

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 учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность темы. Широкое применение композиционных материалов в современной технике органично сочетается с относительно быстрым развитием материалов, применяемых в качестве армирующих элементов в различных матрицах. Среди них уже стали традиционными углеродные волокна благодаря высокой термостойкости, коррозионной стойкости и значительной удельной прочности. Одной из важнейших характеристик композита является сила сцепления матрицы с упрочняющими волокнами, поэтому методы повышения прочности этой связи остаются приоритетными. Средством повышения адгезии между армирующими волокнами и матрицей является развитие поверхности волокон, достигаемое различными способами. Определёнными достоинствами обладает бомбардировка углеродных нитей ионами, не связанная с изменением химического состава волокна. Альтернативные методы, в частности, обработка в жидких реагентах, характеризуются значительной продолжительностью процесса, невысокой воспроизводимостью результатов, а также опасностью уменьшения термостойкости композита. Исходя из состояния вопроса в рассматриваемой области, актуальность темы диссертационной работы В.А. Аникина не вызывает сомнений.

Научная новизна. В процессе выполнения диссертационного исследования автором изучено ионно-индуцированное гофрирование поверхности углеродного волокна с помощью его облучения ионами инертных газов при различных условиях. Результатом измерений стало выявление некоторых закономерностей процесса. Обнаружена пороговая температура образования гофров, представляющая собой температуру динамического отжига радиационных нарушений, ниже которой желательная модификация поверхности невозможна. Показано, что углы наклона гофров и их доля на вершинной части облучаемого волокна зависят от вида ионов и их энергии. Этот факт указывает на возможность управления рельефом обрабатываемой поверхности варьированием режима облучения. Установлено, что период образования гофров на профиле поверхности составляет доли микрометра и почти не зависит от температуры процесса. Выявленные закономерности ионно-индуцированного высокодозного облучения поверхности ионами аргона и неона объясняются совокупным действием двух процессов – пластической деформацией поверхностного слоя углеродного волокна и его распылением бомбардируемыми частицами. В качестве доминирующего фактора предлагается уровень первичных радиационных нарушений, определяемый числом смещений на атом. Эти и другие результаты обладают бесспорной научной новизной.

Достоверность полученных результатов. Результаты диссертации получены с помощью современных измерительных средств и апробированных стандартных методик на современном калибруемом оборудовании. Основные выводы работы и защищаемые положения обоснованы применением независимых методов исследования, корректным применением физических моделей изучаемых процессов. Представленные автором материалы представляют собой достаточный массив экспериментальных измерений с надлежащей статистической обработкой и оценками погрешностей. Кроме того, достоверность данных и обоснованность выводов подтверждаются согласием с опубликованными результатами, полученными в сопоставимых условиях.

Практическая значимость работы. Результаты диссертационного исследования расширяют представления о возможностях технологий с использованием ионного облучения материалов. Полученные сведения могут служить основой в создании технологических процессов модификации поверхности углеродных волокон для их использования в композиционных материалах. Новизна технического решения, разработанного при участии автора, подтверждена патентом Российской Федерации.

Научные положения диссертации рекомендуется учесть при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов (по направлениям «Технологии материалов» и «Физические основы эллионных технологий» и др.), а также при повышении квалификации преподавателей и специалистов, связанных с различными отраслями машиностроения.

Содержание. Представленная работа структурирована согласно сложившимся традициям. Критически проанализированы результаты исследований, касающихся структуры, свойств и применений углеродных волокон. Рассмотрены специфические особенности изготовления углеродного волокна из полиакрилонитрила, отмечены достоинства и недостатки существующих технологий.

Основное внимание уделено задачам и методам модификации поверхности волокон в свете свойств и возможностей изготавливаемого из них композиционного материала, которые в решающей степени определяются свойствами границы раздела между матрицей и армирующим материалов. В разделе перечислены основные достоинства конструкционных углеродных композитов и способы обработки наполнителей, в частности, варианты окисления, полимеризации или воздействия ультразвука, магнитного поля, электростатического разряда, ультрафиолетового или радиационного излучения, очистки поверхности или ее аппретирования. Сопоставление возможностей различных методов обработки привело к выводу о перспективности ионно-индуцированного гофрирования поверхности углеродного волокна, на основе которого формулируются цель исследования и задачи ее реализации.

