

«УТВЕРЖДАЮ»



Первый проректор

Н.И. Прокопов

09 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», кафедра химии и технологии редких элементов им. К.А. Большакова

на диссертационную работу Володиной Полины Андреевны на тему:
«Разработка способа получения и исследование свойств алюмоматричного радиационно-защитного материала, армированного W-, В-, С-, Zr-содержащими порошками», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Диссертационная работа Володиной П.А. посвящена разработке радиационно-защитного материала с алюминиевой матрицей, армированной порошками W, В, С и Zr. Исследуемый материал получали двумя способами: инфильтрацией расплавленным алюминием под давлением в порошковую матрицу и холодной прокаткой алюминиевой оболочки, наполненной механически активированными смесями исследуемых порошков. В полученных материалах исследовались фазовый состав, микроструктуры и физико-механические свойства композиционных материалов.

Актуальность темы

С постоянным развитием и расширением областей применения современных энергетических установок, при работе с которыми возможно испускание ионизирующего излучения, возрастает актуальность в создании радиационно-защитных материалов, способных к ослаблению нескольких видов ионизирующих излучений. Одним из перспективных направлений является разработка и изготовление облегченных материалов на основе алюминия, армированного различными наполнителями, которые придают конечному материалу требуемые прочностные и радиационно-защитные свойства.

В диссертационной работе предложен состав, разработан способ и режимы получения алюмоматричного материала, армированного бор- и

вольфрам содержащими порошками методом, объединяющим преимущества порошковой и жидкофазной технологии. Расширение областей применения разрабатываемого материала возможно интегрированием его в несущую конструкцию готовых изделий различного назначения и конфигурации.

Предложенный в работе способ получения гибких радиационно-защитных изделий методом холодной прокатки алюминиевых заготовок, заполненных смесями механоактивированных порошков W, B, C, Zr и Al, позволит достичь заданного уровня защиты персонала и оборудования от нейтронного- и гамма-излучения при снижении экономических затрат на получение и внедрение в условиях металлургического предприятия. Одновременно решается проблема снижения габаритной массы несущих конструкций за счёт применения единого конструкционно-защитного алюмоматричного композиционного материала.

Цель работы заключается в разработке способа получения алюмоматричного радиационно-защитного материала, армированного W-, B-, C-, Zr- содержащими порошками, более эффективного по технологическим и экономическим показателям, чем существующие в настоящее время.

Научная новизна диссертационного исследования

В представленной работе Володиной П.А. получен ряд научных результатов, направленных на развитие промышленного производства радиационно-защитных материалов.

В диссертационной работе разработан метод получения защитного материала инфильтрацией алюминия под давлением в порошковые смеси систем B_4C-W и B_4C-WO_3 . Полученные материалы состава Al-11,2 B_4C -60,2W и Al-20,4 B_4C -40,5 WO_3 (масс.%) по прочности, твердости и плотности соответствует требованиям, предъявляемым к материалам данного класса. Расчетное значение толщины изделия обеспечит ослабление потока тепловых нейтронов с энергией 0,025 МэВ и ослабление гамма-излучения с энергией 0,6 МэВ.

В развитие темы в диссертационной работе разработан второй способ получения радиационно-защитного материала в виде гибких лент, состоящих из алюминиевой оболочки, наполненной механически активированными смесями порошков W, B, Zr, C, Al, соотношение которых: 89,2W-10,8B; 87,0W-13B; 27,8Al-59,2W-7,2B-5,8C; 34,0Al-56,8W-6,9B-1,3Zr-1,0C (масс.%) обеспечивает необходимую прочность и плотность. Использование предварительной механической активации позволяет вести процесс без дополнительного нагрева и обеспечивает полную плакировку компонентов. Расчетное значение толщины ленты обеспечит ослабление потока тепловых нейтронов с энергией 0,025 МэВ и ослабление гамма-излучения с энергией 0,6 МэВ.

В зависимости от интенсивности излучения и степени необходимой защиты от нейтронного или гамма-излучения, возможен подбор толщины и состава композиционного материала.

Практическая значимость

Диссертационная работа Володиной П.А. имеет важный практический интерес, т.к. предложены более эффективные способы получения радиационно-защитных алюмоматричных материалов по сравнению с существующими в настоящее время. Предложен и исследован состав композиционных материалов, в которых соотношение армирующих компонентов обеспечивает требуемые физико-механические свойства.

В работе предложен способ инфильтрации под давлением и состав защитного материала с объемным содержанием армирующих компонентов W, WO₃, B₄C, от 35 % до 45 %, обеспечивающий равномерное распределение порошков в материалах и прочностные характеристики.

Использование механоактивации для смесей системы W-B, Al-B-W, Al-B-W-C и Al-B-W-Zr-C определенного соотношения позволило получать радиационно-защитные материалы способом холодной прокатки в виде гибких бездефектных композиционных полос с требуемыми прочностными характеристиками.

Практическое значение предложенных в диссертации способов подтверждается патентом РФ № 2776244 от 22.06.2021 «Способ получения композиционного материала и изделия из него».

