4], продолжительность от 8 [3] до 24 часов [1, 5]. Однако, ни в одной из работ нет обоснования выбранных условий.

В настоящем исследовании изучены закономерности сушки водной пасты карбоксилированных УНТ со степенью функционализации 0,2; 0,6 и 1,0 ммоль/г при температурах 40-80°C.

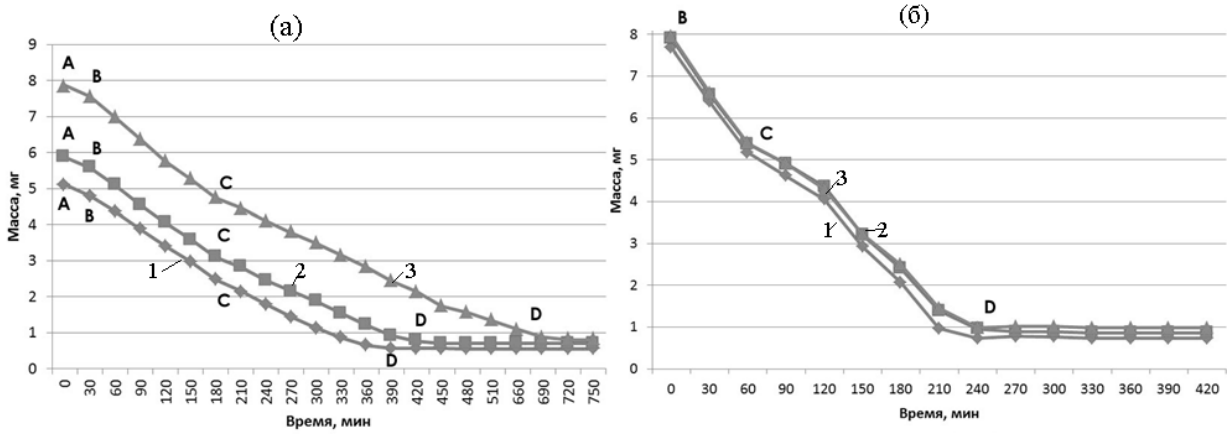


Рисунок 1 – Кривые сушки водных паст карбоксилированных УНТ со степенью функционализации 0,2 (1); 0,6 (2); 1,0 (3) при 40 (а) и 80 (б) °C.

Типичные кривые сушки представлены на рис. 1. На них можно выделить несколько типичных участков. AB – подогрев материала, когда влагосодержание изменяется незначительно. При 80 °C этот участок практически не выражен из-за малой продолжительности. BC – период постоянной скорости сушки, когда удаляется преимущественно свободная влага. Он продолжается до наступления критического влагосодержания (точка C), которое является границей между периодом постоянной (BC) и падающей (CD) скорости сушки. В периоде падающей скорости сушки материала (участок CD) также можно выделить два участка. В конце второго из них

влагосодержание асимптотически стремится к равновесному состоянию, достижение которого означает полное прекращение дальнейшего испарения влаги из материала.

При 40°С наблюдаются выраженные различия в кривых сушке водных паст УНТ с разной степенью функционализации. Удаление влаги происходит быстрее из пасты слабофункционализированных УНТ. При 80 °С таких различий в кинетике сушки не наблюдается. Достижение состояния равновесия наступает быстрее для всех материалов. Однако, это состояние не характеризуется полным удалением влаги. Ее остаточное содержание практически не зависит от температуры и степени функционализации и составляет около 7 % (табл. 1).

Таблица 1 – Остаточное содержание влаги*
в образцах, карбоксилированных УНТ после сушки.

Температура сушки, ºС	Остаточное содержание влаги (масс.%) после сушки водной пасты карбоксилированныхУНТ со степенью функционализации		
	0,2 ммоль/г	0,6 ммоль/г	1,0 ммоль/г
40	6,5	7,1	7,1
80	6,8	7,9	7,2

*Определено по убыли массы образцов при выдержке при 200°С в течение 1 часа

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования процесса сушки водной пасты карбоксилированных УНТ для более полного удаления влаги из продукта.

Список литературы:

1. Duha, S.A. Environment comparison of functionalization of multiwalled carbon nanotubes treated by oil olive and nitric acid and their characterization / S.A. Duha, A.J. Haider, M. R. Mohammad // Energy Procedia. – 2013. – Vol. 36. – pp. 1111-1118.

2. Mathematical models for the oxidative functionalization of multiwalled carbon nanotubes / Kumar S. et al. // Physicochemical and Engineering Aspects. – 2013. – Vol. 419. – pp. 156-165.

3. The effect of functionalized group concentration on the stability and thermal conductivity of carbon nanotube fluid as heat transfer media / Talaei Z. et al. // International Communications in Heat and Mass Transfer. – 2011. – Vol. 38. – pp. 513-517.

4. Carboxylation treatment of multiwalled carbon nanotubes monitored by infrared and ultraviolet spectroscopies and scanning probe microscopy / Goyanesa S. et al. // Diamond & Related Materials. – 2007. – Vol. 16. – pp. 412-417.

5. Cure behavior of epoxy/MWCNT nanocomposites: The effect of nanotube surface modification / Abdalla M. et al. // Polymer. – 2008. – Vol. 49. – pp. 3310-3317.

ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМОЙ ЖИДКОФАЗНОЙ СОРБЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСОРБЕНТОВ

Бабкин Александр Викторович
магистрант,
e-mail: Flex_Trol@mail.ru
Нескоромная Елена Анатольевна
магистрант,
e-mail: Lenok.n1992@mail.ru
Бураков Александр Евгеньевич
к.т.н., доцент,
e-mail: m-alex1983@yandex.ru
Романцова Ирина Владимировна
к.т.н., ст. преподаватель,
e-mail: iris_tamb68@mail.ru
Кучерова Анастасия Евгеньевна
аспирант,
e-mail: anastasia.90k@mail.ru
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

PROCESS OF ELECTRONIC CONTROL LIQUID-PHASE SORPTION USING NANOSORBENT

Alexander Babkin
Undergraduate Student,
e-mail: Flex_Trol@mail.ru
Elena Neskoromnaya
Undergraduate Student,
e-mail: Lenok.n1992@mail.ru
Alexander Burakov
PhD in Engineering, Associate Professor,
e-mail: m-alex1983@yandex.ru
Irina Romantsova
PhD in Engineering,Senior Lecturer,
e-mail: iris_tamb68@mail.ru
Anastasia Kucherova
Postgraduate Student,
e-mail: anastasia.90k@mail.ru
Tambov State Technical University
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена возможность интенсификации процесса жидкофазной сорбции путем воздействия электромагнитного поля. Представлена экспериментальная лабораторная установка кондиционирования воды и методика проведения эксперимента. Сорбентом являлся углеродный наноматериал марки «Таунит-М». В ходе проведения сравнительных исследований установлено положительное влияние электромагнитного поля на процесс сорбции.

ABSTRACT

The article considers the possibility of intensifying the process of liquid-phase sorption by the influence of the electromagnetic field. Experimental laboratory plant water conditioning and technique of the experiment are presented. Sorbents was carbon nanomaterial under trade mark "Taunit-M". In the comparative studies the positive effects of electromagnetic fields on the sorption process is confirmed.

Ключевые слова: углеродный наноматериал «Таунит-М», сорбция, электромагнитное поле, электрокондиционирование, оптическая плотность.

Keywords: carbon nanomaterial "Taunit-M", sorption, electromagnetic field, electroconditioning, optical density.

На сегодняшний день актуальной проблемой техносферной безопасности остается качество воды, используемой в технологических процессах и поступающей непосредственно в бытовое пользование. Этот ресурс занимает исключительное положение в природе и выполняет важнейшую роль в жизни человека благодаря уникальным физико-химическим свойствам, отличающим его от всех остальных ресурсов, имеющихся на Земле.

Существующий дефицит «чистой воды» является в первую очередь результатом непрерывного негативного воздействия техногенного и антропогенного характера на различные источники водоснабжения. По данным ООН уже сегодня с проблемой нехватки пресной воды сталкиваются более 80 государств мира, и еще 31 государство находится под угрозой водного кризиса.

Современные системы очистки жидких сред зачастую не обеспечивают необходимого качества целевого продукта при заданных технологических параметрах процесса. Именно поэтому поиски путей повышения эффективности и оптимизации реализуемых процессов являются актуальной задачей. Одним из перспективных методов является процесс электроуправляемой сорбции, который лежит в основе работы установки электрокондиционирования воды, представленной на рис. 1.

Электрокондиционер – это система тонкой очистки, позволяющая удалять вредные примеси различной химической природы из водных сред. Основным элементом установки является сорбционная ячейка, содержащая фильтрующий картридж с помещенной внутрь навеской поглощающего материала и электроды, формирующие активирующее поле. В качестве опытного образца сорбента применяли углеродный наноматериал серии «Таунит-М» (производство ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов).

Масса навески наноматериала составляла 2 г.

Рисунок 1 – Экспериментальная установка электрокондиционирования воды.

Исходный раствор объемом 4 л и концентрацией 15 мг/л с помощью центробежного насоса подавался в рабочую зону сорбционной ячейки с фильтрующим элементом, содержащим навеску с исследуемым сорбентом. Различное напряжение в процессе эксперимента подавалось на два электрода, находящихся в сорбционной ячейке. Измерение концентрации раствора производили, используя стандартную методику спектрофотометрического анализа (спектрофотометр ПЭ – 5400В).

Полученная зависимость скорости извлечения органического загрязнителя из раствора от величины поданного напряжения свидетельствует о положительном влиянии электромагнитного поля на сорбционную активность материала типа «Таунит-М» (рис. 2).

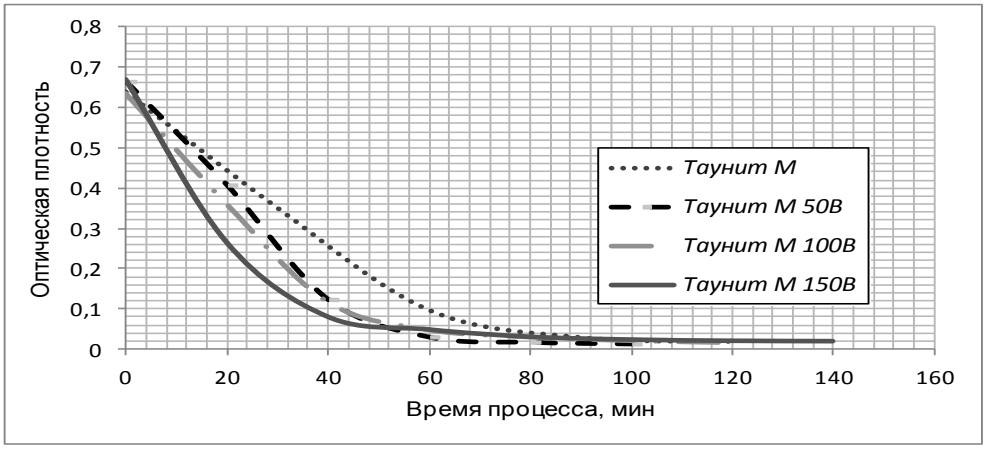


Рисунок 2 – Влияние напряжения на процесс жидкостной адсорбции углеродным наноматериалом «Таунит-М».

Список литературы:

1. Электрокондиционирование жидких сред с применением наноструктурированных комплексных поглотителей / Бабкин А.В. [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – Вып. № 4 (3). – С. 496-498.

2. Многофункциональные фильтры для очистки воды. URL: http://www.elecotec.com (дата обращения 25.09.2015).

О КОНТРОЛЕ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПРИ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ

Балыбина Наталья Николаевна
магистрант,
Хан Юлиан Александрович
бакалавр,
Осипов Александр Александрович
магистрант,
Дьячкова Татьяна Петровна
к.х.н., доцент,
e-mail: dyachkova_tp@mail.ru
Рухов Артем Викторович
д.т.н., доцент,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

CONTROL OF INITIAL PARAMETERS OF CARBON NANOTUBES BY FUNCTIONALIZATION

Natalia Balybina
Undergraduate Student
Yulian Khan
Student
Aleksandr Osipov
Undergraduate Student
Tatiana Dyachkova
PhD in Chemistry, Associate Professor
Artem Rukhov
DScTech, Associate Professor
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

Исследовано влияние морфологических особенностей, физических характеристик и степени дефектности многослойных углеродных нанотрубок (УНТ) на конечный результат их жидкофазного окисления и газофазного амидирования. Для контроля характеристик исходных и функционализированных УНТ использованы методы прямого контроля, рамановской спектроскопии и титриметрии. Показана корреляция между показателем дефектности исходных УНТ и достигаемыми значениями степени функционализации.

ABSTRACT

The influence of morphological features, physical characteristics and defect rate of the multi-walled carbon nanotubes (CNT) on the final result of its liquid-phase oxidation and gas-phase amidation were studied. In order to control of the characteristics of the

pristine and functionalized CNT methods of direct control, Raman spectroscopy, and titrimetry were used. A correlation between the index of the defect rate and the value of the degree of functionalizationof CNT was determined.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки; функционализация; спектроскопия комбинационного рассеяния; физические характеристики.

Keywords: carbon nanotubes; functionalization; Raman spectroscopy; physicalcharacteristics.

Многослойные углеродные нанотрубки (УНТ) довольно широко представлены на рынке углеродных наноматериалов и востребованы в качестве добавок к полимерным материалам, повышающим прочность, термическую стабильность тепло- и электропроводность. В промышленных масштабах их, как правило, получают CVD-методом. В зависимости от условий каталитического пиролиза углеводородов и состава металлоксидного катализатора возможно получение УНТ с различными геометрическими параметрами, формой графеновых слоев и степенью дефектности [1]. Эти исходные показатели во многом определяют физико-механические и электрофизические свойства УНТ и характер их изменения при функционализации [2].

В настоящем сообщение представлены результаты исследования влияния ряда исходных характеристик УНТ (насыпная плотность, плотность утряски, угол естественного откоса и степень дефектности) на степень функционализации (D_f) при жидкофазном окислении концентрированной азотной кислотой и дальнейшем газофазном амидировании.

В качестве объекта исследования использованы УНТ, полученные CVD-методом из пропан-бутановой смеси на катализаторе Co/Mo/Mg/Al при различных условиях (температурный режим, скорость подачи углеводородной смеси). Их физические характеристики определялись на автоматизированном анализаторе порошкообразных материалов ВТ-1000. Степень дефектности оценивалась по данным спектров комбинационного рассеяния, снятых на приборе DXR Raman Microscope (TermoScientific) при длине волны возбуждающего лазера 532 нм, как соотношение интенсивностей характерных пиков D (~1600-1630 см$^{-1}$) и G (~1560-1590 см$^{-1}$). Степень функционализации карбоксильными группами оценивалась титриметрически по методике [3]. Эффективность амидирования определялась по остаточному содержанию COOH-групп после обработки карбоксилированных УНТ газообразным аммиаком при 300 °C в течение 10 часов.

Важнейшие экспериментальные данные представлены в табл. 1. Из них следует, что УНТ, обладающие наибольшей дефектностью, имеют самую высокую насыпную плотность и плотность после утряски.

Таблица 1 – Важнейшие характеристики исходных и функционализированных УНТ.

Экспериментальная партия УНТ	Насыпная плотность (кг/м^3)	Угол коллапса, град.	ν, кг/(м^3·град)	D/G (исходные)	D_f (карбоксилированных УНТ), ммоль/г	D/G (карбоксилированные)	Доля карбоксильных групп, подвергшихся амидированию, %	D/G (амидированные)
№1	9,85	34,00	0,29	0,756	0,7	1,221	100	1,160
№2	11,90	26,33	0,45	0,880	1,0	1,309	-	-
№3	12,75	28,67	0,44	1,099	1,2	1,322	67	1,280
№4	16,30	25,33	0,64	1,159	1,3	1,325	-	-
№5	66,35	26,67	2,49	1,192	1,5	1,477	63	1,364

Для комплексной оценки взаимосвязи физико-механических характеристик УТН с данными полученными методами спектроскопии комбинационного рассеяния предложено использовать коэффициент ν, числено равный отношению насыпной плотности к углу коллапса. Физический смысл данного коэффициента – мера текучести порошка УНТ известного удельного веса. Размерность – кг/(м^3·град). Установлена логарифмическая зависимость между значением отношения пиков D/G и ν.

Также очевидно, что чем выше степень дефектности исходных УНТ, тем больших значений степени функционализации COOH-группами удается достичь при окислении. Однако, показатель D/G после обработки УНТ в концентрированной азотной кислоте кипячением заметнее возрастает для изначально более дефектных УНТ. Это может привести к заметному снижению проводящих и механических свойств как самих УНТ, так и композитов на их основе.

При газофазной обработке окисленных УНТ аммиаком наиболее полное превращение COOH-групп в амидные происходит на УНТ с меньшей дефектностью. Возможно, этот эффект наблюдается из-за того, что на них было изначально сформировано меньшее количество карбоксильных групп. Также можно говорить о меньшей дефектности амидированных УНТ по сравнению с карбоксилированными, что делает предпочтительным использование в составе композитов именно вторично функционализированных форм.