Изложена методика проведения исследований и измерений. Обоснован выбор исследуемых композита и его волокон, дана характеристика объекту исследования. Описана схема экспериментальной установки для ионно-лучевой обработки и ее техническая характеристика. Представлены методы оценки параметров ионного облучения, исследования структуры и морфологии поверхности, а также методика испытаний механических свойств обработанных углеродных волокон. Подробно изложены результаты исследований гофрированной структуры поверхностного слоя углеродного волокна. Варьировались энергии ионов аргона и неона, плотности тока, флюенс, поперечное сечение пучка и температура облучения. Визуальная оценка поверхности с помощью растрового электронного микроскопа дополнялась измерениями периода гофров, их длины, высоты и углов наклона граней. На базе выполненной оценки влияния режимов ионного облучения на параметры образовавшихся гофров выявлены отмеченные выше закономерности, а также структурные изменения оболочки волокна с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния. Обнаружены режимы облучения, которые приводят к аморфизации поверхности или ее рекристаллизации. Полученные результаты объясняются созданием напряженного состояния в тонком поверхностном слое, которое приводит к пластической деформации путем двойникования.

Исследованы важнейшие механические свойства модифицированного углеродного волокна и разработке практических рекомендаций по применению метода. По данным измерений диаметра волокон, предела их прочности и модуля Юнга установлено, что термостойкость волокон практически не изменилась. Предложены режимы обработки (энергия ионов, сечение пучка, плотность тока, температура волокна), обеспечивающие образование гофров на обрабатываемой поверхности. Для реализации технологии предложены известные широкоапертурные ионные источники. Патентованный способ обработки предлагает единовременную загрузку ленты в камеру, ее непрерывную транспортировку в вакууме и двухстороннее облучение ионами с заданными параметрами пучка.

Замечания по диссертации и автореферату

По содержанию и оформлению работы можно сделать ряд замечаний.

1. Положения, выносимые на защиту, не являются обобщенной формулировкой самых важных результатов, а в значительной мере повторяют пункты научной новизны.

2. Глава 1 несколько перегружена лишней информацией. На страницах 25–27 приводятся сведения из учебников по материаловедению, непосредственно не связанные с материалами диссертации. Только на странице 31 начинается обсуждение способов модификации наполнителей для повышения их адгезионных свойств.

3. Неоднократно упоминается об исследовании неких механических свойств углеродных волокон без должной конкретизации. В разделе 2 отсутствуют сведения о характере испытаний, есть лишь ссылка на испытательную машину, пригодную для реализации разнообразных напряженных состояний и измерения десятков физических величин. Только в таблице 4.1 можно увидеть, какие именно параметры измерялись (предел прочности, модуль Юнга и относительное удлинение), вероятно, при растяжении.

4. Наличие зависимостей на рис. 3.3 (рис. 3 в автореферате) спорно, слишком велик разброс полученных данных. Следовало бы подтвердить или опровергнуть снижение периодов гофра при повышении температуры использованием критерия Стьюдента или другого метода обработки результатов с учетом числа повторных измерений. То же относится к кривой с минимумом для ионов аргона с энергией 20 кэВ.

5. Технологические рекомендации изложены сумбурно. Много повторений вместо системного порядка операций с конкретными режимами обработки.

6. Стиль изложения материала не всегда удовлетворителен, неудобный порядок слов в предложениях затрудняет понимание смысла и выделение главного. Некоторые фрагменты диссертации сформулированы неудачно. К ним относятся цель работы («Разработка ионно-плазменных методов ... с использованием современных ионно-плазменных методов»), подпись под рисунком 3.4

(Облучение до облучения), «обучение» вместо облучения на странице 78, «флуенс» вместо «флюенс» на многих страницах.

7. Многие сведения повторяются по несколько раз. На страницах 42–43 дважды излагается одна и та же мысль о потере анизотропии структуры, либо аморфизации или изотропной рекристаллизации после ионного облучения. Три раза в одном разделе 4.3.1 предложена непрерывная транспортировка ленты в вакууме. Вряд ли оправдано использование 24-х сокращений в не слишком длинном тексте.

Заключение.

В целом диссертация Аникина В.А. «Модифицирование поверхности углеродного волокна из полиакрилонитрильных волокнистых материалов высокодозным облучением ионами инертных газов» представляет собой законченную научно - квалификационную работу. Постановка задач исследования, методика их реализации, полученные результаты изложены с достаточной степенью подробности. Качество оформления соответствует требованиям к материалам, предназначенным для публикации в научной печати. Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 7 научных международных и всероссийских форумах, опубликованы в 6 печатных работах, в том числе в 3 статьях, опубликованных в рецензируемых научных журналах, которые индексируются в базах данных Web of Science и Scopus и входят в перечень ВАК. Автором получен патент на изобретение. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в научно-исследовательских учреждениях, университетах, средних специальных учебных заведениях и в проектных институтах, связанных с машиностроением, приборостроением и другими отраслями. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают 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 ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Официальный оппонент:

профессор, доктор технических наук, профессор кафедры общей и теоретической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Костромской государственной университет»,

Адрес: 156005, Кострома, ул. Дзержинского, 17, Костромской государственной университет.

Телефон: +7 (4942) 49-80-00, e-mail: belkinp@yandex.ru


11.11.2019

Белкин Павел Николаевич

Подпись Белкина Павла Николаевича удостоверяю:

