



Минобрнауки России
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
университет «МЭИ»
111250, Россия, Москва,
Красноказарменная ул., 14,
Тел.: (495) 362-75-60, факс: (495) 362-89-38
E-mail: universe@mpei.ac.ru
http://www.mpei.ru

№ 1042/520
« 6 » 12 2019 г.



«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор

В.К. Драгунов

_____ 201__ г.

В диссертационный совет Д212.125.15
при Московском Авиационном Институте
(национальный исследовательский
университет) МАИ
125993, Москва, Волоколамское ш. д. 4

ОТЗЫВ

ведущей организации, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», на диссертационную работу Аникина Василия Алексеевича «Модифицирование поверхности углеродного волокна из полиакрилонитрильных волокнистых материалов высокодозным облучением ионами инертных газов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность темы. Рост исследований и развитие технологических и технических возможностей в области композиционных материалов позволяют все чаще рассматривать такие материалы в энергетике, машиностроении и аэрокосмической технике в качестве основных конструкционных материалов. Значительную долю занимают композиционные материалы на основе углерода с высокими показателями термической, химической и механической стойкости, долговечности и малого веса получаемой конструкции. Графиты, углерод-углеродные композиты являются одними из основных материалов ядерных реакторов и разрабатываемых термоядерных установок. В этой связи были и остаются актуальными разработки по повышению физико-механических свойств углеродных композиционных материалов, включая разработки методов

модифицирования поверхности армирующего композит углеродного волокна. Наряду с традиционными способами обработки поверхности углеродного волокна, разрабатываются и внедряются новые методы, основанные на применении наноструктурных форм углерода. Значительный потенциал имеют ионно-плазменные методы модифицирования поверхности, позволяющие одновременно производить очистку поверхности, изменение её структуры и легирование различными элементами. Диссертационная работа Аникина В.А. находится в русле отмеченных актуальных научно-технических проблем и посвящена модифицированию поверхности углеродного волокна из полиакрилонитрильных волокнистых материалов высокодозным облучением ионами инертных газов.

Общая характеристика работы. В диссертации, состоящей из четырех глав, последовательно изложены тематически актуальные вопросы особенностей структуры и свойств углеродного волокна на основе полиакрилонитрильных волокнистых материалов, задачи модифицирования наполнителя в композиционном материале, закономерности и механизмы ионно-лучевого воздействия на углеродные материалы, показана перспективность применения явления ионно-индуцированного гофрирования для модифицирования углеволокнутого наполнителя для углерод-углеродных и углерод-керамических композитов, сформулирована цель и задачи диссертационного исследования.

Выбранные и описанные в диссертации оборудование ионно-лучевой обработки, методика облучения, аппаратура и методы исследований, выбор материалов для исследования в полной мере позволили выполнить задачи диссертационной работы.

Ионно-лучевую обработку образцов при выявлении закономерностей формирования ионно-индуцированной гофрированной структуры производили с варьированием энергии ионов аргона и неона и температуры облучаемых мишеней. С помощью растровой электронной микроскопии и лазерной гониофотометрии произведена оценка периода следования гофров, их доли и углов наклона граней. На основе экспериментально полученных результатов выявлены закономерности ионно-индуцированного гофрирования, отраженные в выводах диссертационной работы. Выявлены режимы облучения, при которых происходит аморфизация поверхности или ее рекристаллизация. Полученные результаты объясняются созданием напряженного состояния в тонком поверхностном слое, которое приводит к пластической деформации путем двойникования.

В прикладной части диссертации исследовано влияние ионно-лучевой обработки на механические свойства углеродного волокна и предложены

практические рекомендации по применению метода. Показано, что диаметр волокон, предел их прочности и модуль Юнга после облучения практически не изменяются и гофрированная структура не претерпевает изменений при нагреве до 2400°C. Предложены режимы обработки (энергия ионов, сечение пучка, плотность тока, температура волокна), обеспечивающие образование гофров на обрабатываемой поверхности. Для реализации метода предложены известные широкоапертурные ионные источники. запатентованный в соавторстве способ обработки предлагает единовременную загрузку ленты в камеру, ее непрерывную транспортировку в вакууме и двухстороннее облучение ионами с заданными параметрами пучка.