Таким образом, при выборе условий функционализации (например, продолжительности окисления), необходим контроль исходных параметров УНТ. Не следует подвергать химическим превращениям УНТ, характеризующиеся

высокими показателями дефектности, которые могут быть обусловлены как несовершенством строения поверхностных графеновых слоев, так и наличиями включений аморфного углерода. Косвенным показателем качества УНТ может являться величина коэффициента ν, значение которого связано с показателем D/G, рассчитанным по спектрам КР, логарифмически.

Полученные результаты позволят правильно учитывать качественные показатели исходных УНТ при организации опытно-промышленного производства их функционализированных форм.

Список литературы:

1. Совершенствование процессов и аппаратурного оформления синтеза углеродных наноматриалов «Таунит» / А.А. Аладинский [и др.] // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2014. – Т. 20. – № 3. – С. 572-578.

2. Oxidation behavior of multiwall carbon nanotubes with different diameters and morphology / Mazov I. et al. // Applied Surface Science. – 2012. – Vol. 258. – pp. 6272-6280.

3. Boehm, H.P. Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment / H.P. Boehm // Carbon. – 2002. – Vol. 40. – pp. 145-149.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ Co-Mo/MgO-Al_2O_3 КАТАЛИЗАТОРА СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Бесперстова Галина Сергеевна
магистрант
e-mail: bes.galina@mail.ru
Буракова Елена Анатольевна
к.т.н.
Бакунин Евгений Сергеевич
к.т.н.,
Ткачев Алексей Григорьевич
д.т.н., профессор,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

METHOD FOR PRODUCING Co-Mo/MgO-Al_2O_3 CATALYSTS SYNTHESIS OF CARBON NANOTUBES

Galina Besperstova
Undergraduate Student
e-mail: bes.galina@mail.ru
Elena Burakova
PhD in Engineering
Evgeniy Bakunin
PhD in Engineering
Aleksey Tkachev
DScTech, Professor,
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрен способ получения металооксидного катализатора с матрицей на основе сложного оксида методом термического разложения. Применение Co-Mo/MgO-Al_2O_3 катализатора позволяет синтезировать углеродные нанотрубки (УНТ) диаметром 15-30 нм.

ABSTRACT

The paper reviewed a method for producing metal oxide catalyst with a matrix based on the composite oxide by thermal decomposition. Application of Co-Mo/MgO-Al_2O_3 catalyst allows the synthesis of carbon nanotubes (CNT) with a diameter of 15-30 nm.

Ключевые слова: катализатор; синтез; углеродные нанотрубки; эффективность.

Keywords: catalyst; synthesis; carbon nanotube; efficiency.

В промышленном производстве углеродных нанотрубок (УНТ) широко используют метод газофазного химического осаждения (ГФХО), для которого характерны не высокие температуры и простота аппаратурного оформления. Ключевую роль в синтезе УНТ методом ГФХО играет катализатор, так как от его свойств зависит структура и морфология синтезируемых углеродных наноструктур. В свою очередь, характеристики катализатора зависят от способа его получения, поэтому актуальным является получение активной каталитической системы, позволяющей синтезировать УНТ требуемого качества.

В данной работе рассмотрен способ получения катализатора синтеза УНТ методом термического разложения солей. В качестве исходных компонентов катализатора использовали кристаллогидраты нитратов металлов (Co, Al, Mg), промоторирующее вещество – парамолибдат аммония и лимонную кислоту, как хелатообразующий агент. Методика получения Co-Mo/MgO-Al_2O_3 катализатора предусматривает 4 стадии: смешение, растворение, термическое разложение и прокаливание. Для синтеза стабильного нанопродукта характеристики катализатора контролируются на всех стадиях процесса его получения. Для повышения эффективности катализатора в качестве матрицы-носителя был выбран сложный оксид. В результате термического разложения раствора исходных компонентов катализатора при температуре 500-550 ^{0}C формируется Co-Mo/MgO-Al_2O_3 каталитическая система с чешуйчатой структурой. Эффективность полученного катализатора оценивали по удельному выходу и морфологии УНТ.

Co-Mo/MgO-Al_2O_3 катализатор использовали в процессе синтеза углеродных наноматериалов методом ГФХО при температуре 650-700 ^{0}C, в качестве источника углерода использовали пропан-бутановую смесь. Удельный выход УНТ на полученном катализаторе составляет 25-30 $г_C/г_{kat}$.

Морфологию синтезированных наноструктур исследовали с помощью электронно-сканирующей микроскопии (SEM). Анализ SEM изображений показал, что в образце наноматериала преобладают нанотрубки диаметром 15-30 нм.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ ДЛЯ СИНТЕЗА МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Кольцов Максим Александрович
магистрант,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов
e-mail: max.colcov@yandex.ru

PROSPECTS FOR THE USE OF THE FLUIDIZED BED FOR THE SYNTHESIS OF MULTIWALLED CARBON NANOTUBES

Maxim Kol'tsov
Undergraduate Student,
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia
e-mail: max.colcov@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Выполнено исследование перспектив использования псевдоожиженного слоя для синтеза многостенных углеродных нанотрубок.

ABSTRACT

The research of the prospects of using the fluidized bed for the synthesis of multiwalled carbon nanotubes.

Ключевые слова: многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ); псевдоожиженный слой.

Keywords: multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs); fluidized bed.

Простейшую псевдоожиженную систему создают в заполненном слоем зернистого материала вертикальном аппарате, через днище которого равномерно по сечению вводят инертный ожижающий агент (газ или жидкость). При его небольшой скорости W зернистый слой неподвижен; с ее увеличением высота слоя начинает возрастать (слой расширяется). Когда W достигает критического значения, при котором перепад давления на слое становится равной весу твердых частиц, приходящихся на единицу площади сечения, слой приобретает текучесть и переходит в псевдоожиженное состояние. Соответствующую линейную скорость ожижающего агента называют скоростью начала псевдоожижения или его первой критической скоростью W_k [для мелких (размер ≤ 0,1 мм) частиц $W_k \sim d^2$, для крупных (≥ 1 мм) — $W_k \sim \sqrt{d}$, где d-диаметр частиц] [1].

Каталитический синтез в псевдоожиженном (кипящем) слое в настоящее время является наиболее производительным и эффективным методом получения углеродных нанотрубок (МУНТ). Такие нанотрубки используются для создания новых уникальных нанокомпозитов, сорбентов, строительных материалов, жидких теплоносителей и в других целях.

Специально разработанные для синтеза МУНТ мелкодисперсные катализаторы (ИК СО РАН), содержащие наноразмерные включения оксидов металлов (Fe, Co и др.), обладают высокой производительностью (до 20-60 г МУНТ на 1 г катализатора, в зависимости от требуемых характеристик МУНТ и используемых газообразных источников углерода) и позволяют получать нанотрубки высокой чистоты (~ 95%), достаточной для их использования во многих практических приложениях без дополнительной очистки. Кроме того, соответствующим образом приготовленные катализаторы обеспечивают малый разброс получаемых нанотрубок по диаметру и количеству стенок. Необходимо, однако, отметить, что в процессе синтеза МУНТ происходит истощение катализатора, наноразмерные фрагменты которого захватываются и капсулируются внутри растущих нанотрубок [2].

Процесс синтеза МУНТ в псевдоожиженном слое организуется следующим образом. Вначале в реактор помещаются «затравочные» нанотрубоки, заполняющие некоторую долю его объема, а также небольшое количество катализатора. Далее слой нанотрубок продувается инертным газом (Ar или N_2) и нагревается до требуемой температуры, после чего в продуваемую газовую смесь добавляется подвергаемый пиролизу углеродсодержащий газ. По мере синтеза новых МУНТ, происходит постепенное заполнение ими реактора и замедление скорости синтеза вследствие истощения катализатора. По прошествии некоторого времени производится выгрузка образовавшегося наноматериала и загрузка порции свежего катализатора. Такие циклы «рост нанотрубок – перезагрузка» повторяются периодически, в результате чего процесс выходит на установившийся (повторяющийся) периодический режим [3].

Характерной особенностью каталитического синтеза МУНТ в псевдоожиженном слое является резкий рост объема слоя и быстрое заполнение реактора продуктом: объем синтезированных нанотрубок может превосходить объем исходного катализатора в 200 и более раз.

Главные преимущества аппаратов с псевдоожиженным слоем перед применяемыми в одних и тех же с ними химико-технологических процессах аппаратами с неподвижным или движущимся слоем зернистого материала и аппаратами типа "вращающийся барабан": простота загрузки и перемещения ожижаемого материала, простота выгрузки готового продукта; возможность размещения внутренних теплообменных, газораспределительных либо перемешивающих устройств; высокая интенсивность теплообмена между псевдоожиженным слоем и поверхностью конструкционных элементов; легкость герметизации даже при высоких рабочих давлениях и т.д. Для многих химико-технологических процессов единичная мощность агрегатов, включающих аппараты с псевдоожиженным слоем, практически неограниченна.

Список литературы:

1. Гельперин, Н.И. Основы техники псевдоожижения / Н.И. Гельперин, В.Г. Айнштейн, В.Б. Кваша. – М.: Химия, 1967. – 664 с.

2. Carbon nanotubes as adsorbents in environmental pollution management: A review / Ren X. et al. // Chemical Engineering Journal. – 2011. – Vol. 170, No. 2-3. – pp. 395-410.

3. Bakshi, S.R. Carbon nanotube reinforced metal matrix composites – a review / S.R. Bakshi, D. Lahiri, A. Agarwal // International Materials Reviews. – 2010. – Vol. 55, No. 1. – pp. 41-64.

ИЗУЧЕНИЕ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Ларионов Александр Сергеевич
Аспирант первого курса,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов
e-mail: larionov.werwolf68@yandex.ru

STUDY AND METHODS OF MEASUREMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE CATALYSTS FOR THE PRODUCTION OF CARBON NANOMATERIALS

Alexander Larionov
Postgraduate Student,
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia
e-mail: larionov.werwolf68@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Целью данного исследования являлось изучение физико-механических свойств катализаторов синтеза углеродных наноматериалов (УНМ) методом газофазного осаждения для разработки как дозирующего устройства, так и метода аттестации качества измельчения. Результатом исследования стало измерение таких характеристик, как насыпная плотность, угол естественного откоса, содержание влаги, гранулометрический состав.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the physical and mechanical properties of the catalysts for the synthesis of carbon nanomaterials (CNM) by chemical vapor deposition for the development of the metering device and method development quality certification grinding. The result of the study was the measurement of such characteristics as bulk density, angle of repose, moisture content, particle size distribution.

Ключевые слова: углеродные наноматериалы; катализатор; физико-механические свойства.

Keywords: carbon nanomaterials; catalyst; physical and mechanical properties.

В настоящее время на кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов» идет работа с 3 видами УНМ – «Таунит» (NiMg), «Таунит М» (CoMoMgAl), «Таунит МД» (CoMoMgAlFe). Для синтеза каждого из них используется свой катализатор.

Изучение физико-механических свойств катализаторов для получения УНМ проводилось для решения следующих задач:

- разработка и создание дозирующего устройства для нанесения катализатора на подложку реактора периодического действия и дозирующего устройства для реакторов непрерывного действия;

- разработка методик аттестации качества катализаторов.

Как указывается в [1], большинство физико-механических свойств сыпучих материалов зависит от формы и размеров частиц. Задача данной работы была изучить именно физико-механические свойства катализаторов, измельченных методами, которые используются в настоящее время.

Результаты исследований приведены в таблицы 1.

Частицы катализатора «Таунит» имеют обычную форму для сыпучего материала т.е. форму «неправильной сферы». Частицы катализаторов «Таунит М» и «Таунит МД» по форме представляют собой «битое стекло». Данная форма частиц обусловлена технологическим процессом их синтеза и дальнейшим способом измельчения. Такая форма частиц оказывает критическое влияние на все физико-механические свойства катализаторов [2] .

Таблица 1 – Результаты исследований физико-механических характеристик катализаторов синтеза УНМ.

Характеристика катализатора	«Таунит»	«Таунит М»	«Таунит МД»
Насыпная плотность, кг/м^3	356	62	48
Угол естественного откоса, °	45	39	51
Содержание влаги, %	0,56	3,62	9,02

Низкая насыпная плотность катализаторов «Таунит М» и «Таунит МД» оказывает критическое влияние на процесс напыления. Так же становится невозможным применение устройств дозирования, использующих распространённые способы дозирования [1]. Данный факт затрудняет разработку дозирующих устройств реакторов непрерывного действия синтеза УНМ.

Угол естественного откоса для катализатора «Таунит» и «Таунит М» является обычным для сыпучего материала [3]. Тупой угол естественного откоса у катализатора «Таунит МД» объясняется более длинной формой частиц, чем у других катализаторов. В большинстве случаев, при использовании бункера для хранения, необходим активатор ссыпания.

Из-за невозможности измерения гранулометрического состава катализаторов «Таунит М» и «Таунит МД», было принято решение ориентироваться по косвенному параметру, а именно на насыпную плотность. Оптимальное значение насыпной плотности для катализатора «Таунит М» – 52-57 кг/м^3, для катализатора «Таунит МД» – 47-52 кг/м^3.

Список литературы:

1. Рогинский, Г.А. Дозирование сыпучих материалов / Г.А. Рогинский. – М.: Химия, 1978. – 178 с.

2. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.

3. Сиденко, П.М. Измельчение в химической промышленности / П.М. Сиденко. – М.: Химия, 1977. – 368 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ В СОРБЦИОННЫХ МЕТОДАХ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ СРЕД

Нескоромная Елена Анатольевна
магистрант,
e-mail: Lenok.n1992@mail.ru
Бабкин Александр Викторович
магистрант,
e-mail: Flex_Trol@mail.ru
Бураков Александр Евгеньевич
к.т.н., доцент,
e-mail: m-alex1983@yandex.ru
Романцова Ирина Владимировна
к.т.н., ст. преподаватель,
e-mail: iris_tamb68@mail.ru
Попов Андрей Иванович
к.п.н., доцент,
e-mail: olimp_popov@mail.ru
Кучерова Анастасия Евгеньевна
аспирант,
e-mail: anastasia.90k@mail.ru
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

PROSPECTS FOR THE USE OF NANO-MODIFIED SORBENTS IN SORPTION METHODS OF PURIFICATION OF LIQUID MEDIA

Elena Neskoromnaya
Undergraduate Student,
e-mail: Lenok.n1992@mail.ru
Alexander Babkin
Undergraduate Student,
e-mail: Flex_Trol@mail.ru
Alexander Burakov
PhD in Engineering, Associate Professor,
e-mail: m-alex1983@yandex.ru
Irina Romantsova
PhD in Engineering,Senior Lecturer,
e-mail: iris_tamb68@mail.ru
Andey Popov
PhD in Pedagogy, Associate Professor,
e-mail: olimp_popov@mail.ru
Anastasia Kucherova
Postgraduate Student,
e-mail: anastasia.90k@mail.ru
Tambov State Technical University
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена возможность модифицирования существующих поглотителей с целью улучшения ключевых сорбционных характеристик. В качестве модификатора предложено использовать углеродные нанотрубки, полученные методом газофазного химического осаждения. Полученный наномодифицированный материал качественно превосходит стандартный по основным параметрам процесса сорбции.

ABSTRACT

The article considers the possibility of modifying the standard adsorbents in order to improve the key sorption characteristics. Carbon nanotubes, obtained by chemical vapor deposition, are proposed to use as modifier. As a result of experiments, the obtained nanomodified material is qualitatively superior to the basic parameters of the sorption process on the standard one.

Ключевые слова: сорбция; металлоксидный катализатор; углеродные нанотрубки; модифицирование.

Keywords: sorption; metal oxide catalyst; carbon nanotubes; modification.

Хорошо известно, что вода – основа жизни на нашей планете. В результате безразличия людей к последствиям утилизации токсичных веществ было загрязнено огромное количество источников питьевой воды, артезианских и грунтовых вод. В современном мире отсутствуют природные механизмы, способные обезопасить человека от негативного влияния загрязненных водных ресурсов. Именно поэтому вопросы химической очистки, нейтрализации и обеззараживании стоков на сегодняшний день приоритетны и актуальны.

Адсорбционный метод очистки воды является комплексным и эффективным. На данный момент решение проблемы интенсификации процесса сорбции разрабатывается с позиций химического взаимодействия при извлечении молекул поллютантов из растворов поглотителем.

Существует ряд исследований, которые направлены на изучение технологий создания поглотителей, модифицированных углеродными нанотрубками (УНТ). Благодаря физико-химическим свойствам УНТ, данные структуры позволяют обеспечить за счет капиллярного эффекта проникновение и последующую диффузию молекул загрязнителей [1]. В качестве эффективного способа получения слоя УНТ на поверхности материала-сорбента используют метод газофазного химического осаждения углеродсодержащей смеси [2]. В работе для изучения свойств новых сорбентов были проведены серии экспериментов по изучению процессов поглощения молекул органических красителей из водных растворов. В качестве поглотителя использовали один из наиболее широко применяющихся в промышленности сорбентов – активированный уголь (АУ) (кокосовый уголь марки NWC).

Сравнительные адсорбционные характеристики поглотителей были исследованы по отношению к синтетическому органическому красителю, кислотно-основному индикатору – метиловому оранжевому (МО).

