

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Володиной Полины Андреевны
на тему: «Разработка способа получения и исследование свойств алюмоматричного
радиационно-защитного материала, армированного W-, B-, C-, Zr- содержащими
порошками», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»,
состоявшейся в НИТУ МИСИС 29.10.2024 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС
24.06.2024 г., протокол № 21.

Диссертация выполнена на кафедре цветных металлов и золота НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – кандидат технических наук Божко Галина Геннадьевна,
доцент кафедры цветных металлов и золота НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС
(протокол № 21 от 24.06.2024) в составе:

1. Еремеева Жанна Владимировна – д.т.н., профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Тарасов Вадим Петрович – д.т.н., заведующий кафедрой цветных металлов и золота НИТУ МИСИС;
3. Богатырева Елена Владимировна – д.т.н., профессор кафедры цветных металлов и золота НИТУ МИСИС;
4. Курганова Юлия Анатольевна – д.т.н., профессор кафедры материаловедения МГТУ им. Н.Э. Баумана;
5. Чижевская Светлана Владимировна – д.х.н., профессор кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (ФГОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»).

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

методом инфильтрации порошковых смесей B_4C-W и B_4C-WO_3 расплавом алюминия под давлением **получены** композиционные материалы составов $28,6Al-11,2B_4C-$

60,2W и 39,1Al-20,4B₄C-40,5WO₃ (масс. %) с равномерно распределенными армирующими компонентами B₄C и W, соотношение которых обеспечивает предел прочности при сжатии (σ_b) в интервале 116 - 162 МПа, твердость 51- 70 НВ, плотность 2,9 – 5,4 г/см³. При этом расчетное значение толщины изделия (L) для ослабления потока тепловых нейтронов с энергией 0,025 МэВ составляет L=0,8 см и для гамма-излучения с энергией 0,6 МэВ – L=1,8 см;

с помощью холодной прокатки и последующего спекания **разработаны** гибкие радиационно-защитные материалы на основе алюминиевой оболочки, наполненной механически активированными порошками составов 89,2W-10,8B; 87W-13B; 27,8Al-59,2W-7,2B-5,8C; 34,0Al-56,8W-6,9B-1,3Zr-1,0C (масс.%), обладающие прочностью при растяжении (σ_b) выше 125 МПа и плотностью менее 6,0 г/см³. При этом расчетное значение толщины ленты для ослабления потока тепловых нейтронов с энергией 0,025 МэВ составило L=3,1 см и для гамма-излучения с энергией 0,6 МэВ – L=1,4 см;

установлена зависимость между продолжительностью механической активации (МА) порошков в системах Al-W-B-C и Al-W-B-Zr-C и величиной перегрева материалов, что позволило найти оптимальное время, равное 80 мин МА;

выявлено, что нейтронно-поглощающая способность материалов достигает 99,99999 % при толщине ленты (L) от 0,7 до 3,1 см с содержанием бора в ней от 25,7 до 5,1 об.%, соответственно, а гамма-поглощающая способность материалов достигается 99,9998 % при толщине ленты (L) от 0,8 до 3,0 см с содержанием в ней вольфрама от 60,2 до 27,8 масс.%, соответственно.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

сформулированы основные требования к армированным алюмоматричным радиационно-защитным композиционным материалам;

изучены особенности инфильтрации порошковых смесей B₄C-W и B₄C-WO₃ расплавом алюминия под давлением с принудительной направленной кристаллизацией и доказано, что физико-механические свойства алюмоматричных композитов Al-B₄C-W и Al-C-WO₃ соответствуют требованиям, предъявляемым к радиационно-защитным материалам;

обнаружено, что в алюмоматричных композитах состава (об.%) 57,2Al-25,9B₄C-16,9W армирующие частицы распределены равномерно по всему объему материала без образования крупных дефектов и следов химического взаимодействия на границе раздела «матрица - армирующая частица», а в композитах 54,4Al-33,0B₄C-12,6WO₃ происходит частичное алюмотермическое восстановление WO₃ с образованием W с Al₂O₃;

алюмоматричных композиционных материалов в системах Al-W-B, Al-W-B-C, Al-W-B-Zr-

установлено положительное влияние механической активации армирующей смеси порошков на качество и физико-механические свойства холоднокатаных алюмоматричных гибких полос.

В основу проведенных автором научных исследований **положен системный подход** с использованием современных физико-химических методов исследования, математических методов обработки и анализа результатов экспериментов. **Выявленные автором** особенности структуры радиационно-защитных композиционных материалов, полученных в процессе инфильтрации и холодной прокатки, **подтверждают** многогранность процессов на различных уровнях структурной иерархии.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики **подтверждается тем, что:**

разработан эффективный способ получения образцов из радиационно-защитных алюмоматричных композиционных материалов с равномерным распределением армирующих компонентов и требуемым уровнем прочностных и функциональных свойств, включающий операции перемешивания порошков W, WO₃, B₄C, формования брикетов, нагрева до 1000 °С и инфильтрации расплавленным алюминием под давлением 8-10 МПа;

определены технологические режимы получения образцов из радиационно-защитных материалов при использовании механоактивированных порошковых смесей Al-Al-W-B-C, Al-W-B-Zr-C путем холодной прокатки. Достигнутые свойства позволяют рекомендовать разработанные алюмоматричные композиционные материалы к применению в качестве конструкционного материала для защиты персонала и оборудования от радиационного воздействия;

результаты исследований подтверждены испытаниями в ООО «Наноком», г. Москва, где методами инфильтрации под давлением и холодной прокатки изготовлены опытные партии армированных алюмоматричных композитов;

результаты практической значимости предложенных в диссертации способов подтверждаются патентом РФ № 2776244 от 22.06.2021 «Способ получения композиционного материала и изделия из него».

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:

Достоверность полученных результатов **основывается** на комплексном подходе к исследованию структуры и свойств радиационно-защитных материалов на основе алюминия, заключающемся в применении современных **методик**, логичности теоретических рассуждений, базирующихся на установленных положениях теории

инфильтрации и физики твердого тела. О достоверности результатов свидетельствует апробация в производственных условиях, а также соответствие теоретическим и прикладным основам.

Личный вклад соискателя состоит в обоснованности задачи исследования, выборе путей её решения, обработке данных, анализе результатов, обобщении полученных закономерностей, формулировании выводов, подготовке статей в научных изданиях, документов по защите результатов интеллектуальной деятельности, технической документации. Все экспериментальные результаты по инфильтрации и прокатке радиационно-защитных образцов, подбору технологических параметров спекания и теоретические выводы, приведенные в диссертации, получены самим автором или при его непосредственном участии. Автор лично принимал участие при внедрении результатов диссертации на опытном участке ООО «Наноком», г. Москва.

Соискатель представила 15 печатных работ, из которых 3 статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, 11 тезисов докладов в сборниках трудов конференций и 1 патент Российской Федерации.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Володиной Полины Андреевны соответствует критериям п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС. Представленная диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения по получению радиационно-защитных алюмоматричных материалов, армированных W-, В-, С-, Zr-содержащими порошками.

Диссертационная работа Володиной П.А. содержит научно-обоснованные технологические решения, которые вносят значительный вклад в развитие теории инфильтрации радиационно-защитных материалов и формировании изделий из механически активированных материалов. Диссертация выполнена на высоком научном уровне, обладает внутренним единством, выводы и рекомендации достоверны и убедительны, результаты работы имеют теоретическую ценность и практическую значимость.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Володиной Полине Андреевне ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 — «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовали: за - 5, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель Экспертной комиссии



Ж.В. Еремеева

29.10.2024 г.