Научная новизна. К наиболее научно значимым и новым результатам работы можно отнести экспериментально установленные закономерности модифицирования поверхности углеродного волокна на основе полиакрилонитрильного волокна при высокодозном облучении ионами неона и аргона с энергиями в десятки кэВ, вывод о том, что доминирующим фактором ионно-индуцированного гофрирования является уровень первичных радиационных нарушений в числе смещений на атом, экспериментально установленные термическая стойкость ионно-индуцированной гофрированной структуры и отсутствие влияния ионно-лучевой обработки на механические свойства углеродного волокна.

Практическая значимость работы состоит в том, что установленные закономерности модифицирования поверхности углеродных волокон высокодозным ионным облучением позволяют проводить исследования в области разработки, создания и изучения новых композиционных материалов способных работать в условиях высоких температур и радиационного воздействия, были использованы в прикладных исследованиях, проводимых в НИИЯФ МГУ и МАИ. Полученные результаты представляют также интерес для подготовки бакалавров, магистров и аспирантов по материаловедческим направлениям подготовки, а также при повышении квалификации преподавателей и специалистов.

Достоверность полученных результатов. Результаты, полученные в работе, являются достоверными и обеспечиваются систематическими экспериментальными исследованиями структуры и свойств модифицированной поверхности углеродных волокон с использованием современной аппаратуры, надежных и независимых методов исследования, включающих методы электронной и оптической микроскопии и рамановской спектроскопии, использованием результатов тестированной компьютерной программы

моделирования SRIM, сравнением и согласием экспериментальных результатов с литературными данными, полученными при сопоставимых условиях.

Замечания по диссертационной работе

1. В тексте главы 3 недостаточно полно отражен вывод об уровне первичных радиационных нарушений как об основном факторе процесса ионно-лучевого гофрирования поверхности углеродного волокна.

2. Примеры рамановских спектров на рис. 2.14 представляются неудачными, исходя из обширной базы данных таких спектров для графитов, углеродных волокон и стеклоуглерода. Описание результатов спектроскопии комбинационного рассеяния света необходимо было расширить, в частности, пояснить происхождение полосы A в спектрах облученных образцов.

3. Присутствуют стилистические, орфографические ошибки и опечатки, что сказывается на общем впечатлении о работе. Так, температуру мишени при ионном облучении некорректно называть температурой облучения. Проективный пробег в таблице 1.6 диссертации и таблице 1 автореферата оказался в 10 раз завышенным из-за описки единицы измерений. Значения пробега указаны в единицах ангстрем, а не нм. В тексте употребляется термин «высокодозовое» облучение, вместо «высокодозного».

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать в исследованиях и разработках новых композитных материалов, проводимых в ГНЦ ФГУП «ВИАМ», АО «НИИГрафит», АО «Композит», ООО «Лирсот»; в исследованиях в области авиационной и аэрокосмической техники, проводимых во ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», ГНЦ ФГУП «ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского»; в фундаментальных и прикладных исследованиях проводимых в НИИЯФ МГУ, ГНЦ ФГУП «ЦЕНТР Келдыш», ИФХЭ РАН, а также в других промышленных предприятиях и научно-исследовательских центрах, связанных с разработкой и использованием углеродных материалов.

Заключение

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения по режимам облучения для получения ионно-индуцированной гофрированной структуры углеродного волокна с рекомендациями по модернизации ионно-плазменного оборудования.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на семи научно-технических конференциях, опубликованы в семи печатных работах, в том числе 3 статьях в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в WoS и Scopus.


Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

По научному уровню полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Аникин Василий Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры «Общей физики и ядерного синтеза», протокол № 3 от 11 ноября 2019 года. На заседании присутствовало 25 членов из 30. Результаты голосования: «за» – 25, против – нет, воздержавшихся – нет.

Заведующий кафедрой «Общей физики и ядерного синтеза» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

доктор технических наук, доцент



21.11.2019

А. В. Дедов

Адрес организации: 111250, Россия, г. Москва,
Красноказарменная улица, дом 14

Наименование организации: Федеральное
государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Электронный адрес: universe@mpei.ac.ru

Телефон: +7 495 362-70-01