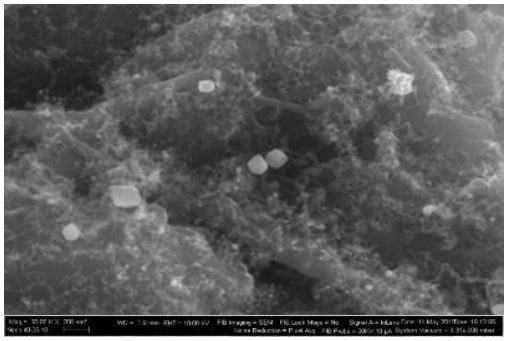


Рисунок 1 – Структура поверхности модифицированного угля марки NWC.

Изучение процесса поглощения молекул загрязнителя из водного раствора проводили в статических условиях. В серию из 10 пробирок с раствором МО объемом по 50 мл вносили исследуемый сорбент и выдерживали в течение 45 минут. Для предотвращения погрешности измерения мерные колбы помещали в центрифугу и обрабатывали в течение 10 минут при 10 000 об/мин. Конечная концентрация МО измерялась спектрофотометрически.

Используя обработанные результаты экспериментов, получили изотермы сорбции, характеризующие зависимость сорбционной способности от концентрации извлекаемого компонента.

Анализ исследуемого поглотителя показал положительное влияние наномодифицирования на сорбционную способность АУ. Сорбционная ёмкость возрастает при этом так же в 4-4,5 раза по сравнению со стандартным образцом.

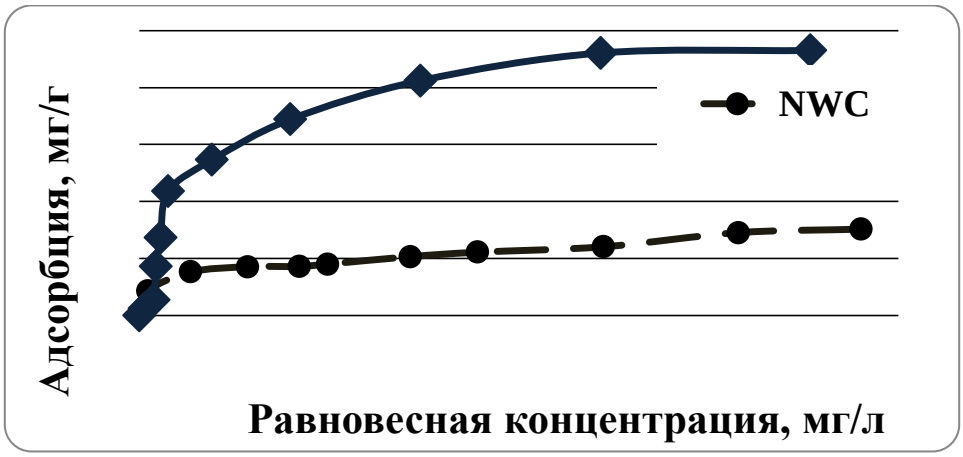


Рисунок 2 – Изотерма адсорбции красителя на наномодифицированном угле.

Список литературы:

1. Физико-химические основы пиролитического синтеза комплексных сорбентов, модифицированных наноуглеродом / А.Е. Бураков [и др.] / Актуальные проблемы теории адсорбции, пористости и адсорбционной селективности: материалы II Всеросс. конф. с междунар. участием. – Москва, Клязьма, 2015. – С. 45.

2. Модифицирование поверхности пор активированных углей наноуглеродом и исследование их адсорбционных характеристик / А.Е. Бураков [и др.] // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2015. – Т. 51. – Вып. 4. – С. 357-361.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПОД ДАВЛЕНИЕМ ДО 60 ГПА

Паньков Александр Михайлович
студент,
e-mail: pankovsasha@gmail.com
Попов Михаил Юрьевич
д.ф.-м.н.,
Тюкалова Елизавета Васильевна
студент,
Кульницкий Борис Арнольдович
д.ф.-м.н.,
Караева Аида Разимовна
к.т.н.,
Мордкович Владимир Зальманович
д.х.н.,
Бланк Владимир Давыдович
д.ф.-м.н.,
Технологический Институт Сверхтвердых и Новых Углеродных Материалов,
Россия, г. Троицк, г. Москва

THE STUDY FEW-WALL CARBON NANOTUBES AT PRESSURES UP TO 60 GPA

Alexander Pankov
student,
e-mail: pankovsasha@gmail.com
Michael Popov
DScPhys&Math,
Elizabeth Tyukalova
student,
Boris Kulnitskiy
DScPhys&Math,
Aida Karaeva
PhD in Engineering,
Vladimir Mordkovich
DScChem,
Vladimir Blank
DScPhys&Math,
Technological Institute for Superhard and Novel Carbon Materials
Troitsk, Moscow, Russia

АННОТАЦИЯ

В работе проведены исследования трансформации малостенных (2-5 слоев) углеродных нанотрубок (УНТ) при высоких давлениях. Исследования проводились в сдвиговой алмазной камере. При нагружении УНТ регистрировались их Рамановские спектры.

При давлениях ~ 35 ГПа и ~ 55 ГПа в УНТ наблюдались фазовые переходы, сопровождаемые т.н. размягчением Рамановских мод и приводящие к увеличению модуля объемного сжатия образца. В работе получены ПЭМ изображения образца до и после эксперимента, которые показали, что существенная часть нанотрубок сохранилась после обработки давлением.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследование и разработки по приоритетным направлениям развития научно - технического комплекса России на 2014-2020гг» по соглашению № 14.577.21.0094 «Разработка технологии получения нового поколения композиционных материалов модифицированных углеродными наноструктурами для аэрокосмической промышленности и машиностроения» с использованием оборудования ЦКП в ФГБНУ ТИСНУМ

ABSTRACT

In the study shown investigations of transformations few-wall carbon nanotubes (CNT) under high pressure. The studies were conducted in a shear diamond camera. During the loading of CNTS their Raman spectra was recorded. Under pressure ~35GPa and ~55GPa phase transitions in CNT were observed, which were followed so-called softening of Raman mods and led to increase of the bulk modulus of compression of the sample. TEM images of the sample before and after the experiment had been obtained. These images showed that a substantial part of the nanotubes is preserved after pressure treatment.

Ключевые слова: высокие давления; нанотрубки; фазовый переход; ПЭМ.

Keywords: high pressure; nanotubes; phase transition; TEM.

Использование УНТ в качестве материала или составляющей композита в автомобильной и авиакосмической промышленности является одним из наиболее привлекательных направлений. Исследования трансформаций УНТ под высокими давлениями позволяют оценить износостойкость и понять перспективы использования УНТ в чистом виде или как составная часть композитов.

В данной работе образцы УНТ закладывались в сдвиговую алмазную камеру высокого давления (СДАК). Исследования образцов УНТ, полученных методом CVD, проводились под давлением в сдвиговой камере с алмазными наковальнями (СКАН). СКАН схематически изображена на рис. 1. Основу СКАН составляют 2 алмазные наковальни, закрепленные на твердосплавных подставках напротив друг друга. Одна наковальня (верхняя) закреплена неподвижно, а другая (нижняя) закреплена на поршне, который может вращаться, что позволяет создать в образце сдвиговою деформацию.

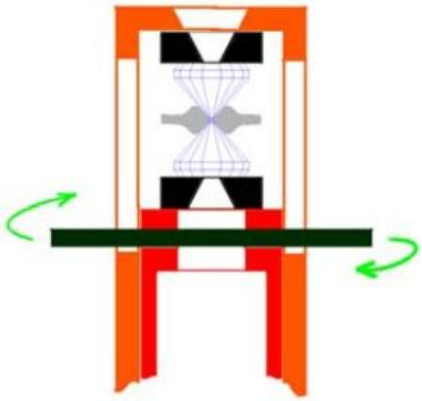


Рисунок 1 – Схематическое изображение СКАН.

Для изучения структуры образца после воздействия давления использовалось оборудование ЦКП в ФГБНУ ТИСНУМ. В опыте были использованы алмазные наковальни диаметром 350 микрон, между которыми помещался образец в вольфрамовой гаскетке. Размеры отверстия в гаскетке для образца не превышали одной трети диаметра кулеты. Отверстия были получены электроискровым методом.

Образец представляет из себя двустенные УНТ. Образец под давлением подвергается контролируемой сдвиговой деформации за счет вращения наковален. Уменьшая таким методом гистерезис структурных фазовых переходов, получаем однородную фазу. В результате фазового перехода наблюдается эффект самомультипликации давления, связанный со скачком упругих модулей.

Давление в образце измерялось методом пьезоспектроскопии по спектрам КРС, снятым из вершины алмазной наковальни. Спектры КРС получены с помощью рамановского-микроскопа Renishaw Invia.

После снятия давления образцы извлекались из гаскетки для дальнейших исследований с помощью просвечивающего электронного микроскопа JEM – 2010 (ПЭМ). ПЭМ изображения образца показали, что поверхностные слои УНТ трансформируются в углеродные нанокластеры меньшего размера.

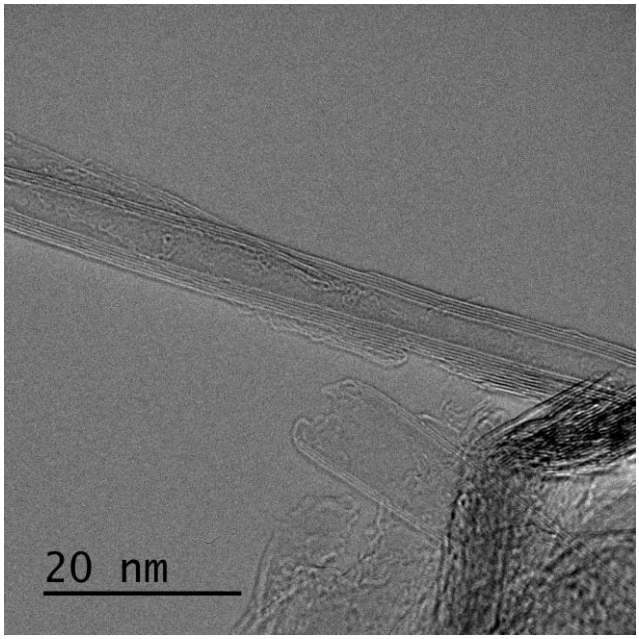


Рисунок 2 – УНТ с различным количеством слоев.

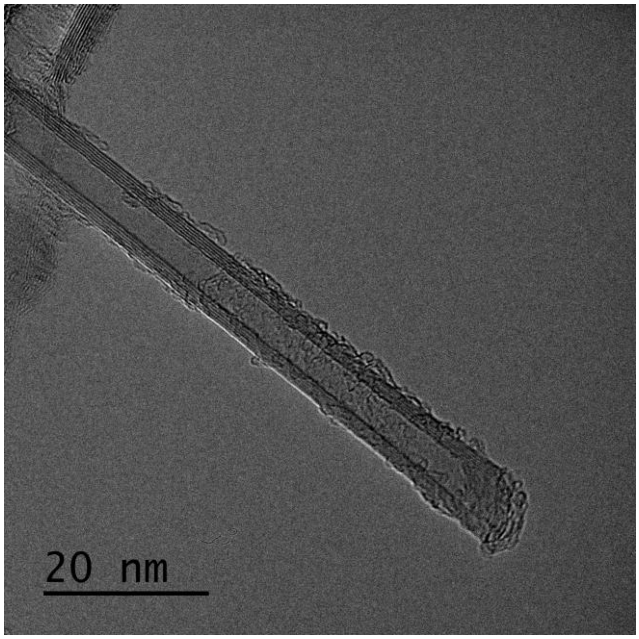


Рисунок 3 – Углеродные нанокластеры на поверхности УНТ.

СРАВНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОЛЕВЫХ ЭМИТТЕРОВ РАЗНОГО ТИПА

Филиппов Сергей Владимирович
аспирант, лаборант,
e-mail: f_s_v@list.ru
Колосько Анатолий Григорьевич
к.ф.-м.н., н.с.,
Попов Евгений Олегович
к.ф.-м.н., с.н.с.,
Теруков Евгений Иванович
д.т.н., заведующий лабораторией,
Физико-технический институт им. Иоффе РАН,
Россия, г. Санкт-Петербург

COMPARISON OF STATISTICAL PARAMETERS OF DIFFERENT TYPES OF NANOCOMPOSITE FIELD EMITTERS

Sergey V. Filippov
Postgraduate Student,
e-mail: f_s_v@list.ru
Ioffe Institute,
St. Petersburg, Russia

АННОТАЦИЯ

Разработана уникальная методика онлайн обработки и записи ВАХ. Она позволяет наблюдать и оценивать статистические распределения эмиссионных центров наноструктурированных полевых эмиттеров. Было проведено сравнение статистик и ВАХ образцов с нанотрубками различного типа, а также углеродных плёнок, модифицированных высоковольтным вакуумным разрядом. Рассмотрено влияние на распределение эмиссионных центров уровня вакуума в межэлектродном пространстве.

ABSTRACT

The advanced technique of current-voltage characteristic on-line processing and recording was developed. It allows to observe and to evaluate statistical distributions of the emission centers for nanostructured field emitters. Statistics and IVCs of the samples with different types of nanotubes were compared. The emission properties of carbon films modified by high-voltage vacuum discharge was also studied. Influence of the vacuum level in the interelectrode gap on the distribution of the emission centers was considered.

Ключевые слова: многоострийные полевые эмиттеры; эффективная высота эмиссионных наноцентров; статистическое распределение нанотрубок; вакуумный разряд.

Keywords: multi-tip field emitter; effective height of emission nanocenters; statistical distribution of nanotubes; vacuum discharge.

В настоящее время наблюдается нарастающий интерес к многоострийным автоэмиссионным катодам на основе композитных наноструктур. Одними из самых перспективных по своим эмиссионным характеристикам являются катоды на основе проводящих углеродных нанотрубок, закреплённых в матрице диэлектрического полимера [1]. Сложность изучения и моделирования их электрических свойств связана в основном с хаотичностью положения и форм эмиссионных наноцентров [1-3]. В работе [4] мы показали возможность получения статистического распределения наноцентров таких эмиттеров по эффективным высотам ($h_{эфф}$) и коэффициентам усиления поля ($\beta_{эфф}$) с помощью техники многоканальной регистрации и онлайн обработки ВАХ.

Использовался метод быстрого сканирования образца высоким напряжением (полусинусоидальные импульсы с частотой 50 Гц), так что за 20 мс регистрируется одна ВАХ. Получение $h_{эфф}$ и $\beta_{эфф}$ образца основано на линейной аппроксимации ВАХ в координатах Фаулера-Нордгейма в режиме онлайн [4]. За 10 секунд обрабатывается порядка 500 ВАХ и регистрируются соответствующие им эффективные высоты, что позволяет построить статистическое распределение. Связь этого распределения с хаотичностью морфологии образца подтверждают опыты с автоэмиссионным микроскопом, из которых видно, что набор эмитирующих центров непрерывно меняется.

Изучено три нанокомпозита с полистиролом: образец A – многостенные нанотрубки фирмы Arkema (Graphistrength C100: длина < 10 мкм, диаметр ~ 14 нм), образец S – многостенные нанотрубки фирмы Samsung (длина > 10 мкм, диаметр ~ 14 нм), образец N – одностенные нанотрубки фирмы OCSiAl из Новосибирска (длина > 10 нм, диаметр ~ 2 нм), и углеродная плёнка, модифицированная высоковольтным вакуумным разрядом по методу, описанному в [5] – образец L (наноцентры в форме шариков диаметра 100 нм). Показана связь их ВАХ и статистик с геометрическими параметрами наноцентров, а также зависимость статистик от уровня вакуума в рабочей камере (рис. 1).

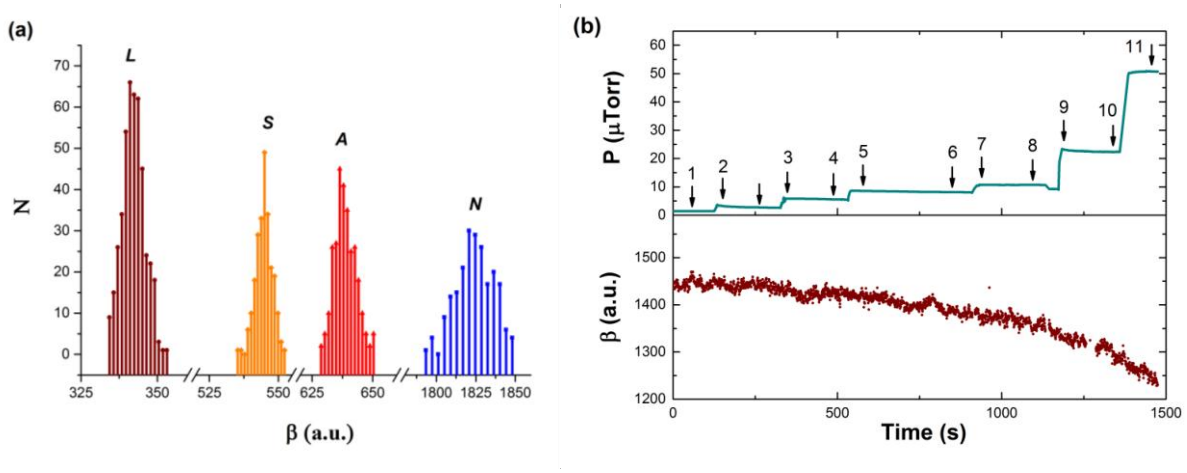


Рисунок 1 – a) Сравнение эмиссионных характеристик полевых эмиттеров различных типов. b) Временные зависимости уровня вакуума и $\beta_{эфф}$ образца *N*

Список литературы:

1. Stable Electron Field Emission from PMMA-CNT Matrices / Pandey A. Prasad et al. // ACS Nano 4. – 2010. Vol. 11. – pp. 6760.

