

МИНИСТЕРСТВО
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(КНИТУ-КАИ)

К. Маркса ул., д. 10, Казань, 420111
Тел.: (843) 238-41-10 Факс: (843) 236-60-32
E-mail: kai@kai.ru, http://www.kai.ru
ОКПО 02069616, ОГРН 1021602835275
ИНН/КПП 1654003114/165501001

06.11.24 № 0612.1-26-3-6561
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной и инновационной
деятельности ФГБОУ ВО «Казанский
национальный исследовательский
технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»

доктор технических наук, доцент

Виталий Михайлович Бабушкин

« 6 »

2024 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ» на диссертационную работу
Галлямовой Риды Фадисовны на тему «Упрочнение углеалюминиевых
композитов на основе нанесения барьерных покрытий на углеродные волокна
с использованием золь-гель технологии», представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение
(технические науки)

1. Актуальность темы выполненной работы

Диссертационная работа Галлямовой Риды Фадисовны посвящена
решению актуальной научно-технической задачи по упрочнению композитов с
алюминиевой матрицей, армированных углеродными волокнами посредством
нанесения барьерных покрытий на волокна.

Известно, что основной проблемой при получении металломатричных
композитов на основе алюминиевых сплавов является обеспечение
совместимости, как с физической, так и с химической стороны матрицы и
армирующего компонента, от которого зависят эксплуатационные свойства
материала. В представленной работе предлагается использование оксидных
покрытий, защищающие армирующие волокна от химического взаимодействия
с расплавом матрицы. Разработка такого рода барьерных покрытий позволит
раскрыть потенциал механических характеристик армирующих волокон в
сочетании с механическими свойствами металлической матрицы. Данная

задача позволит расширить температурный диапазон (для полимерных связующих обычно не превышает 250 °С) использования композиционных материалов в ответственных элементах конструкций, применяемых в различных отраслях машиностроения.

2. Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора

Результаты, полученные автором, демонстрируют, что получение барьерных покрытий на углеродных волокнах по золь-гель технологии позволяет предотвращать химическое взаимодействие на границе матрица-волокно и существенно упрочнить металломатричный композиционный материал.

В ходе исследований, был выявлен режим получения сплошных SiO₂-покрытий на поверхности волокон, который обеспечивает высокий барьерный эффект защиты углеродного волокна от химического взаимодействия с алюминиевой матрицей до 700 °С и замедляет окисление волокна.

Применённый метод электрохимического осаждения SiO₂-покрытия на углеродные волокна выявил, что поверхность волокна при плотности тока 7 мА/см² активно покрывается коагулированными частицами, и превышение значения 14 мА/см² перестает влиять на толщину покрытия.

Продemonстрировано повышение предела прочности в углеалюминиевом композите, армированного углеродными волокнами с SiO₂-покрытием, что указывает на снижение химического взаимодействия между матрицей и волокном. По результатам рентгенофазового анализа в два раза снижается образование карбида алюминия.

3. Значимость для производства результатов диссертационных исследований автора

Прикладная сторона диссертационного исследования состоит в том, что разработанный метод электрохимического осаждения покрытий из золь-гель растворов на углеродные волокна был применен при проведении экспериментов в лабораториях УФИХ УФИЦ РАН.

Полученные результаты также нашли широкое применение в процессе подготовки студентов, по направлению подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование» в ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

4. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные соискателем результаты диссертационной работы могут быть использованы в научно-исследовательских организациях и вузах,

занимающихся проблемами материаловедения в нефтегазовой, авиакосмической и других отраслях промышленности. Полученные автором результаты могут быть рекомендованы к использованию в исследовательских организациях, таких как ФГБУН Институт физики твердого тела РАН, НИЦ «Курчатовский институт», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», госкорпорация «Ростех», АО «Композит», а также на предприятиях нефтехимической отрасли.

5. Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 149 страницах машинописного текста, включает введение, пять глав, заключение, список литературы из 150 наименований, содержит 9 таблиц, 73 рисунка и 13 формул.

Во введении кратко обосновывается актуальность работы, представляются научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, цель и задачи исследования.

Первая глава – обзор литературных сведений, включающие работы отечественных и зарубежных ученых. Рассмотрены основные свойства углеродных волокон и методы обработки их поверхности. Также описаны методы получения оксидных покрытий на волокнах и технологии получения композитов с алюминиевой матрицей, армированных углеродными волокнами.

Во второй главе изложены известные и оригинальные методы исследований, использованные при выполнении диссертационной работы. Приведено описание методов нанесения покрытия и получения композитов, а также применяемого оборудования, использованного при выполнении диссертационной работы.

В третьей главе представлены результаты исследований по обработке кислотами и органическими пероксидами поверхности углеродных волокон. Результаты исследований показали, что на поверхности углеродных волокон сформировались функциональные группы, такие как кетонные и карбоксильные. На основании полученных экспериментальных данных, был выбран оптимальный режим, при котором достигаются наибольшие изменения при обработке углеродных волокон, повышающие адгезию покрытия к волокну.

