

ОТЗЫВ

официального оппонента 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 выбранной темы

Благодаря уникальному сочетанию низкой плотности, высокой механической прочности при повышенных температурах, высокой стойкости к термическим ударным нагрузкам и абляционной стойкости углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) нашли широкое применение для изготовления элементов конструкций, испытывающих высокие термонагрузки. Повышение и стабилизация характеристик УУКМ является важной научно-технической проблемой, которая приводит к поиску новых технологических решений. Например, рассматриваются перспективы замены ставших уже традиционными углеродных волокнистых наполнителей на основе полиакрилонитриловых прекурсоров на углеродные наполнители на другой основе, в частности, вискозы.

Тем не менее все равно остаются резервы улучшения свойств традиционных УУКМ. Одним из таких эффективных направлений является модификация рабочих поверхностей за счет ионного облучения при ионно-плазменной обработке. Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о такой возможности, поэтому тема диссертационной работы Аникина В.А. является, бесспорно, актуальной, как в научном, так и в практическом плане.

Достоверность и новизна результатов

Целью диссертационной работы Аникина В.А. является Разработка ионно-плазменных методов получения углеродного волокна с гофрированной поверхностью путем установления закономерностей и факторов ионно-индуцированного субмикронного гофрирования с использованием современных ионно-плазменных методов обработки и исследования поверхности. Достоверность и новизна результатов работы достигнута на основе проведенных автором теоретических и экспериментальных исследований на базе фундаментальных положений физического материаловедения с использованием лазерной гониофотометрии, растровой электронной микроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния света, а также современных методов анализа и обработки экспериментальных данных.

Научной новизной являются:

1. Установление закономерностей изменения структуры при модифицировании поверхности углеродного волокна на основе полиакрилонитрила при высокодозном ($>10^{18}$ ион/см²) облучении ионами неона и аргона с энергиями в десятки кэВ.
2. Установление, что доминирующим фактором ионно-индуцированного гофрирования волокна является определяемый в числе смещений на атом уровень первичных радиационных нарушений.
3. Показано, что ионно-индуцированная гофрированная структура является термически стойкой до температур не менее 2400 °С и практически не изменяет механические свойства углеродного волокна.
4. Определен характер модифицирования углеродного волокна на основе полиакрилонитрильного волокна при облучении ионами плазменного ускорителя с анодным слоем. Показано, что облучение ионами гелия с энергией не выше 3 кэВ приводит к ионно-индуцированному гофрированию поверхности.

Практическая значимость работы заключается в том, что установленные закономерности высокодозных ионно-индуцированных структурных изменений поверхности углеродных и композиционных материалов позволяют проводить исследования в области разработки, создания и изучения новых композиционных материалов способных работать в условиях высоких температур и радиационного воздействия. Автором предложены технологический способ ионно-плазменного модифицирования углеродных высокомодульных волокон, защищённый патентом РФ и рекомендации по его реализации на ионно-плазменном вакуумном оборудовании, выпускаемом российскими производителями.

Диссертация изложена на 127 страницах машинописного текста. Она включает введение, четыре главы, заключение, список использованной литературы, содержащий 81 позицию, 2 приложения, а также 50 рисунков и 8 таблиц. Оформление диссертации соответствует установленным требованиям.

Детальное рассмотрение диссертационной работы позволяет выявить, что оригинальность и новизна предложенной и проверенной на опыте идеи состоит в разработке новой ионно-плазменной технологии, позволяющей увеличить устойчивость УУКМ к статическим и динамическим нагрузкам и увеличить их срок эксплуатации в агрессивной среде, за счет ионно-индуцированного субмикронного гофрирования поверхности волокна.

Общие выводы по работе достаточно обоснованно отражают содержание диссертации. Достоверность результатов и выводов, полученных Аникиным В.А., обеспечена тем, что предложенная автором идея и выполненные по ее разработке исследования использованы и нашли подтверждения на практике.

По теме диссертации автором опубликовано 6 печатных работ, в том числе 3 статьи в журнале из перечня ведущих научных журналов и изданий ВАК РФ, Scopus и Web of Science, получен 1 патент на изобретение в соавторстве. Материалы диссертации

размещены в интернете на сайте Московского Авиационного Института (НИУ). Логически завершённые разделы работы докладывались на 7 международных конференциях, проходивших в период с 2017 по 2019 год. Таким образом, материалы диссертации опубликованы достаточно полно.

Замечания по работе

Наряду с несомненными достоинствами в адрес работы можно высказать ряд замечаний, которые, однако, не затрагивают научную ценность, проведенного Аникиным В.А. исследования.

1. Из материалов диссертации не ясна суть динамического отжига, чем он отличается от обычного отжига.
2. Визуальное сходство гофрированной структуры при облучении ионами гелия (рис.4.2) со случаями облучения ионами аргона и неона (рис.3.1) для вывода об одинаковом характере гофрирования было бы более убедительным при оценке геометрии гофрированной структуры (периода следования, углов наклона и т.п.).
3. Отсутствие в диссертации и автореферате схемы облучения волокна затрудняет понимание образования структуры в вершинной и периферийной части облученного волокна.
4. Учитывая температурную зависимость доли гофров (рис.3.6), кажется некорректным применение приведенной на стр.80 формулы для определения высоты гофров при построении зависимости их высоты от температуры облучаемого композита, представленной на рис.3.8.
5. Список сокращений следует выполнять в алфавитном порядке.

Заключение

Диссертационная работа Аникина Василия Алексеевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-техническом уровне, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические проблемы и решена важная в научном и перспективная в практическом отношении актуальная научно-техническая задача, заключающаяся в разработке ионно-плазменного метода получения углеродного волокна с гофрированной поверхностью для чего автором были установлены закономерности и выявлены факторы процесса ионно-индуцированного субмикронного гофрирования.

Аникин В.А. внес основной вклад в диссертационную работу. Результаты, полученные диссертантом, достоверны, являются новыми и имеют важное научное и практическое значение, выводы обоснованы. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Все основные положения диссертации опубликованы в рецензируемых изданиях, в том числе внесенных в перечень ВАК.

По своей научной и практической значимости диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 года и является научно-

квалификационной работой, которая вносит существенный вклад в понимание закономерностей процессов ионно-индуцированного субмикронного гофрирования поверхности полиакрилонитрильного углеродного волокна при высокодозном облучении его ионами инертных газов.

Автор диссертации Аникин Василий Алексеевич заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Высокоэффективные технологии обработки» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования МГТУ «СТАНКИН».

Адрес: 127055, г. Москва, Вадковский пер., 3-А.

Тел.: 8 (499) 972-95-61, 8 916 290 26-07. e-mail: sv.fedorov@icloud.com



Федоров Сергей Вольдемарович

Подпись Федорова Сергея Вольдемаровича удостоверяю:

Должность *вед. специалист* Ф.И.О. *Бердошова*

Печать организации

20.11.2019

Адрес организации: 127055, г. Москва, Вадковский пер., 3-А, Москва

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН"

Электронная почта: rector@stankin.ru

Телефон: (499) 973-30-66