2. Eletskii, A.V. Electron field emitters based on carbon nanotubes / A.V. Eletskii // Phys. Usp. – 2010. – Vol. 53. – pp. 863.

3. Persaud, A. Analysis of slope-intercept plots for arrays of electron field emitters / A. Persaud // J. of Appl. Phys. – 2013. – Vol. 114. – pp. 154301.

4. Statistical dispersion of nanocomposite emission parameters / Kolosko A.G. et al. // J. Vac. Sci. Technol. B. – 2015. – Vol. 33. – pp. 03C104.

5. Lupehin, S.M. Field Emission of Composite Cathodes With Nanostructurad Emitting Surface / S.M. Lupehin, A.A. Ibragimov // IEEE Proceedings of IVESC-ICEE. – 2014. – pp. 163.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Яковлев Егор Алексеевич
аспирант,
Энгельсский технологический институт, филиал Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина,
Россия, г. Саратов
e-mail: Reddeade@gmai.com
Бурмистров Игорь Николаевич
к.т.н., доцент,
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина,
Россия, г. Саратов
e-mail: Glas100@yandex.ru

FEATURES POLYMER NANOCOMPOSITES BASED ON CARBON NANOTUBES

Egor Yakovlev
Postgraduate Student,
Saratov State Technical University
Saratov, Russia
e-mail: Reddeade@gmai.com
Igor Burmistrov
PhD in Engineering, Associate Professor
Saratov State Technical University
Saratov, Russia
e-mail: Glas100@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Исследовано влияние содержания и способов диспергирования углеродных нанотрубок марки «Таунит-М» на механические и электрофизические свойства эпоксидной композиции.

Для обеспечения эффективного взаимодействия между эпоксидным связующим и углеродными нанодисперсными были использованы методы обработки состава ультразвуком и функционализация углеродных нанотрубок. Установлено, что применение окисленных углеродных нанотрубок обеспечивает повышение механических свойств эпоксидного композита в 3 раза, а базовых в 2 раза, при этом для повышения электрофизических характеристик более эффективны функционализированные УНТ.

ABSTRACT

The influence of the content and method of dispersing carbon nanotubes brands «Taunit M» on the mechanical and electrical properties of epoxy compositions.

In order to ensure effective interaction between the epoxy binder and carbon nano-dispersed were used methods of processing the composition of ultrasound and

functionalization of carbon nanotubes. It was found that the use of the oxidized carbon nanotubes enhances the mechanical properties of the epoxy composite 3 times and 2 times baseline, thus to improve the electrical characteristics of more effective functionalized CNT.

Ключевые слова: нанокомпозит; углеродные нанотрубки; эпоксидный компаунд; электропроводность; модификация.

Keywords: nanocomposite; carbon nanotubes; epoxy compound; conductivity; modification.

В последние годы интенсивно увеличиваются темпы роста научных исследований, направленных на создание полимерных электропроводных композиций. Для этих целей в различные полимерные связующие (термо- и реактопласты) вводятся наполнители с высокой электропроводностью: сажа, графит, углеродные, металлические и металлизированные волокна, металлическая пудра. Электропроводные композиты применяются в антистатических изделиях, электромагнитных защитных покрытиях, резисторах, электрических неметаллических нагревателях и токопроводящих лаках, а также для производства радиоэкранирующих оболочек.

Использование большинства электропроводящих наполнителей снижает физико-механические свойства, что ограничивает области применения материалов. Снижение прочностных показателей, как правило, связано с высокими степенями наполнения (более чем 70%). В качестве электропроводящих наполнителей, в ряде случаев, используются мелкодисперсное серебро, паладий, золото, что в разы повышает стоимость композиционного материала при высоком процентном содержании наполнителей.

В данной работе в качестве связующего использовался эпоксидный олигомер марки ЭД-20, отвержденный ТЭТА.

Удельное поверхностное электрическое сопротивление исходных эпоксидных композиций составляет 10^{14} – 10^{16} Ом, тангенс угла диэлектрических потерь составляет от 0,01 до 0,03. Одним из недостатков таких композиций является низкая устойчивость к ударным нагрузкам (3-5 Дж/м^2).

Для получения прочных электропроводящих композитов в качестве наполнителя в работе использовали полученные CVD-методом углеродные нанотрубки «Таунит-М» (производство ООО «НаноТехЦентр», Тамбов) диаметром 8-15 нм, длиной более 2 мкм и их окисленные производные.

Для исследования электрофизических свойств изготавливались образцы диаметром 10 мм и толщиной 2 мм, электрическое сопротивление образцов измеряли с помощью импедансметра и цифрового мультиметра (тестера).

Применение нанодисперсных наполнителей сопряжено с проблемами их агрегации и обеспечения равномерного распределения в объеме композиции, в связи с чем их диспергирование осуществлялось при воздействии ультразвуковой обработки.

При введении функционализированных УНТ в количестве 0,005 % объемных, наблюдается увеличение физико-механических свойств в 3 раза, а при ведении исходных только в 2 раза.

Для повышения электропроводности требуется более высокое содержание углеродных нанотрубок: при содержании УНТ в количестве 1 %, электропроводность возрастает на 12 порядков, а также в 2 раза увеличивается теплопроводность эпоксидной композиции, при этом физико-механические свойства по сравнению с немодфицированной эпоксидной смолой не изменяются.

Увеличение содержания нанотрубок в композиции до 10 % объемных так же увеличивает теплопроводность до 1,6 ВТ/(м·К), и электропроводность до 0,3 См/см. В связи с высокой стоимостью УНТ, основной идеологией данной работы является введение УНТ в качестве малой модифицирующей добавки совместно с традиционными углеродными наполнителями. При этом, введение УНТ в количестве менее 1 % повышает электрофизические показатели на 2-4 порядка.

В результате проведенных исследований показано, что применение окисленных углеродных нанотрубок обеспечивает повышение механических свойств эпоксидного композита в 3 раза, а базовых в 2 раза, что может быть связано с химическим взаимодействием между карбоксилами на поверхности УНТ и эпоксидным связующим. Отмечено, что для повышения электрофизических характеристик более эффективны функционализированные УНТ.

Список литературы:

1. Singjai, P. Electrical resistivity of bulk multi-walled carbon nanotubes synthesized by an infusion chemical vapor deposition method / P. Singjai, S. Changsarn, S. Thongtem // Materials Science and Engineering: A. – 2007. – Vol. 443. – pp. 42-46.

2. Влияние модификации функционализированными углеродными нанотрубками на свойства полисульфона // Т.П. Дьячкова [и др.] / Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8. – С. 1081-1086.

КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИАНИЛИНОМ

Аносова Ирина Владимировна
аспирант,
e-mail: anosowa_i_w@mail.ru
Чернопятова Юлия Вячеславовна
магистрант
Гаврилов Иван Андреевич
магистрант
Рухов Артем Викторович
д.т.н., доцент
Дьячкова Татьяна Петровна
к. х.н., доцент,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

COMPOSITES BASED ON CARBON NANOMATERIALS MODIFIED WITH POLYANILINE

Irina Anosova
Postgraduate Student
e-mail: anosowa_i_w@mail.ru
Yulia Chernopyatova
Undergraduate Student
Ivan Gavrilov
Undergraduate Student
Artem Rukhov
DScTech, Associate Professor
Tatyana Dyachkova
PhD in Chemistry, Associate Professor
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

Показана целесообразность создания гибридных материалов на основе углеродных наноматериалов (УНМ), модифицированных полианилином (ПАНИ). Исследовано влияние наличия кислородсодержащих функциональных групп в поверхностных слоях УНМ и ПАВ в реакционной массе на закономерности протекания окислительной полимеризации анилина и важнейшие свойства синтезированных композитов. Установлены рациональные условия процессов модифицирования полианилином углеродных нанотрубок и графеновых нанопластинок.

ABSTRACT

The expediency of creation of composites based on carbon nanomaterials (CNM) modified with polyaniline (PANI) was shown. The effect of the presence of oxygen-containing functional groups in the surface layers and the surfactants in the reaction mixture on the regularities of oxidative polymerization of aniline and the most important properties of the synthesized composites were studied. The rational conditions of modification of carbon nanotubes and graphene nanoplates with PANI were determined.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки; графеновые нанопластинки; полианилин; окислительная полимеризация.

Keywords: carbon nanotube; graphene nanoplatelets; polyaniline; oxidative polymerization of aniline.

Наиболее доступными на рынке УНМ являются многослойные углеродные нанотрубки (УНТ) и графеновые нанопластинки (ГНП), которые в настоящее время массово производятся на предприятиях наноиндустрии. Эти материалы обладают развитой поверхностью, уникальными механическими свойствами, высокой термической стабильностью, тепло- и электропроводностью. При использовании их в качестве подложки для нанесения проводящих полимеров (полианилин, полипирол, политиофен и т.п.) удается стабилизировать электрохимические характеристики последних и получить композиты, имеющие перспективы широкого использования в области электрохимических источников электрического тока, топливных элементов и суперконденсаторов, адсорбентов. Способы модифицирования материалов полианилином отличаются простотой реализации. Наиболее экономичной с позиций стоимости используемых реагентов и энергозатрат представляется окислительная полимеризация анилина на поверхности дисперсного носителя. Однако для масштабирования данного процесса необходимо детальное изучение закономерностей его протекания и выявление рациональных режимных параметров.

В настоящей работе было исследовано влияние содержания УНМ и степени их предварительной функционализации карбоксильными группами, показателя кислотности реакционной массы, наличия в ней ПАВов на температурные профили окислительной полимеризации анилина и важнейшие свойства (электропроводность, электрическая емкость, удельная поверхность) синтезированных композитов. Некоторые особенности формирования композитных слоев ПАНИ на поверхности УНТ и ГНП объяснены результатами расчетов на основе методов молекулярной динамики.

В качестве наноуглеродных дисперсных носителей выбраны исходные и карбоксилированные (со степенью функционализации до 1,3 ммоль/г) УНТ «Таунит-М» и «Таунит-МД», а также многослойные графеновые нанопластинки производства ООО «НаноТехЦентр» (г. Тамбов). Окислительная полимеризация анилина под действием персульфата аммония проводилась при начальных pH среды, равных 1 и 3. В случае модифицирования ГНП варьировали их содержание в реакционной массе, а также природу и концентрацию ПАВов («Диспергатор-НФ» и «Тритон-Х»).

Анализ температурных профилей протекающей при модифицировании реакции показывает ускоряющее действие УНМ на формирование полимерных цепочек. Однако, в присутствии УНТ реакция протекает со значительно большей скоростью, чем в присутствии ГНП. Результаты расчетов на основе методов молекулярной динамики показывают, что данный эффект обусловлен не только меньшей удельной поверхностью ГНП по сравнению с УНТ, но и ориентирующим действием присутствующих функциональных групп.

Анализ свойств композитов на основе УНТ (табл. 1) показывает, что с ростом степени функционализации COOH-группами наблюдается тенденция к увеличению удельной поверхности. При этом наиболее электропроводны композиты на основе карбоксилированных УНТ с низкой степенью функционализации, при которой формируется достаточно однородное ПАНИ-покрытие, а деструктивные изменения самих УНТ в результате окисления весьма незначительны.

Для композитов ПАНИ/ГНП при различных условиях синтеза независимо от начального значения pH более высокое значение удельной поверхности наблюдается в случаях, когда содержание ГНП минимально (табл. 2).

По результатам исследования установлены необходимые условия, при которых можно получить композиты с наилучшими электрофизическими показателями.

Таблица 1 – Важнейшие параметры композитов ПАНИ/УНТ.

Материал	Степень функционализации, ммоль/г	Удельная поверхность по БЭТ, $м^2/г$	Удельное электросопротивление, Ом·см
ПАНИ / «Таунит-М»	0	53,5293	5,8
	0,3	65,8273	2,5
	0,5	103,7152	4,1
	1,3	119,0302	2,9
ПАНИ / «Таунит-МД»	0	60,5796	2,4
	0,4	57,9824	1,3
	0,5	152,2276	2,5
	1,1	95,5748	2,3

Таблица 2 – Важнейшие параметры композитов ПАНИ/ГНП.

Содержание ГНП в композите, г/л	pH	Удельная поверхность, измеренная многоточечным методом БЭТ, $м^2/г$	Удельное электросопротивление, Ом·см
–	1	47,925	16,67
0,75 г/л	1	117,586	1,53
2 г/л	1	96,021	0,44
–	3	35,127	24,7
0,75 г/л	3	89,762	15,45
2 г/л	3	82,165	0,65

МОДИФИЦИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛОЙ

Герасимова Алёна Владимировна
аспирант,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов
e-mail: alyona_gerasimova_92@mail.ru
Меметов Нариман Рустемович
к.т.н., доцент,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов
e-mail: mnr979@gmail.com

MODIFYING CARBON NANOMATERIALS WITH PHENOLPHORMALDEHYDE RESIN

Gerasimova Alyona
Postgraduate Student,
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia
e-mail: alyona_gerasimova_92@mail.ru
Nariman Memetov
PhD in Engineering, Associate Professor
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia
e-mail: mnr979@gmail.com

АНОТАЦИЯ

В настоящее время вопрос об улучшении эксплуатационных характеристик нанокомпозиционных материалов (НКМ) актуален для науки. Одним из методов повышения этих характеристик является введение в состав НКМ углеродных наноматериалов (УНМ). При этом возникает проблема нестабильности дисперсий УНМ в широком диапазоне концентраций. Решением данной проблемы служит модифицирование поверхности УНМ с помощью реакционного поверхностно-активного вещества (ПАВ), в качестве которого можно использовать фенолформальдегидную смолу (ФФС).

ABSTRACT

Currently, the issue of improving the technical parameters of nanocomposite materials (NCM) is relevant to science.One method of improving their qualitative characteristics is introduction carbonnanomaterials (CNMs)into the NCM composition.The problem arising in this method is the instability of CNMsdispersion in a wide range of concentrations.Solution of this problem is modifying CNMssurface with reactive surfactants, one of which is a phenol formaldehyde resin (PFR).

Ключевые слова: углеродные нанотрубки; нанокомпозиционные материалы; фенолформальдегидная смола.

Keywords: carbonnanotubes; nanocomposite materials; phenolformaldehyde resin.

Одной из основных проблем, возникающих при создании нанокомпозиционных материалов (НКМ), содержащих углеродные наноматериалы (УНМ) – углеродные нанотрубки (УНТ) и графен, является агрегационная нестабильность дисперсий УНМ в матрице, что приводит к неравномерному распределению частиц УНМ в объеме НКМ. Для решения этой проблемы можно предложить модифицирование поверхности УНМ реакционноспособным ПАВ, в качестве которого применялась водорастворимая резольная ФФС, способная реагировать с поверхностью УНМ, и тем самым модифицировать ее.

В качестве УНМ в настоящей работе применяли УНТ «Таунит-М» и малослойный графен. Для модифицирования поверхности и получения стабильных водных дисперсий эти УНМ обрабатывали ультразвуком (УЗ) в водном растворе резольной фенолформальдегидной смолы, содержащей реакционноспособные метилольные группы. При этом было установлено, что повышение температуры в процессе УЗ обработки способствует получению более стабильных и концентрированных дисперсий. Также было найдено, что модифицирование протекает гораздо лучше при использовании окисленных УНТ и графена. Эти данные свидетельствует о том, что в процессе обработки УНМ в водном растворе ФФС протекают химические реакции реакционноспособных (метилольных) групп ФФС с поверхностными кислородсодержащими группами УНМ. Таким образом, поверхность УНМ модифицируется, причем основная часть ФФС находится в связанном с поверхностью состоянии. Проведенные эксперименты показали, что для модифицирования поверхности УНТ оптимальным является использование ФФС в количестве 25 % от массы УНТ, а для графена – ФФС в количестве 50 % от массы графена. При этом удается получить стабильные водные (коллоидные) дисперсии УНТ «Таунит-М» с концентрацией УНТ до 4 %, что было невозможным при использовании обычно применяемых ПАВ. Также удается получить стабильные водные дисперсии графеновых нанопластинок с концентрацией до 1 %.

Электронные фотографии пленок, полученных из дисперсий модифицированных УНТ, показывают, что агрегаты беспорядочно спутанных УНТ, характерные для исходных УНТ «Таунит-М», после модифицирования разрушаются, нанотрубки разделяются и при высушивании образуют структуру с участками параллельно ориентированных нанотрубок. При смешивании дисперсий модифицированных УНТ и графена были получены нанокомпозиты, содержащие слои графена, чередующиеся с углеродными нанотрубками. При этом структура композитов зависит от способа приготовления (высушивание или коагуляция).

Концентрированные дисперсии модифицированных УНТ и графеновых нанопластинок, полученные согласно предлагаемому методу, могут быть использованы для получения наноуглеродных чернил, а также для введения в различные НКМ на водной основе.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА*

Гурова Татьяна Владимировна
аспирант
Солодовникова Светлана Валерьевна
магистрант
Шубин Игорь Николаевич
к.т.н., доцент,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов
e-mail: postmaster@kma.tstu.ru

STUDYING THE SORPTION CAPACITY OF THE NANOMODIFIED SORBENT

Tatiana V. Gurova
Postgraduate Student
Svetlana V. Solodovnikova
Undergraduate Student
Igor N. Shubin
PhD in Engineering, Associate Professor,
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia
e-mail: postmaster@kma.tstu.ru

АННОТАЦИЯ

Проведены исследования сорбционной емкости исходного и модифицированного сорбента по парам толуола эксикаторным методом.

ABSTRACT

The sorption capacity of the original and modified sorbents was studied by toluene pairs according to the desiccator method.

Ключевые слова: цеолит; УНМ; наномодифицирование; сорбенты.
Keywords: zeolite; CNM; nanomodification; sorbents.

Применение инновационных подходов и материалов в решении экологических проблем по своей актуальности всё чаще выходит на первое место как при проектировании новых, так и модернизации существующих производств. Это связано, как правило, с интенсификацией протекающих технологических процессов, использованием новых технологий и, как следствие, появлением разнообразных отходов. В основе защитных устройств обычно лежит использование различных промышленных сорбентов, повышение эффективности которых является важнейшим параметром защитного действия.

Под повышением эффективности сорбентов в первую очередь понимают увеличение их сорбционной емкости, как основного показателя сорбирующего материала. Для этого применяют целый ряд методов, из которых наиболее перспективным является модифицирование углеродными наноматериалами (УНМ), хорошо освоенными в производстве сорбентов и широко применяемыми в промышленности.

Авторами работы были проведены исследования сорбционной емкости цеолитов *CaA*, *NaX* и их модифицированных вариантов *CaA+УНМ* и *NaX+УНМ* по парам толуола. Использовалась стандартная методика определения сорбционной емкости материалов с помощью эксикатора. Сорбенты были модифицированы согласно методике, рассмотренной в работе [3]. Результаты исследования представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Из представленных данных видно, что значения сорбционной емкости модифицированных сорбентов сравнимы со значениями сорбционной емкости исходных материалов. Это показывает правильность и перспективность направления исследований. Полученные результаты являются отправной точкой комплексных исследований, направленных на разработку перспективных сорбирующих материалов нового поколения широкого спектра применения.

Таблица 1 – Результаты исследования сорбционной емкости сорбентов.

Время замера ч	Масса образца, г				Привес, г			
	CaA	*CaA+ УНМ*	*NaX*	*NaX+ УНМ*	*CaA*	*CaA+ УНМ*	*NaX*	*NaX+ УНМ*
0,5	14,2000	13,0900	13,0907	14,4620	0,0100	0,0093	0,0094	0,0096
1	14,2033	13,0908	13,0927	14,4652	0,0133	0,0125	0,0114	0,0128
2	14,2038	13,0910	13,0951	14,4655	0,0138	0,0122	0,0138	0,0130
20	14,2087	13,0952	13,0970	14,4671	0,0167	0,0156	0,0143	0,0146
24	14,2087	13,0952	13,0972	14,4671	0,0167	0,0156	0,0145	0,0146
44	14,2087	13,0952	13,0972	13,0952	0,0167	0,0156	0,0145	0,0146

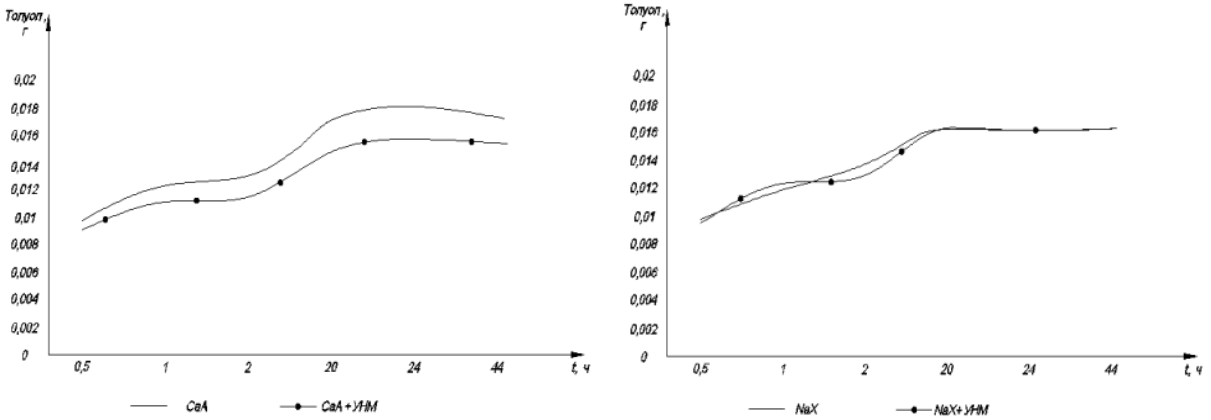


Рисунок 1 – Изменение сорбционной емкости сорбентов по времени.

Список литературы:

1. Разработка сорбентов, модифицированных углеродными наноматериалами / Т.В. Гурова [и др.] // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент: Сб. матер. V Междунар. научно-инновационной конф. – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2013. – С.190-192.

2. Исследование сорбционной емкости модифицированного УНМ сорбента / Т.В. Гурова [и др.] // Научные дискуссии: Современные технологии и технический прогресс: Материалы II Междунар. научно-практической конф. – Воронеж: Изд-во ООО «ВЭЛБОРН», 2015. – С. 44-47.

**Тезисы доклада подготовлены в рамках выполнения работ по соглашению с Минобрнауки РФ от 22.07.2014 г. № 14.577.21.0091, уникальный идентификатор RFMEFI57714X0091 (ФЦП «Исследование и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»)*

АСПЕКТЫ ПРОДВИЖЕНИЯ НАНОДОБАВОК В СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Засоба Павел Юрьевич
магистрант
E-mail: pavel.zasoba@ya.ru
Михалева Зоя Алексеевна
доцент, к.т.н.
E-mail:zoyamih3@gmail.com
Попов Андрей Иванович
доцент, к.т.н.
E-mail: olimp _ popov @mail.ru
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

ASPECTS OF PROMOTION OF NANO-ADDITIVES IN BUILDING MATERIALS

Pavel Zasoba
Undergraduate Student
E-mail: pavel.zasoba@ya.ru
Zoya Mikhaleva
PhD in Engineering, Associate Professor
E-mail: zoyamih3@gmail.com
Andrey Popov
PhD in Pedagogy, Associate Professor,
E-mail: olimp _ popov @mail.ru
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются проблемы и особенности продвижения добавок в композиты строительного назначения на основе углеродных наноматериалов на рынок строительных материалов.

ABSTRACT

The problems and peculiarities of promoting additives in composites for construction application based on carbon nanomaterials on the market of building materials.

Ключевые слова: продвижение; нанодобавки; рынок; маркетинг.
Keywords: promotion; nano-additives; the market; marketing.

На базе предприятия ООО "НаноТехЦентр" Тамбовского Государственного Технического Университета, производится уникальные наноуглеродные добавки для модифицирования строительных материалов. Наноуглеродные структурирующие добавки позволяют обеспечить повышенные физико-механические характеристики, хорошую удобоукладываемость и требуемую динамику набора прочности строительных материалов.

Возникает проблема продажи и распространения нанодобавок на рынок, учитывая, что продукт принципиально новый, и имеющий конкуренцию в своем сегменте рынка. Рассматривая продвижение нанодобавок на рынок, хотелось бы отдельно выделить некоторые аспекты продвижения и особенности рынка, а также положения самой фирмы на рынке.

Продвижение - специальная активность, рассчитанная на формирование и стимулирование интереса к товару, личности, организации или направлению деятельности [1]. Продвижение, это в первую очередь, маркетинговая деятельность предприятия. Каким бы ни был товар с точки зрения новизны, качества, вида и прочих признаков, именно от маркетинговой деятельности и маркетинговой политики зависит спрос на товар и его продаваемость.

Особенности продвижения нанодобавок на рынок, на которые следует обратить особое внимание:

- Нанодобавки – это уникальная продукция, свойства которой необходимо разъяснять потребителям. У потенциального покупателя отсутствует информация не только о нашей продукции, но и о целом сегменте рынка, про который ему следует рассказать. Помимо этого, возникает проблема коммуникации между покупателем и производителем, поскольку говорят они на разных языках (покупатель на своем, а производитель на техническом языке, который следует растолковывать и пояснять, ибо многие термины и понятия покупателю не понятны). Из этого следует, что продвижением на рынок презентациями, работой с масс-медиа и т.д., следует заниматься человеку вхожему в круг разработчиков, но обладающему компетенцией деловой коммуникации и умением вести переговоры.

- Нанодобавки – это инновационная продукция, требующая при своем создании значительных затрат квалифицированного научного труда. В научно-исследовательских институтах проблем с квалифицированными научными кадрами практически нет, но с такой проблемой производитель столкнется при массовом выпуске продукта, когда разработчики не могут выполнять функцию производящего рабочего персонала, как это было в лаборатории. Поэтому, уже на этапе разработки, если планируется массовый выпуск продукта, следует обратить внимание на эту проблему и уже начинать подбирать, и возможно обучать высококвалифицированные кадры для выполнения производственных функций.

Особенности рынка нанодобавок, на которые следует обратить внимание таковы: часто это новый для фирмы рынок, на котором фирма еще не торговала, фирма имеет дело с незнакомыми покупателями (сегментом рынка) в силу новизны

разработанного товара; это рынок с малой эластичностью спроса от цены, ценовая политика оказывает ограниченное влияние на объем сбыта; это достаточно узкий, в сравнении с другими, рынок [2].

Таким образом, для эффективного продвижения продукта на рынок следует обращать особое внимание представленным особенностям продвижения нанодобавок для строительных композитов на рынок строительных материалов.

Список литературы:

1. Гунин, В.Н. Управление инновациями. Модульная программа для менеджеров: Учебник / Гунин В.Н. [и др.]. – М.: Инфра-М, 1999. – 238 с.

2. Кузык, Б.Н. Россия-2050: стратегия инновационного прорыва. 2-е изд. / Б.Н. Кузык, Ю.В. Яковец. – М.: ЗАО Издательство «Экономика», 2005. – 624 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОКИСЛЕННОГО ГРАФЕНА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Кондаков Александр Игоревич
аспирант
Михалева Зоя Алексеевна
к.т.н., доцент,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов
e-mail: Bdiyoz@mail.com

PROSPECTS OF USE THE GRAPHENE OXIDIZED IN CONSTRUCTION MATERIALS

Kondakov Alexander
Postgraduate Student
Zoya Mikhaleva
PhD in Engineering, Associate Professor,
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia
e-mail: Bdiyoz@mail.com

АННОТАЦИЯ

На основе зарубежного опыта и анализа исследований в области использования окисленного графена (ОГ) в строительных композитах, представлены результаты экспериментальных исследований по модифицированию строительного гипса и мелкозернистого бетона ОГ. Установлена оптимальная концентрация оксида графена, при которой происходит значительное повышение физико-механических характеристик композитов.

ABSTRACT

On the basis of international experience and analysis of research into using graphene oxidized (OG) in building composites, results of experimental research on modification of plaster and fine concrete OG. The optimum concentration of graphene oxide in which there is a significant increase in physical and mechanical properties of composites is revealed.

Ключевые слова: оксид графена; бетон; цемент; гипс.
Keywords: graphene oxide; concrete; gypsum; cement.

В настоящее время наблюдается рост производства строительных материалов на основе цемента. Прогресс в области синтеза наноматериалов открывает возможности использования наночастиц в строительных композитах с целью повышения их прочности, упругости, морозостойкости, долговечности, водопроницаемости и других физико-механических характеристик.

При модификации строительных материалов используют наночастицы различной природы, в том числе активно используют углеродные нанодисперсные добавки, а в последнее время предпринимаются попытки модификации строительных материалов окисленной формой графена.

Механические характеристики и форма графеновых пластин — это главные факторы в увеличении прочности при изгибе и сжатии цементных композитов. Для использования углеродных наноструктур в композитах, их необходимо предварительно диспергировать для достижения равномерного и однородного распределения в матрице композита.

Окисленный графен обладает лучшими адгезионными характеристиками, чем графен, что объясняется наличием на поверхности графена кислородосодержащих функциональных групп: карбоксильных, гидроксильных и эпоксидных. Данные группы значительно изменяют Ван дер Ваальсовые силы между пластинами графена, в результате водная дисперсия ОГ намного более стабильна и однородна в сравнении с водной дисперсией графена. Более того, кислородосодержащие функциональные группы вступают в химические и физические взаимодействия с цементным тестом на границе раздела фаз.

Объектом исследования являлись следующие материалы: гипс строительный Г-5 Б2, портландцемент 500 Д0, ОГ производства ООО «НанотехЦентр», г Тамбов. Окисленный графен и поверхностно-активное вещество интенсивно перемешивали в дистиллированной воде и подвергали ультразвуковой обработке. Готовый коллоидный раствор ОГ вводили в воду затворения. На рисунке 1 представлены результаты тестирования гипсовых и бетонных образцов на прочность при сжатии.

Концентрация оксида графена в интервале 0,0004 % ÷ 0,0006 % от массы цемента приводит к 20 % увеличению прочности на сжатие строительного гипса и на 30 % повышение прочности на сжатие мелкозернистого бетона на 28 сутки твердения. Наблюдаемое увеличение прочностных характеристик можно объяснить равномерным распределением ОГ в строительной матрице. ОГ играет роль центров кристаллизации продуктов гидратации связующих и приводит к изменению механизма формирования структуры композита.

Достигнуто эффективное упрочнение матриц строительных композитов углеродной нанодобавкой — оксидом графена. Целесообразно проведение дальнейших исследований по применению оксида графена в строительных материалах и выявлению влияния окисленного графена и окисленных углеродных нанотрубок на физико-механические характеристики материала.

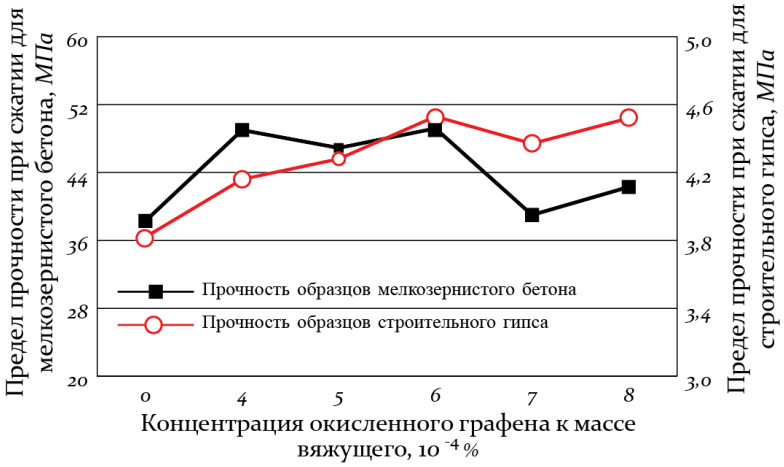


Рисунок 1 – Прочность на сжатие строительных композитов, модифицированных окисленным графеном.

КЕРАМИЧЕСКИЙ НАНОКОМПОЗИТ ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТИ НА ОСНОВЕ КОРУНДА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОУГЛЕРОДОМ

Пономарев Олег Валерьевич
аспирант,
e-mail: oleg.ponomarev@phystech.edu
Попов Михаил Юрьевич
д.ф.-м.н.,
e-mail: mikhail.popov@tisnum.ru
Тюкалова Елизавета Васильевна
магистр,
e-mail: tyukalova@phystech.edu
Бланк Владимир Давыдович
д.ф.-м.н., профессор
Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов,
Троицк, Москва, Россия
e-mail: vblank@tisnum.ru

CORUNDUM-BASED CERAMICS WITH HIGH HARDNESS MODIFIED BY FULLERENE C_{60}

Oleg Ponomarev
Postgraduate Student,
e-mail: oleg.ponomarev@phystech.edu
Mikhail Popov
DScPhys&Math,
e-mail: mikhail.popov@tisnum.ru
Elizaveta Tyukalova
Undergraduate Student,
e-mail: tyukalova@phystech.edu
Vladimir Blank
DSPhys&Math, Professor,
Technological institute for Superhard and Novel Carbon Materials,
Troitsk, Moscow, Russia
e-mail: vblank@tisnum.ru

АННОТАЦИЯ

Целью данной работы являлось создание керамического материала на основе корунда с повышенной твердостью. Модификация корунда фуллереном C_{60} производилась в планетарной мельнице. Полученная смесь спекалась при температуре 1700 ºС. Исследование образца проводилось методами просвечивающей электронной микроскопии, рентгеновской дифракции и рамановской спектроскопии, а твердость образца измерялась с помощью склерометрии и индентирования. Ее значение в обоих методах совпадает и равно 28 ГПа.