В четвертой главе приведены результаты формирования SiO_2 -покрытий на углеродных волокнах методами погружения в золь и электрохимического осаждения из золя. Соискателем была выполнена серия экспериментов, при котором определялся режим получения покрытий на поверхности волокон методом погружения. Проводились эксперименты по модифицированию золь-гель раствора 1,1-дигидропероксициклогексаном, при котором формируются однородные SiO_2 -покрытия на поверхности волокон.

Приведены результаты исследований по формированию SiO_2 -покрытия на углеродных волокнах методом электрохимического осаждения из золь-гель растворов. Показано влияние параметров электрохимического осаждения на толщину, структуру и химический состав покрытий.

Приведены результаты окислительных свойств покрытых волокон в различных средах до температуры 900 °С.

В пятой главе получены композиционные материалы, армированные углеродными волокнами с барьерным SiO_2 -покрытием. Представлены результаты механических испытаний углеалюминиевых композитов на трехточечный изгиб и проведен фрактографический анализ образцов после испытаний. Прочность образцов с SiO_2 -покрытием почти в два раза выше (предел прочности – 1010 МПа), чем образцов без покрытия.

Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на научных конференциях всероссийского и международного уровней.

Результаты диссертационной работы опубликованы в 30 научных работах, в том числе 3 статьи – в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 12 работ – в рецензируемых журналах, включенных в базы данных Scopus, Web of Science и РИНЦ, получен 1 патент РФ на изобретение.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечены большим объемом выполненных экспериментов с применением современного оборудования и методов анализа.

Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы, оформлен в соответствии с ГОСТ Р 7.011-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления», написан понятно, грамотно. Иллюстративная наполняемость в необходимом объеме подтверждает основную смысловую нагрузку содержания глав диссертации.

6. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к научной специальности 2.6.17. – «Материаловедение» (технические науки). Тема и содержание работы соответствует пунктам специальности: п. 11 – Разработка функциональных покрытий различного назначения и методов управления их свойствами и качеством»; 12 – Разработка физико-химических процессов получения функциональных покрытий на основе новых металлических, неметаллических и композиционных материалов. Установление закономерностей влияния состава, структуры, технологии, а также эксплуатационных и других факторов на свойства функциональных покрытий.

7. Замечания

В качестве замечаний следует отметить:

1. В работе отсутствуют данные о влиянии покрытия на прочность волокон. В пятой главе представлены только прочностные характеристики, полученных композитов. Отсутствуют экспериментальные данные о пластичности композитов.

2. В главе 3 представлены снимки обработанных волокон, сделанные с помощью сканирующего электронного микроскопа. Существенных различий в шероховатости исходных и обработанных волокон не наблюдается. Данные по шероховатости отсутствуют. Хорошо было бы замерить шероховатость поверхности волокон и дополнить данными со сканирующего зондового микроскопа.

3. Не отражено в каких конкретных отраслях будут применяться данные материалы и какие есть ограничения по их использованию. Нет конкретных рекомендаций по применимости данных композитов в качестве функциональных материалов.

4. На некоторых иллюстративных материалах в диссертационной работе не указаны доверительные интервалы.

5. Не конкретизированы технология, обеспечивающее получение углеалюминиевых композитов с наиболее весомыми упруго-прочностными свойствами.

6. Не обоснованы критерии выбора исходных компонентов, применяемых для поверхностной обработки углеродных волокон.

7. По диссертации имеются замечания редакционного характера: в тексте работы встречаются опечатки, синтаксические погрешности

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Галлямовой Р.Ф., а носят рекомендательный характер для будущих исследований соискателя.

8. Заключение

Диссертационная работа Галлямовой Риды Фадисовны является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на современном научно-техническом уровне, в которой представлены новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на формирование барьерных покрытий на углеродных волокнах в металломатричных композитах, предотвращающих образование карбидов на углеродном волокне, которые упрочняют композит вследствие существенного замедления деградации его структуры.

Диссертационная работа Галлямовой Р.Ф. на тему «Упрочнение

углеалюминиевых композитов на основе нанесения барьерных покрытий на углеродные волокна с использованием золь-гель технологии» отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание степени кандидата технических наук.

Соискатель Галлямова Рида Фадисовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. – «Материаловедение» (технические науки).

Доклад соискателя был заслушан и обсужден на заседании кафедры материаловедения, сварки и производственной безопасности ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», протокол №11 от 6 ноября 2024 г.

Заведующий кафедрой «Материаловедение

сварка и производственная безопасность»,

д.т.н., профессор



Э. Р. Галимов

« 6 » ноября 2024 г.

Подпись _____ заверяю

ФИО полностью

подпись

Подпись 
заверяю. Начальник управления
делопроизводства и контроля



Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,

почтовый адрес:

420111, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

тел.: 8(843)231-97-60

e-mail: kstu-material@mail.ru

Сведения о подписанте:

Галимов Энгель Рафикович, доктор технических наук (специальность: 02.00.16 – Химия и технология композиционных материалов), профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение, сварка и производственная безопасность» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»