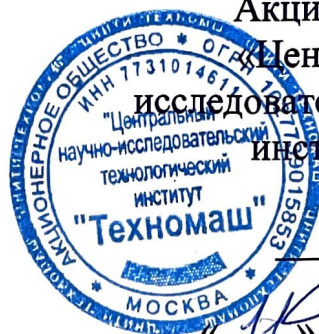


УТВЕРЖДАЮ

Исполнительный директор
Акционерного общества



Центральный научно –
исследовательский технологический
институт» Техномаш»

С.А. Налимов

« 14 » сентября 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Пушиной Екатерины Александровны**

«Термическая устойчивость углеродных нанотрубок
как компонента композиционных материалов»,

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по
специальности 02.00.04 - «*физическая химия*»

Диссертация Пушиной Екатерины Александровны «Термическая устойчивость углеродных нанотрубок как компонента композиционных материалов» выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов».

Актуальность темы исследования.

Диссертационная работа Пушиной Екатерины Александровны посвящена исследованию термической стабильности углеродных нанотрубок и полимерных композиционных материалов с применением углеродных нанотрубок в качестве наполнителей. Значительная часть диссертации посвящена исследованию углеродных нанотрубок, полученных из различных одноатомных спиртов. Наиболее представительные образцы были использованы для создания композитов на основе полимерных матриц (эпоксидная смола, силиконовый каучук, полиуретан). Кроме того, в работе описан метод получения гибридных волокон, представляющих собой углеродные волокна, поверхность которых модифицирована углеродными нанотрубками. Гибридные волокна также использовались для получения композиционного материала с полимерными матрицами. Также были исследованы системы из углеродных нанотрубок, поверхность которых была

модифицирована фуллереном C_{60} . В качестве основной характеристики полученных материалов была выбрана термическая устойчивость. Результаты, полученные в работе, перспективны для различных областей применения, таких, как аэрокосмическая промышленность, автотранспорт, судостроение, электроника и многие другие отрасли.

Содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, выводов и списка цитируемых отечественных и зарубежных литературных источников (269 наименований). Во введении адекватно обоснована актуальность научной проблемы, сформулирована цель и поставлены задачи исследования. Показаны научная новизна и практическая значимость результатов, подробно описаны методы исследования.

В первой главе представлен обширный литературный обзор. Во второй главе представлены сведения о веществах и материалах, использованных в работе, а также приборах и методах исследования. В третьей главе представлены описания методов получения углеродных нанотрубок (УНТ) в свободном виде и гибридных углеродных волокон с нанесенными нанотрубками. На лабораторной установке с кварцевым реактором проведены серии экспериментов по выбору оптимального по качеству прекурсора из шести одноатомных спиртов: метанола, этанола, пропанола, изопропанола, бутанола и изоамилового спирта, а также метанола с добавлением метана. В этой главе представлена диаграмма зависимости температуры начала окисления УНТ от содержания железа, согласно которой оптимальным прекурсором является этанол. На экспериментальной пилотной установке ГАУЧО получены образцы углеродных нанотрубок из этанола. Также в данной главе представлены исследования окисления образцов УНТ в атмосфере углекислого газа. Сделан вывод, что окисление в атмосфере CO_2 может служить основой для разработки процесса селективного удаления аморфного углерода, в отличие от окисления на воздухе. Также представлены результаты исследования поведения образцов УНТ из этанола при нагревании в инертной атмосфере до 1550 и 2200°C. Установлено, что при высоких температурах протекает графитизация образцов.

В третьей главе представлены результаты получения гибридных углеродных волокон с нанесенными нанотрубками. Установлено, что термический анализ может быть применим для оценки качества модификации поверхности углеродного волокна.

Четвертая глава посвящена модификации углеродных нанотрубок фуллереном C_{60} . В данной главе представлена методика изготовления образцов УНТ, покрытых фуллеренами C_{60} , путем нанесения C_{60} на поверхность УНТ и полимеризации ультрафиолетовым облучением для образования стойких наноструктур УНТ- C_{60} . Совместное применение методов рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, просвечивающей электронной микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния света позволило установить факт полимеризации фуллерена и оценить качество закрепления фуллерена на поверхности УНТ.

Пятая глава диссертации посвящена изготовлению композиционных материалов с применением УНТ и гибридных волокон УВ+УНТ в качестве наполнителей на основе эпоксидной смолы, силиконового каучука и полиуретана. Для изготовления композитов были выбраны УНТ, полученные из этанола, как наиболее представительные образцы длинных УНТ.

В заключении приводятся результаты и выводы из проделанной работы. Выводы автора соответствуют поставленным целям и задачам, логичны и обоснованы.

Диссертационная работа производит в целом положительное впечатление, но при ознакомлении с ней возник ряд замечаний:

1) Автором проведено исследование поведения углеродных нанотрубок из этанола при нагревании в инертной атмосфере в приборе термического анализа при температурах 1500 и 2200°C, однако ТГА/ДТА кривые не представлены.

2) Согласно утверждению автора, не наблюдается различий в окислении облученных и необлученных образцов УНТ- C_{60} . Однако, хотя процесс окисления образцов начинается при близких значениях температур, характер процесса отличается согласно ДТГ-кривым, приведенным в диссертации.

3) В работе приведены результаты исследований термической устойчивости композитов на основе эпоксидной смолы, эластомеров с применением углеродных нанотрубок и гибридных волокон в качестве наполнителя. В работе не приведен анализ кинетических характеристик отверждения полимеров без наполнителя и с наполнителями, что является важной характеристикой материалов.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей ценности диссертационной работы Пушиной Е. А.

Заключение

Содержание диссертации опубликовано в 8 статьях, индексируемых в Web of Science и/или Scopus, результаты докладывались на 9 международных конференциях, получено 2 патента РФ.

Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации. Из текста автореферата и диссертации, а также представленного доклада становится очевидно, что результаты диссертационной работы получены автором лично, либо при его непосредственном участии.

Диссертация отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней кандидата наук, доктора наук в МФТИ, а её автор заслуживает учёной степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 - «физическая химия».

Диссертационная работа представлена на заседании НТС АО «ЦНИТИ «Техномаш», отзыв на диссертацию обсуждён и одобрен 11.10.2021, протокол № 1/10-2021.

Д.т.н., доцент



Гребенников Евгений Петрович

Почтовый адрес: 121108, Россия, г. Москва, ул. Ивана Франко, д. 4.

Телефон: +7 (495) 278-00-00

Адрес электронной почты: cnititm@cnititm.ru

Организация – место работы: «Центральный научно – исследовательский технологический институт «Техномаш» (АО «ЦНИТИ «Техномаш»)

Должность: директор по науке

Web-сайт организации: <https://cniti-technomash.ru/>