ABSTRACT

The goal of this study is creation of corundum-based ceramics with high hardness. Modification of corundum by fullerene C_{60} was carried out in a planetary mill. Then this compound was sintered at a temperature of 1700 ºC. The sample have been analyzed by Transmission electron microscopy, X-ray diffraction and Raman spectroscopy. Hardness was measured by scratching and indentation. Results are almost the same and equal 28 GPa.

Ключевые слова: керамика; твердость; корунд.

Keywords: ceramics; hardness; corundum.

Задача состояла в получении керамического материала на основе корунда с повышенной твердостью. В материалах с большим размером зерна (>2 мкм) возникают спонтанные микротрещины, вследствие чего ухудшаются механические свойства. Снижение размера зерна до нанометрового уровня позволяет добиться прогресса в решении этой проблемы [1]. Для сохранения размера зерна при спекании возможно использование другого вещества в качестве модифицирующей добавки [2]. В данной работе такую роль играет фуллерен C_{60}. Модификация и размол корунда осуществляется в планетарной мельнице. В результате средний размер зерна корунда равен 30 нм, а границы зерен покрыты несколькими слоями фуллерена C_{60}. После спекания размер зерна остается прежним, что подтверждается с помощью просвечивающей электронной микроскопии. Измерение твердости производилось индентированием пирамидой Виккерса и царапанием с помощью сканирующего зондового микроскопа-нанотвердомера «НаноСкан-3D». Ее значение совпадает для двух методов и равно 28 ГПа, что превышает твердость монокристаллического и поликристалического корунда (до 22 Гпа [3, 4]).

Список литературы:

1. Veprek, S. The search for novel, superhard materials / S. Veprek // J. Vac. Sci. Technol. A. – 1999. – Vol. 17(5). – pp. 2401.

2. Fulleride of aluminum nanoclusters / Popov M. et al. // J. Appl. Phys. – 2010. – Vol. 108. – pp. 94.

3. Krell, A. Load dependence of hardness in sintered submicrometer Al_2O_3 and ZrO_2 / A. Krell // J. Am. Ceram. Soc. – 1995. – Vol. 78 (5). – pp. 1417-1419.

4. Sapphire hardness in different crystallographic directions / Sinani A.B. et al. // Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Fizicheskaya. – 2009. – Vol. 73 (10). – pp. 1463-1465.

СИНТЕЗ НАНОПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Соломахо Григорий Владимирович
магистрант
e-mail: palladingreen@gmail.com
Мележик Александр Васильевич
к.х.н., с.н.с.,
e-mail: nanotam@yandex.ru
Меметов Нариман Рустемович
к.т.н., доцент,
e-mail: nanotam@yandex.ru
Ткачев Алексей Григорьевич
д.т.н., профессор,
e-mail: nanotam@yandex.ru
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

SYNTHESIS OF NANOPOROUS CARBON MATERIALS FOR CHEMICAL CURRENT SOURCES

Grigoriy Solomakho
Undergraduate Student
e-mail: palladingreen@gmail.com
Aleksandr Meleghik
PhD in Chemistry, Senior researcher,
e-mail: nanotam@yandex.ru
Nariman Memetov
PhD in Engineering, Associate Professor,
e-mail: nanotam@yandex.ru
Aleksey Tkachev
DScTech, Professor,
e-mail: nanotam@yandex.ru
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

Разработаны методы синтеза нанопористого углеродного материала для химических источников тока на основе композита, структурообразующим элементом в котором являются графеновые нанопластинки. Приводятся описание метода, результаты исследований и рекомендации для промышленного производства.

ABSTRACT

The methods of synthesis of nanoporous carbon materials for chemical current sources on the basis of the composite structural element in which the graphene is nanoplatelets. A description of the method, findings and recommendations to industrial production.

Ключевые слова: нанопористый углерод; химические источники тока; графеновые нанопластинки.

Keywords: nanoporous carbon; chemical sources of electricity; graphene nanoplatelets.

Одним из направлений исследований, проводимых на кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов» ТГТУ, является разработка технологии получения графеновых нанопластинок [1].

Поскольку графен обладает хорошей электропроводностью, мы исследовали его в качестве добавки для производства высокопористого углеродного наноматериала для химических источников тока, в частности суперконденсаторов (СК).

Были проведены литературные и патентные исследования в данной области, рассмотрены варианты производства как в отечественных, так и в зарубежных источниках. В качестве исходных веществ для синтеза нанопористого углеродного материала применяли фенолформальдегидную смолу, углеводные материалы (сахар, декстрин, карбоксиметилцеллюлоза) и графеновые нанопластинки с дальнейшей активацией в присутствии гидроксида калия в среде инертного газа [2]. В результате получены высокопористые материалы с удельной поверхностью 2800-3100 $м^2$/г, объемом пор 1,5-3,1 $см^3$/г, диаметром пор 0,7-2 нм или 2-5 нм (в зависимости от режима синтеза), удельной емкостью 200/100 Ф/г (с водным/органическим электролитом). Разработаны рекомендации для промышленного производства полученных материалов, создается опытно-промышленная технология.

Список литературы:

1. Melezhik, A.V. Synthesis of graphene nanoplatelets from peroxosulfate graphite intercalation com-pounds / A.V. Melezhyk, A.G. Tkachev // Nanosystems: physics, chemistry, mathematics. – 2014. – Vol. 5, No. 2. – pp. 294-306.

2. Carbon-Based Supercapacitors Produced by Activation of Graphene / Zhu Y. et al. // Science. – 2011. – Vol. 332, No. 6037. – pp. 1537-1541.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ АБС-ПОЛИМЕРОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОМАТЕРИАЛАМИ

Блохин Александр Николаевич
к.т.н.
e-mail: cha-cha@rambler.ru
Сухоруков Артём Константинович
аспирант
e-mail: dr-reningan@ya.ru
Попов Андрей Иванович
к.п.н., доцент
e-mail: olimp_popov@mail.ru
Варнашев Виталий Владиславович
магистрант,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

STUDY CONDUCTIVE PROPERTIES OF THE POLYMERS, MODIFIED BY NANOMATERIAL

Aleksandr Blokhin
PhD in Engineering
Artem Suhorukov
Postgraduate Student
Andrei Popov
PhD in Pedagogy, Associate Professor
Vitalij Varnashev
Undergraduate Student,
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

Показана актуальность модифицирования полимерных композитов с целью получения материалов с заданными свойствами. Обоснованы преимущества использования углеродных нанотрубок в качестве наполнителя. Описана методика исследования электрического сопротивления модифицированных образцов. Определено экспериментальным путем оптимальное количество углеродных нанотрубок в полимерном композите для получения заданной электропроводности.

ABSTRACT

The urgency of modifying polymer composites to obtain materials with desired properties. The advantages of using a carbon nanotube as filler. A technique for the study of electrical resistance of the modified samples. Proved optimum amount of carbon nanotubes in a polymer composite to obtain the desired conductivity.

Ключевые слова: полимерные композиты; углеродные нанотрубки; электрическое сопротивление; экструзия.

Keywords: polymeric composites; carbon nanotubes; electrical resistance; extrusion.

Инновационное развитие экономики страны актуализирует потребности разработки и производства в промышленных масштабах новых конструкционных материалов, обладающих уникальным набором свойств. В последнее время значительное внимание уделяется проведению прикладных исследований, направленных на создание обладающих электропроводящими свойствами полимерных материалов вследствие большого потенциала их использования в различных областях науки и техники [1]. При решении ряда технических задач, связанных, например, с низкотемпературным нагревом, экранированием датчиков и конструкций радиоэлектронной аппаратуры, измерением статического давления и т.д., технически целесообразно и экономически выгодно применение электропроводящих полимерных композиционных материалов (ПКМ).

Несмотря на интенсивное развитие прикладных исследований, получение ПКМ с существенно измененной электропроводностью не получило должного развития, что отчасти связано с недостаточным использованием последних достижений в области нанотехнологий, и, прежде всего, свойств наноструктурированных материалов. При этом использование наноматериалов позволяет решить задачу получения материалов не просто с улучшенными, а с заданными электрическими характеристиками. Таким образом, различное использование наноматериалов позволяет контролировать и регулировать наиболее важные характеристики ПКМ, к которым относятся электропроводность, электрическая прочность, диэлектрическая проницаемость и др.

В качестве матрицы в ПКМ используется полимер, а в качестве наполнителя выступают наноструктурированные материалы. В данном исследовании использовался материал АБС-полимер, а в качестве наполнителя – углеродные нанотрубки (УНТ), которые являются уникальным продуктом, способным кардинально изменять свойства материалов [2]. Получение модифицированных АБС-полимеров происходит в экструдере. Полимерный материал под воздействием нагревательных элементов переходит в текучее состояние и перемешивается с УНТ, попадая на шнек. Конечный продукт получается продавливанием смеси через формующую головку.

Изучение влияния УНТ на электропроводящие свойства ПКМ на основе АБС-полимеров проводилось на приборе «Измеритель иммитанса Е7-20» [3]. Обобщенные результаты исследования представлены в таблице 1.

Проведенные исследования показали, что при внесении наномодифицирующих добавок до 12 %, ПКМ сохраняет преимущественно диэлектрические свойства. При содержании УНТ 15-18 % образцы показывают хорошую электропроводность, которая может устраивать потенциального потребителя. Дальнейшее увеличение доли УНТ сможет еще увеличить

электропроводность, но с экономической точки зрения, с учетом стоимости наноматериалов, не представляет практического интереса. По нашему мнению, оптимальный результат, как с позиции электропроводности, так и с позиции стоимости ПКМ, будет достигаться при внесении 15 % УНТ в структуру материала.

Таблица 1 – Влияние доли УНТ в наполнителе на сопротивление ПКМ.

Показатель	АБС-полимер	АБС-полимер УНТ	АБС-полимер УНТ	АБС-полимер УНТ	АБС-полимер УНТ	АБС-полимер УНТ
Содержание УНТ в наполнителе, %	0	9	12	15	18	100
Среднее значение сопротивления образца в серии экспериментов, Ом	$9{,}90 \cdot 10^9$	$9{,}90 \cdot 10^9$	$3{,}47 \cdot 10^8$	$6{,}88 \cdot 10^5$	$8{,}20 \cdot 10^4$	-
Удельное электрическое сопротивление Ом·м	5887500 (диэлектрик)	5887500 (диэлектрик)	206161	409	49	0,02

Список литературы:

1. Электропроводность полиэтилена, наведенная импульсами низкоэнергетических электронов / Тютнев А.П. [и др.] // Химия высоких энергий. – 1983. – Т. 17, № 4. – С. 314-317.

2. Исследование влияния модифицирующих добавок на основе гелеобразных дисперсий углеродных наноматериалов на свойства строительных композитов / Ткачев А.Г. [и др.] // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. – М.: ЦНТ «НаноСтроительство». – 2012. – № 4. – С. 15-23.

3. Афонский, А.А. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике / А.А. Афонский, В.П. Дьяконов; под ред. проф. В.П. Дьяконова. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 688 с.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРОВ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫМИ НАНОТРУБКАМИ*

Таров Дмитрий Владимирович
аспирант
Сухоруков Артем Константинович
аспирант
Таров Владимир Петрович
к.т.н., профессор
Шубин Игорь Николаевич
к.т.н., доцент
Блохин Александр Николаевич
к.т.н., ст. преподаватель,
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов
e-mail: postmaster@kma.tstu.ru

MODIFICATION OF POLYMERS WITH FUNCTIONALIZED NANOTUBES

Dmitry V. Tarov
Postgraduate Student
Artem K. Suhorukov
Postgraduate Student
Vladimir P. Tarov
PhD in Engineering, Professor
Igor N. Shubin
PhD in Engineering, Associate Professor
Alexandr N. Blohin
PhD in Engineering, Lecturer,
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia
e-mail: postmaster@kma.tstu.ru

АННОТАЦИЯ

Проведены исследования физико-механических характеристик полимеров, модифицированных углеродными нанотрубками.

ABSTRACT

The research on physical-mechanical properties of polymers modified with carbon nanotubes was carried out.

Ключевые слова: полимеры; функционализация; углеродные нанотрубки.
Keywords: polymers; functionalization; carbon nanotubes.

Углеродные наноматериалы (нанотрубки, фуллерены, графен) способны значительно повысить рабочие характеристики модифицируемых ими исходных

материалов. Одними из наиболее перспективных для модифицирования считаются различные полимеры, широко применяемые во многих отраслях промышленности. Однако, для получения положительного эффекта при наполнении полимерных матриц дисперсными частицами необходимо соблюдать следующие условия:

– степень наполнения должна находиться в оптимальных пределах, определенных размером частиц;

– необходимо использовать структурированные частицы наименьшего размера с протяженной длиной;

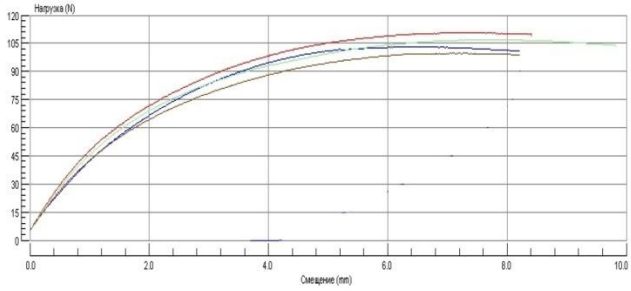
– дисперсный наполнитель должен обладать хорошей адгезией к материалу матрицы.

Наиболее полно предъявленным требованиям соответствуют углеродные нанотрубки. Благодаря высокоразвитой поверхности, малому размеру и протяженной структуре частицы в микромасштабе способны выступать не в качестве концентраторов напряжений, а в качестве сшивки полимерной сетки, формировать особую морфологию сетки при изготовлении материала.

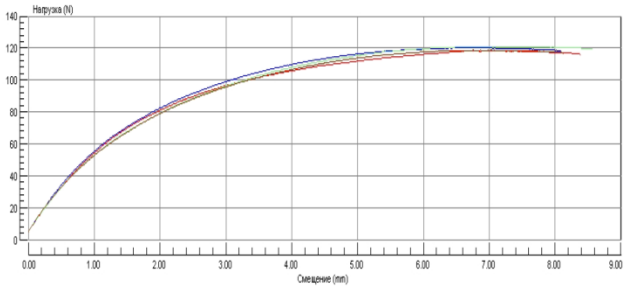
В качестве исследуемого полимерного материала применялся полиэтилен высокой плотности (ПЭВП). В качестве модифицирующей добавки использовали функционализированные полифункциональные олеофильные многостенные углеродные нанотрубки (УНТ) с прививкой функциональных групп стеарата титана. Функционализация стеаратом титана предотвращает агломерацию УНТ и способствует их равномерному распределению в полимере. Композиты ПЭВП+УНТ были получены методом смешения в расплаве в роторном смесителе, который обеспечивает смешение в условиях гидродинамической кавитации. Исходный ПЭВП также подвергался обработке в смесителе в том же режиме, чтобы обеспечить одинаковые условия для исследуемых образцов.

Были проведены исследования модифицированного УНМ полимера по определение его физико-механических характеристик на изгиб и срез. Результаты представлены на рисунке 1.

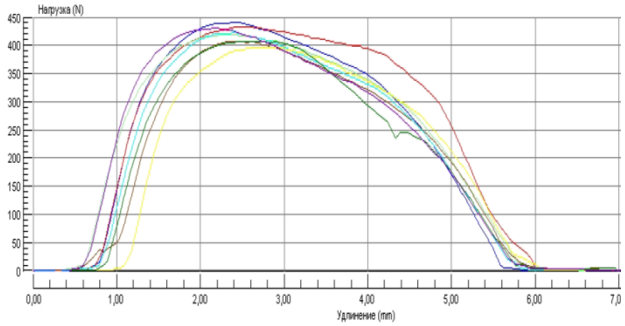
Полученные результаты по измерению физико-механических, характеристик модифицированных полимерных материалов показали наибольшую прочность у образцов содержащих 1% (масс.) УНТ. Эти исследования имеют большое значение при создании новых веществ с уникальными механическими свойствами, что позволит обеспечить высокую прочность при работе как на разрыв и/или сжатие, так и при изгибающих нагрузках и деформациях, повысить производительность технологических линий, уменьшить потребляемую мощность энергетических установок и т.д.



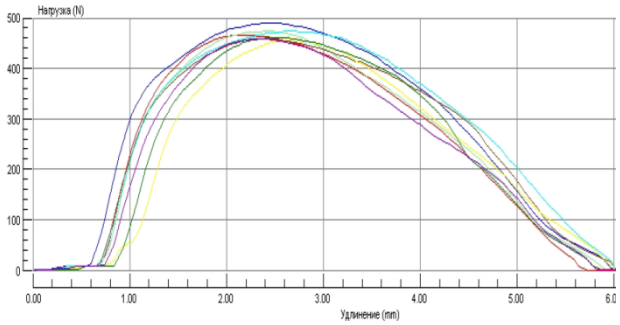
а) изгиб ПЭВП исходный



б) изгиб ПЭВП + 1% УНТМ



в) срез ПЭВП исходный



г) срез ПЭВП + 1% УНТМ

Рисунок 1 – Результаты физико-механических испытаний.

Список литературы:

1. Дьячкова, Т.П. Методы функционализации и модифицирования углеродных нанотрубок / Т.П. Дьячкова, А.Г. Ткачев – М.: Издательский дом «Спектр», 2013. – 152 с.

2. Ткачев, А.Г. Промышленные технологии и инновации. Оборудование для наноиндустрии и технология его изготовления / А.Г. Ткачев, И.Н. Шубин, А.И. Попов. – Тамбов. Издательство ТГТУ, 2010. – 132 с.

3. Блохин, А.Н. Влияние нанодисперсных частиц на прочностные свойства полимерных матриц/ А.Н. Блохин, В.П. Таров, М.С. Толстых // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 737-741.

**Тезисы доклада подготовлены в рамках выполнения работ по соглашению с Минобрнауки РФ от 22.07.2014 г. № 14.577.21.0091, уникальный идентификатор RFMEFI57714X0091 (ФЦП «Исследование и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»)*

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ОБЛАСТЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Логвинов Александр Юрьевич
магистрант
e-mail: logvinov_alex@mail.ru
Толчков Юрий Николаевич
аспирант
e-mail: Tolschkow@mail.ru
Панина Татьяна Ивановна
аспирант
e-mail: tanchora68@yandex.ru
Михалева Зоя Алексеевна
к.т.н., доцент,
e-mail: zoyamih3@gmail.com
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

ASPECTS OF APPLICATION OF CARBON NANOSTRUCTURES IN SPECIALIZED AREAS CONSTRUCTION INDUSTRY

Alex Logvinov
Undergraduate Student
e-mail: logvinov_alex@mail.ru
Yuri Tolschkow
Postgraduate Student
e-mail: yorok88@mail.ru
Tatiana Panina
Postgraduate Student
e-mail: tanchora68@yandex.ru
Zoya Mikhaleva
PhD in Engineering, Associate Professor,
e-mail: zoyamih3@gmail.com
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты применения углеродных наноструктур в специализированных и особо ответственных областях строительного назначения. Предлагается использовать углеродный наноматериал (УНМ) и золу-уноса ТЭС в качестве компонентов комплексной добавки строительного назначения, что позволит повысить эксплуатационные свойства защитного цементносодержащего покрытия магистральных трубопроводов газового и нефтехимического назначения.

ABSTRACT

The results of the application of carbon nanostructures and particularly in the specialized areas of responsibility for construction application. It is proposed to use carbon nanomaterials (CNM) and fly ash thermal power plants as part of a comprehensive building purpose additives that will improve the performance characteristics of the protective coating of pipelines tcement-containing gas and petrochemical applications.

Ключевые слова: углеродный наноматериал; зола-уноса; магистральный трубопровод; бетонное покрытие; комплексные добавки.

Keywords: the carbon nanomaterial; fly ash; the main pipeline; the concrete cover; complex additives.

Строительство магистральных трубопроводов газового, нефтехимического назначения достаточно часто проходит в сложных географических и климатических условиях и агрессивных окружающих средах. Одним из основных защитных слоев трубопроводов является бетонное покрытие. В результате возникает необходимость использования усовершенствованных подходов к проектированию защитных покрытий основной линии трубопровода, новое покрытие должно быть устойчиво к агрессивным условиям и обладать высокими эксплуатационными характеристиками. Повышение физико-механических свойств цементносодержащих защитных покрытий возможно с применением комплексных добавок на основе углеродных наночастиц и активных минеральных материалов в виде золы-уноса [1].

Бетонное покрытие трубопровода должно оставаться пластичным, чтобы исключить образование трещин при изгибе трубопровода не только в процессе укладки, но и на протяжении всего срока эксплуатации. Наружную бетонную поверхность трубы можно рассматривать как дополнительное защитное покрытие, повышающее надежность магистральных трубопроводов [2].

Экспериментальные исследования проводились на образцах цементного бетона, заполнителем в котором использовали непрерывную гранулометрию с размером фракций 10 – 20 мм и песок. Золу-уноса добавляли в бетон вместе со связующим. Коллоидный раствор на основе УНМ «Таунит» обрабатывали ультразвуком, а затем вносили в бетонную смесь с водой затворения. Содержание УНМ составляло $6*10^{-4}$ % от массы связующего (рис.1).

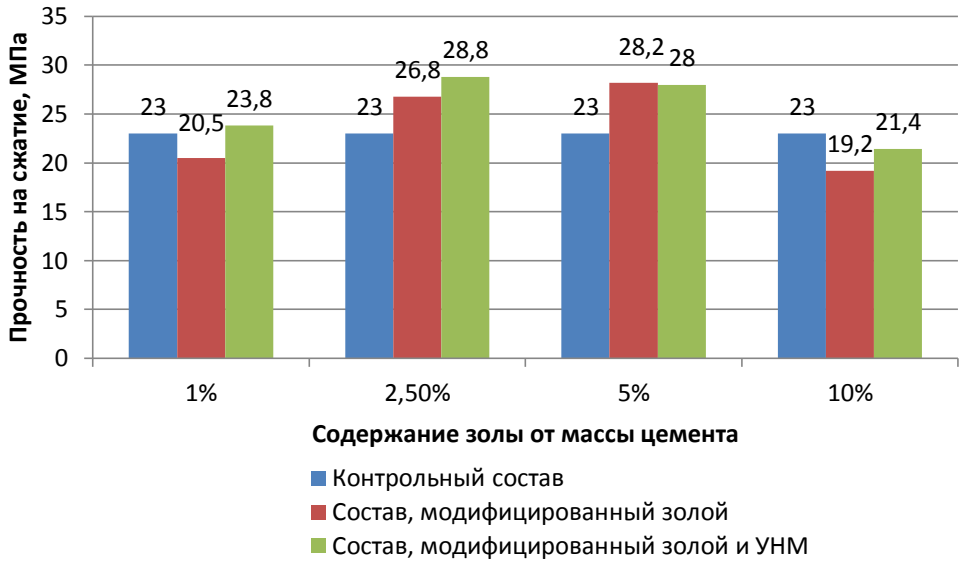


Рисунок 1 – Влияние содержания комплексной добавки на основе золы-уноса и УНМ «Таунит» на прочностные характеристики бетона.

Оценка текучести и удобоукладываемости строительного раствора проводилась на контрольном составе в диапазоне расплыва конуса 15 – 18 см. Установлено, что при водоцементном отношении 0,48, подвижность бетонной смеси (расплыв конуса) составляет 15,8 см.

Анализ результатов показал, что наибольший прирост прочности бетона (25 %) наблюдается при введении комплексной добавки, содержание золы-уноса в которой составляет 2,5 % от массы цемента. Положительный эффект использования модификатора на основе золошлакового материала и УНМ «Таунит» позволит повысить эксплуатационные свойства бетонного раствора, уменьшить толщину защитного покрытия трубопровода и снизить расход связующего.

Список литературы:

1. Гергичны, З. Применение золы-уноса в составе цемента и бетона / З. Гергичны // Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование: матер. V конф. – М.: Полиграфический центр МЭИ, 2014. – С. 76-80.

2. Опыт применения бетонных балластных покрытий для подводных трубопроводов / Свечкопалов А.П. [и др.] // Нефтепромысловое дело. – 2009. – № 4. – С. 47-49.

ГОРЯЧЕЕ ПРЕССОВАНИЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОНСОЛИДАЦИИ КОМПОЗИТОВ СОСТАВА ($SiC-Al_2O_3$ –(ZrO_2-5 %Y_2O_3))

Торосян Карен Саркисович
аспирант.
Пензенский государственный университет,
Россия, г. Пенза
e-mail: lsic@list.ru
Пак Чир Ген
к.т.н., доцент,
Пензенский государственный университет,
Россия, г. Пенза
e-mail: metal@pnzgu.ru
Геворкян Эдвин Спартакович
д.т.н., профессор,
Украинский государственный университет железнодорожного транспорта,
Украина г. Харьков
e-mail: cermet-u@mail.com
Московских Дмитрий Олегович
к.т.н.,
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
Россия, г.Москва
e-mail: mos@misis.ru
Андреев Валерий Георгиевич
д.т.н., профессор,
Пензенский государственный университет,
Россия, г. Пенза
e-mail: ilem58@mail.ru

HOT PRESSING BY EL ECTRO CONSOLIDATION OF COMPOSITES ($SiC-Al_2O_3$ –(ZrO_2-5 %Y_2O_3))

Karen Torosyan
Postgraduate Student,
Penza State University,
Penza, Russia
e-mail: lsic@list.ru
Chir Pac
Assistant Professor
Penza State University,
Penza, Russia
e-mail: metal@pnzgu.ru

Edwin Gevorkyan
DScTech, Professor,
Ukraine State University of Railway transport,
Kharkov, Ukraine
e-mail: cermet-u@mail.com
Dmitry O. Moskovskikh
PhD in Engineering,
National University of Science and Technology «MISiS»
e-mail: mos@misis.ru
Valery Andreev
Professor,
Penza State University,
Penza, Russia
e-mail: ilem58@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В данной работе приводятся результаты, которые подтверждают возможность получения высокоплотной керамики из субмикронных порошков SiC, полученных методом СВС, нанопорошков оксида алюминия и частично стабилизированного диоксида циркония с образованием жидкой фазы за счет эвтектического расплавления.

ABSTRACT

In this paper, the results of which confirm the possibility of obtaining high-density ceramics from submicron powders SiC obtained by SHS of nano alumina and partially stabilized zirconia to form a liquid phase, due to eutectic melting.

Ключевые слова: нанопорошки; оксид циркония; оксид алюминия
Keywords: nanopowders; zirconium oxide; alumina.

Керамика на основе карбида кремния представляет большой интерес в связи с уникальными абразивными свойствами этого соединения. Особый интерес представляют и материалы на основе нанопорошков оксида алюминия и частично стабилизированного диоксида циркония. Важнейшей стадией технологии изготовления изделий из нанопорошков является формование качественных прессовок из порошков для последующего их горячего изостатического прессования или квазиизостатического прессования. Нанопорошки керамических составов обладают метастабильностью структурно-фазового состояния, развитой удельной поверхностью и, вследствие этого, высокой поверхностной активностью. Как правило, они характеризуются плохой формуемостью и прессуемостью из-за специфики своих физико-химических свойств, в частности, высокого межчастичного и пристеночного трения (обусловленного высокой удельной

поверхностью), агломерирования и значительного количества сорбированных примесей.

Согласно литературным данным, для преодоления большого межчастичного трения и разрушения агломератов при холодном прессовании керамических нанопорошков требуются давления от 1 до 9 ГПа. При таких давлениях возможно изготовление кристаллических образцов с высокой плотностью и с наноразмерными зернами. Однако, реализация таких давлений с технологической точки зрения вызывает определенные трудности.

Авторами проведены эксперименты по отработке технологии формования изделий из нанопорошка состава SiC - 5 масс. % (Al_2O_3 - ZrO_2 - 5 масс % Y_2O_3), при этом в качестве добавок использовали нанопорошки оксида алюминия и порошок частично стабилизированного диоксида циркония, полученного гетерофазным осаждением гидроксидов циркония и иттрия из концентрированных водных растворов солей этих металлов в растворе аммиака собственного производства. Для изготовления плотных спеченных таблеток мы применяли горячее прессование (электроконсолидация) нанопорошков состава SiC - 5 масс. % (Al_2O_3 - ZrO_2 - 5 масс. % Y_2O_3), при высоких температурах, в частности 1800 □C, давлении 40 МПа и времени выдержки от 2 минут и более. Данная структура не является оптимальной, поскольку для получения высоких значений прочностных характеристик и ударной вязкости необходимо получать керамику с большим процентным содержанием нанозерен. Поэтому необходимо, в дальнейшем, провести дополнительные эксперименты по исследованию влияния режимов горячего прессования на структуру и свойства образцов из нанопорошковых смесей SiC - 5 масс. % (Al_2O_3 - ZrO_2 - 5 масс. % Y_2O_3).

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СТРУКТУРА ФАЗЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ C_{60} В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАБОТКИ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ И ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ

Тюкалова Елизавета Васильевна
магистр
e-mail: tyukalova@phystech.edu
Кульницкий Борис Арнольдович
д.ф.-м.н.
e-mail: boris@tisnum.ru
Пережогин Игорь Анатольевич
к.ф.-м.н.
e-mail: i.a.perezz@gmail.com
Попов Михаил Юрьевич
д.ф.-м.н,
e-mail: mikhail.popov@tisnum.ru
Бланк Владимир Давыдович
д.ф.-м.н., профессор,
e-mail: vblank@tisnum.ru
Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов,
Россия, Москва, Троицк,
Московский физико-технический институт,
Россия, Долгопрудный

STRUCTURE AND ORIGIN OF C_{60}-DERIVATIVE OBTAINED BY HIGH TEMPERATURE HIGH PRESSURE TREATMENT

Elizaveta Tyukalova
Undergraduate Student
Boris Kulnitskiy
DScPhys&Math
Igor Perezhogin
PhD in Phys&Math
Mikhail Popov
DScPhys&Math
VladimirBlank
DScPhys&Math, Professor,
Technological Institute for Superhard and Novel Carbon Materials,
Moscow, Troitsk, Russia
Moscow Institute of Physics and Technology,
Dolgoprudny, Russia

АННОТАЦИЯ

В данной работе методами просвечивающей электронной микроскопии исследовалась структура и спектры потерь энергии электронов (EELS) фазы углерода, полученной в результате обработки фуллерита C_{60} высокой температурой и высоким

давлением. Эта фаза имеет высокую твердость 100 Гпа и обладает эффектом упругого восстановления отпечатка 98%. На основе этой структуры был получен твердый композитный материал, обладающий уникальными свойствами: высокой прочностью на сжатие и, одновременно с этим, высоким напряжением изгиба [1].

ABSTRACT

The goal of the present work is thedetailed TEM studyof the crystalline structure and electron energy loss spectra (EELS) of one of the carbon phases, obtained by high temperature high pressure treatment of C_{60}. This phase has relatively high hardness 100GPa, and high elastic recovery effect 98%. It was successfully used for the formation of hard composite material withultimately high compressive strength and flexural stress [1].

Ключевые слова: C_{60}; просвечивающая электронная микроскопия; твердость.
Keywords: C_{60}; transmissionelectronmicroscopy; hardness.

Исследуемые образцы были получены путем обработки фуллерита C_{60} давлением 0,5-4 ГПа и температурой 1100-1500 ºС в камере высокого давления. На рис. 1 представлено ПЭМ-изображение высокого разрешения данного образца, на котором видны плоскости, составляющие угол 70º. По всей видимости, рассматриваемая структура образуется в результате частичного или полного разрушения молекул фуллерена. Однако, под воздействием экстремальных условий, разрушение молекул фуллерена происходит в образце неравномерно. Таким образом, наряду с исследуемой 70º - фазой углерода, мы наблюдали фрагменты разрушенных молекул фуллерена и аморфный углерод, а также в данном образце присутствуют структуры частично разрушенного фуллерена и разрушенных 70º - фаз углерода.

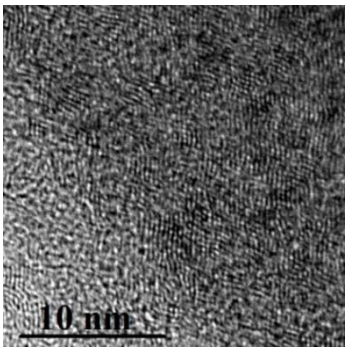


Рисунок 1 – ПЭМ-изображение высокого разрешения исследуемой фазы. Видна система разупорядоченных плоскостей с соответствующими межплоскостными расстояниями 0,33 нм. Угол между плоскостями ~ 70º

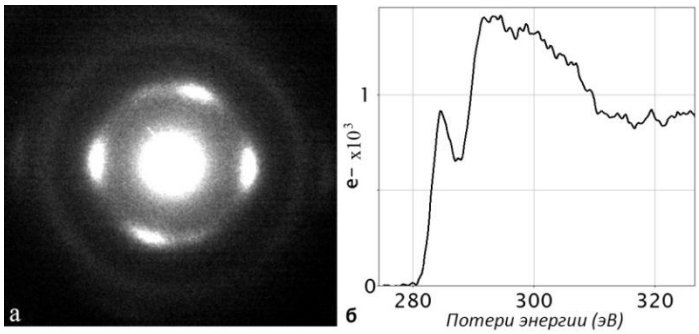


Рисунок 2 – а) Дифрактограмма и б) спектр характеристических потерь энергии электронов

Список литературы:

1. Unique mechanical properties of fullerite derivatives synthesized with a catalytic polymerization reaction / Popov M. Yu. et al. // MRS Communications. – 2015. – Vol. 5(01). – pp. 71-75.

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ (УНМ) ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОГИДРАТОВ СОЛЕЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Щегольков Александр Викторович
к.т.н., доцент,
e-mail: Energynano@yandex.ru
Щегольков Алексей Викторович
аспирант,
e-mail: alexxx5000@mail.ru
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

PROSPECTS OF USE OF THE CARBON NANOMATERIALS (CNM) TO STABILIZE THE TEPLO ACCUMULATION PROPERTIES OF CRYSTALLINE HYDRATES SALTS IN POWER PLANTS

Alexander Shchegolkov
PhD in Engineering, Associate Professor,
e-mail: Energynano@yandex.ru
Alexey Shchegolkov
Ppostgraduate Student,
e-mail: alexxx5000@mail.ru
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

Теплоаккумулирующие материалы используются в различных сферах деятельности человека: энергетика, сельское хозяйство, производство и т.д. Изучение тепловых процессов с применением теплового аккумулирования является перспективным направлением научных исследований. Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой и исследованием теплоаккумулирующего состава, отвечающего всем современным требованиям.

ABSTRACT

Heat storage materials are used in various spheres of human activity: energy, agriculture, manufacturing, etc. Therefore, the study of thermal processes with the use of thermal storage is a promising area of scientific research, in particular the development and research of heat-accumulating structure meets all modern requirements.

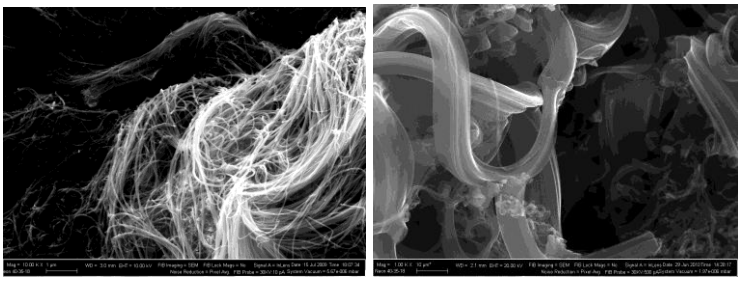
Ключевые слова: теплоаккумулирующий состав; углеродный наноматериал (УНМ); фазопереходный материал (ФПМ); теплота фазового перехода.

Keywords: heat storage composition; carbon nanomaterials (CNM); the phase material (FPM); the heat of the phase transition.

В последние годы наблюдается повышенный интерес к разработке материалов, обладающих высокой теплоаккумулирующей способностью и их использованию в различных энергетических установках (солнечных коллекторах, регенеративных теплообменных и теплогенерирующих аппаратах) [1-2]. Широкое внимание исследователей направлено на изучение фазопереходных теплоаккумулирующих материалов (ФПМ). По своей химической природе к данным веществам относят: кристаллогидраты солей, высокомолекулярные полимеры, различные парафины и воски. Из существующего многообразия теплоаккумулирующих веществ наиболее энергоэффективными являются ФПМ на основе кристаллогидратов солей, обладающих достаточно высоким диапазоном рабочих температур ($t_р \approx 70 \div 130$ ºС), удельной теплотой плавления ($Q_{ф.п.}$ = 120 ÷ 430 МДж/м^3), а также стоимостью материала ($C \sim 70 \div 250$ руб/кг).

Основным недостатком кристаллогидратов солей является их не конгруэнтное плавление. Обычно при плавлении образуются жидкая насыщенная фаза и твердая в виде более низкого гидрата той же соли, которая при этом осаждается. Кроме того, расплавам гидратов солей свойственно переохлаждение с последующей взрывной кристаллизацией [2]. Данные обстоятельства препятствуют широкому внедрению ФПМ в системы с долговременным хранением тепловой энергии. Используемые в тепловых аккумуляторах ФПМ должны обладать, стабильностью своего химического состава в процессе длительного хранения теплоты (термоциклирование).

Использование различных УНМ и графеноподобных структур (рис. 1), в качестве модифицирующих добавок в теплоаккумулирующие материалы (ТАМ), позволяет получить положительный эффект в виде улучшения и стабилизации удельных энергетических показателей теплоаккумулирующих составов. Это в первую очередь расширение температурного диапазона работы ФПМ, увеличение термоциклирования, уменьшения захолаживаемости теплоаккумулирующего состава. Данный эффект возможен во многом благодаря теплофизическим свойствам УНМ, не растворимостью УНМ в жидкой фазе ФПМ и достаточно равномерному распределению УНМ в объемных растворах теплоаккумулирующего состава.



а **б**

Рисунок 1 – СЭМ-изображения «Таунит-МД» (**а**) и «Таунит-4» (**б**).

В результате проведенных исследований разработана серия наномодифицрованных теплоаккумулирующих составов на основе модифицированного углеродными наноструктурами тригидрата ацетата натрия

(CH_3COONa). В качестве наноструктур были использованы углеродные нанотрубки серии «Таунит» и графеноподобные структуры. В ходе экспериментальных исследований были выявлены изменения в свойствах модифицированного ФПМ. К этим свойствам относятся расширение температурного диапазона работы ТАМ, а также стабильность циклов заряда и разряда. Улучшение характеристик объясняется формированием стабильных центров кристаллизации, что позволяет реализовать эффективный и равномерный тепловой разряд ФПМ. Высокое значение теплопроводности углеродных материалов позволяет более эффективно распределять количество теплоты в объеме ФПМ.

Таким образом, модифицирование ФПМ углеродными наноструктурами, к которым относятся углеродные нанотрубки и графеноподобные структуры, позволяет стабилизировать и улучшить их удельные энергические характеристики. В этой связи открываются серьезные перспективы внедрения тепловых аккумуляторов в различные технологические процессы, которые уже существуют или находятся в проектной стадии разработки.

Список литературы:

1. Teng, T.-P. Characteristics of phase-change materials contacting oxide nano-additives for thermal storage / T.-P. Teng, Ch.-Ch. Yu // Nanoscale Research Letters. – 2012. – Vol. 7. – pp. 611.

2. Теплоаккумулирующие материалы на основе кристаллогидратов / Александров В.Д. [и др.] // Вестник ДонНАБА. – 2009. – № 1 (75). – С. 100-106.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Кузнецова Татьяна Сергеевна
магистрант
e-mail: kuznetsova-t-s@yandex.ru
Пасько Татьяна Владимировна
к.т.н., доцент
e-mail: tpasko@yandex.ru
Тамбовский государственный технический университет,
Россия, г. Тамбов

RESEARCH THE BULK DENSITY OF CARBON NANOTUBES

Tatiana S. Kuznetsova
Undergraduate Student
e-mail: kuznetsova-t-s@yandex.ru
Tatiana V. Pasko
PhD in Engineering, Associate Professor
e-mail: tpasko@yandex.ru
Tambov State Technical University,
Tambov, Russia

АННОТАЦИЯ

Предложена методика измерения насыпной плотности углеродных нанотрубок путем косвенных измерений в условиях повторяемости. Проведена апробация данной методики на основе данных, полученных с помощью анализатора физико-механических характеристик сыпучих материалов ВТ-1000.

ABSTRACT

The paper reviewed the method of measuring the bulk density of the carbon nanotubes by indirect measurements under repeatability conditions. This methods tested on data obtained by the analyzer of physical and mechanical properties of bulk materials BT-1000.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки; насыпная плотность; косвенные измерения в условиях повторяемости.

Keywords: carbon nanotubes; bulk density; indirect measurements under repeatability conditions.

Одним из методов достоверного измерения насыпной плотности сыпучих, порошкообразных, пылевидных материалов является метод, основанный на расчете искомых величин по массам материала в неуплотненном состоянии в заполненной емкости заданного объема.

Использование прямых методов измерения насыпной плотности углеродных нанотрубок не представляется возможным, однако методом косвенных измерений

данный параметр материала определяется достаточно легко, но при этом необходимо провести расчеты погрешностей измерений.

Косвенные измерения насыпной плотности $\rho_н$ углеродных нанотрубок выполняют, рассчитывая их значения по результатам измерения необходимых масс с учетом фиксированного объема измерительного цилиндра

$$\rho_н = \frac{m_1 - m_0}{V} = \frac{m_1 - m_0}{0{,}1} = 10 \cdot (m_1 - m_0)\text{, [г/дм}^3\text{, кг/м}^3\text{]}, \quad (1)$$

где m_0 – масса пустого измерительного стакана, г; m_1 – масса измерительного стакана с материалом в неуплотненном состоянии, г; V = 0,1 дм^3 – объем измерительного стакана.

В соответствие с [1, пункт 1.1] искомое значение физической величины A находят на основании результатов измерений аргументов $a_1, \ldots, a_i, \ldots, a_m$, связанных с искомой величиной уравнением

$$A = f(a_1, \ldots, a_i, \ldots, a_m).$$

Функция f в рассматриваемом случае описывается правой частью уравнения (1) с нелинейной зависимостью между определяемой величиной и аргументами (в данном случае с объемом V).

Среднее квадратическое отклонение случайной погрешности результата косвенного измерения $S(\tilde{A})$ вычисляют по формуле [1, пункт 3.5]

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} \left(\frac{df}{da_i} \right)^2 \cdot S^2(\tilde{a}_i)}\,. \quad (2)$$

Частные производные от функции $f = \rho_н$ по независимым аргументам примут вид

$$\frac{d\rho_н}{dm_0} = -\frac{1}{V}; \quad \frac{d\rho_н}{dm_1} = \frac{1}{V}; \quad \frac{d\rho_н}{dV} = \frac{m_0 - m_1}{V^2}, \quad (3)$$

где m_0, m_1 – средние значения величин, полученные в результате n измерений, V = 0,1 дм^3 – номинальный объем измерительного стакана.

Величины стандартных отклонений среднего значения аргументов $S(\tilde{a}_i)$ для m_0, m_1 определяются по зависимости

$$S(\tilde{a}_i) = \frac{S(a_i)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (a_i - \tilde{a}_i)^2}{n(n-1)}}\,, \quad (4)$$

где $S(a_i)$ – стандартное отклонение единичного измерения величины a_i (m_0, m_1).

С учетом известной величины допускаемой погрешности измерительного стакана ΔV = 0,5 см^3 = 0,005 дм^3 от номинальной вместимости V = 100 см^3 = = 0,1 дм^3, среднее квадратическое отклонение случайной погрешности результатов косвенных измерений можно рассчитать по зависимостям

$$S(\tilde{\rho}_н) = \sqrt{\left(-\frac{1}{V}\right)^2 \cdot S^2(\tilde{m}_0) + \left(\frac{1}{V}\right)^2 \cdot S^2(\tilde{m}_1) + \left(\frac{m_0 - m_1}{V^2}\right)^2 \cdot \Delta V^2}\,. \quad (5)$$

Доверительные границы случайной погрешности результата косвенного измерения в соответствии с [1, пункт 2.4] вычисляют (без учета знака) по формулам

$$\varepsilon(p) = t_q \cdot S(\tilde{\rho}_н), \quad (6)$$

где t_q – коэффициент Стьюдента, соответствующий доверительной вероятности P = 0,95 и числу степеней свободы $f = n - 1$.

В условиях повторяемости было проведено n = 10 измерений аргументов для определения насыпной плотности углеродных нанотрубок «Таунит МД» с помощью анализатора физико-механических характеристик сыпучих материалов ВТ-1000.

Результаты расчета статистических параметров:

	a_i	
	m_{0i}, г	m_{1i}, г
$\tilde{a}$	406,41	408,69
$S(\tilde{a}_i)$	0,0037118	0,0157621
$S^2(\tilde{a}_i)$	$1{,}37778 \cdot 10^{-5}$	0,0002484
$\tilde{\rho}_н$	22,86 кг/м^3	
$S(\tilde{\rho}_н)$	1,15 кг/м^3	
$\varepsilon(p)$	2,6 кг/м^3	
$\rho_н$	22,9±2,6 кг/м^3	
δ	11,4 %	
s_r	0,54 кг/м^3	

Таким образом, для практической реализации методики выполнения измерений насыпной плотности можно рекомендовать приписанный норматив среднего квадратического отклонения повторяемости $\sigma_r \approx 0{,}5$ кг/м^3.

Список литературы:

1. МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. Рекомендация. – Введ. 1992-01-01. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991.

НАНОТРУБКИ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ ПБВ

Высоцкая Марина Алексеевна
к.т.н., доцент
Шеховцова Светлана Юрьевна
аспирант
Киндеев Олег Николаевич
аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, г. Белгород
e-mail: rusina.svetlan@yandex.ru

NANOTUBES AS EFFECTIVE MODIFIERS PBB

Marina Vysotskaya
PhD in Engineering, Associate Professor
Svetlana Shekhovcova
Postgraduate Student
Oleg Kindeev
Postgraduate Student,
Belgorod Shukhov State Technological University,
Belgorod, Russia
e-mail: rusina.svetlan@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

В работе произведена сравнительная оценка нанотрубок (ОУНТ и «Таунит»), в составе ПБВ. Изучены процессы структурообразования асфальтено-смолистых комплексов под действием наномодификации. Установлен сшивающий и ингибирующий эффект. Исследовано влияние наномодифицированных ПБВ на качество асфальтобетона.

ABSTRACT

In the work produced the comparative evaluation of nanotubes (SWNT and Taunit), consisting PBB. Studied the processes of structure formation of asphaltene-resin complexes in the process nanomodifikatsii. Installed crosslinking and inhibiting effect. The influence of nanomodified WSP on the quality of asphalt concrete.

Ключевые слова: нанотрубки; ПБВ; структурообразование.
Keywords: nanotubes; PBB; gelation.

На основании исследований, выполненных ранее [1], были рассмотрены основные аспекты наномодифицирования органических вяжущих и подобраны оптимальные концентрации нанотрубок в составе вяжущего, выбраны наиболее рациональные и эффективные составы ПБВ, приготовление которых осуществлялось по следующей технологии [1].

В работе произведена сравнительная оценка нанотрубок, исследованы стандартные показатели качества, устойчивость к расслоению и старение. Для эксперимента готовились составы вяжущего: контрольный состав, содержащий полимер/пластификатор – 3,2/1,8 %, битум 90/130 остальное (№1); аналогично и одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ), производства ИПТМ РАН, г. Черноголовка, $1\cdot10^{-5}$% (№2), аналогично и многостенные углеродные нанотрубки «Таунит», производства «НаноТехЦентр», г. Тамбов, $5\cdot10^{-5}$ %. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики ПБВ.

Наименование показателя		Требования ГОСТ 52056-2003, EN	Составы		
			1	2	3
Расслаи-ваемость в тубе	температура хрупкости, ^{0}C, верх туба/ низ туба	-	-28/ -20	-26/ -24	- 27/ -27
	температура размягчения, ^{0}C, верх туба/низ туба	5	76/ 63	75/ 75	73/ 70
Температура хрупкости, ^{0}C		-20	-20	-25	- 28
Температура размягчения, ^{0}C		54	53	72	71
Однородность		однородно	одн.	одн.	одн.
Глубина проникания иглы 0,1 мм, при 25^{0}C/0^{0}C		60/32	68/ 28	72/ 33	74/ 34
Растяжимость, см ΔL, при 25 ^{0}C/0 ^{0}C		25/11	35/10	87/23	65/21
Эластичность, % ΔL, при 25 ^{0}C/0 ^{0}C		80/70	92/43	95/89	95/93
Устойчив. к старению TFOT	изменение массы, %	-	1,5	0,05	0,05
	изменение температура размягчения, ^{0}C	-	11	1	1
Когезионная прочность, кгс/м		-	9	14	13

Контрольное вяжущее (№1), приготовленное без наномодификатора, не соответствует требованиям по ряду показателей, что говорит о недостаточном содержании полимера. Вяжущие, приготовленные с использованием нанотрубок (№2, №3) отличаются высоким качеством. Входящие в состав ПБВ нанообъекты встраиваются в структуру асфальто-смолистых комплексов (АСК) и являются своеобразными мостиками, при этом они соединяют собой более дисперсные

агрегаты из асфальтенов и, не смотря на аналогичное низкое процентное содержание полимера, образуют прочную наноармированную полимерную сетку. Наномодифицированные ПБВ менее подвержены процессам старения, что является следствием происходящих процессов пептизации АСК в структуре модифицированных вяжущих и их сшивки с полимерной матрицей. Очевидно, нанотрбуки выступают в качестве сшивающего агента и ингибитора процессов старения. Также наномодифицированные ПБВ менее подвержены процессам старения, что является следствием происходящих процессов пептизации АСК в структуре модифицированных вяжущих и их сшивки с полимерной матрицей. Очевидно, нанотрубки выступают как сшивающий агент и ингибитор процессов старения.

Использование модифицированных вяжущих в составе асфальтобетонных смесей способствует повышению водостойкости асфальтобетона, увеличиваются водонепроницаемость и теплостойкость модифицированных асфальтобетонов, а также их сдвигоустойчивость.

Список литературы:

1. Пат. 2496812 Российская Федерация, МПК C08L 95/00. Полимерно-битумное вяжущее и способ его получения / Высоцкая М.А., Русина С.Ю., Кузнецов Д.А. и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». – № 2012312640/03; заявл. 27.10.13; опубл. 27.10.13, – Бюл. № 30 – 8 с.

Научное издание

«ГРАФЕН И РОДСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ: СИНТЕЗ, ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ»

Материалы
I Международной научно-нновационной практической конференции
11 - 13 ноября 2015 г.

Школа молодых ученых

Издательство ИП Чеснокова А.В.
392020, г. Тамбов, ул. О. Кошевого 14. Тел. (4752) 53-60-84.

Подписано в печать 02.11.2015 г. Формат 60x84 1/16.
Объем – 9,7 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 475.