Возможность промышленного производства радиационно-защитных материалов инфильтрацией под давлением и холодной прокаткой также подтверждаются испытаниями на ООО «Наноком» (г. Москва), в результате которых получена опытная партия изделий в соответствии с оптимальными технологическими режимами из материалов системы Al-B₄C-W, Al-B₄C-WO₃, Al-B-W-C, Al-B-W, Al-B-W-Zr-C и определены основные физико-механические характеристики.

Структура и основное содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, в которых представлены результаты исследований с вытекающими из них выводами.

Во введении представлена общая характеристика работы, актуальность выбранной темы, основные цели и задачи, отмечается научная и практическая значимость полученных результатов, а также положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор опубликованных работ по защите от ионизирующих излучений, критериям выбора компонентов при разработке радиационно-защитных материалов. Проведен анализ существующих радиационно-защитных материалов, а также способов их получения в порошковой металлургии (вакуумное спекание, горячая прокатка, НР, сендвич-технология, экструзия) и в жидкофазной технологии (замешивание компонентов в расплав).

Для разработки облегченных радиационно-защитных материалов в качестве несущей матрицы был выбран алюминий, а в качестве армирующих компонентов для защиты от нейтронного и гамма-излучения - бор, вольфрам или их карбиды (B_4C , WC), оксид вольфрама (WO_3), бориды вольфрама при условии их совместного использования.

Анализ существующих способов получения защитных материалов позволил определить перспективное направление в усовершенствовании процесса за счет проведения предварительной механической активации исходных компонентов.

Во второй главе представлены исследования по получению радиационно-защитного материала систем $Al-B_4C-WO_3$ и $Al-B_4C-W$ способом инфильтрации под давлением. Разработаны режимы получения образцов композиционного материала: высота засыпки порошковой заготовки, объемное соотношение порошковой заготовки к матрице, температура разогрева пресс-формы, температура нагрева алюминия, давление инфильтрации, продолжительность инфильтрации. Исследована структура, фазовый состав и основные механические свойства полученных материалов. Автором, по результатам проведенных испытаний, установлены оптимальные режимы получения композиционных материалов с требуемыми физико-механическими характеристиками.

По результатам исследований сделан вывод, что по плотности и механическим характеристикам полученные инфильтрацией материалы могут быть рекомендованы для использования их в качестве конструкционного материала для радиационной защиты персонала и оборудования.

В третьей главе представлены исследования по использованию предварительной механической активации исходных порошковых компонентов для интенсификации процесса получения радиационно-защитных материалов.

В главе приведена характеристика используемых материалов и объектов исследования, представлено оборудование для проведения механической активации и схема экспериментальной установки, методики исследований и результаты рентгенофазового анализа исходных и механоактивированных порошков после нагрева.

Используя анализ научных работ по механоактивации порошковых смесей, Володина П.А. получила материалы, обладающие ультравысокой дефектностью кристаллической структуры и высоким потенциалом к экзотермическим реакциям. В ходе исследований был выявлен эффект перегрева механически активированных элементарных порошков W , B и смесей систем $W-B$, $Al-B-C$, $Al-W-B-C$, $Al-W-B-Zr-C$ при их последующем нагреве. Автором установлен критерий определения оптимальной продолжительности механической обработки исходных порошков по степени перегрева материала. В результате исследований установлено оптимальное время механоактивации для порошков W , B , а также порошковых смесей $Al-B-Zr-C$, $Al-W-B-C$ и $Al-W-B-Zr-C$, что позволит исключить излишнее

механическое воздействие на порошки и снизить энергетические затраты на технологический процесс в целом.

Использование предварительной механоактивации порошковых смесей дало возможность в дальнейшем получить гибкие и легкие радиационно-защитные материалы способом холодной прокатки, т.е. перейти к процессам, не требующих затрат на высокотемпературный нагрев материалов.

В четвертой главе Володина П.А. приводит результаты исследований по изготовлению опытных образцов радиационно-защитных материалов способом холодной прокатки из механически активированных смесей системы Al-B-W, Al-B-W-C и Al-B-W-C-Zr установленного массового состава, помещенных в алюминиевую оболочку. Соискателем были исследованы структура, фазовый состав и основные механические свойства полученных материалов. В результате испытаний установлены оптимальные режимы процесса холодной прокатки образцов с требуемым содержанием армирующих компонентов, что обеспечит радиационно-защитные свойства и прочностные характеристики получаемых изделий. Результаты исследований подтвердили положительное влияние предварительной механической активации армирующих смесей на механические свойства композиционных материалов, полученных методом прокатки.

В пятой главе автором работы представлены расчеты по оценке нейтронно- и гамма-поглощающей способности исследуемых в работе композиционных материалов, полученных из порошков W, B, Zr, C и алюминиевой матрицы в зависимости от толщины защитного слоя и их состава. Максимальная нейтронно-поглощающая способность материалов составляет 99,99999 %, а максимальная гамма-поглощающая способность - 99,9998 %. Расчеты подтверждают возможность использования предлагаемых порошков в качестве защиты от данного вида излучений.

Полученные результаты соответствуют цели и задачам диссертационной работы, автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

Достоверность результатов в представленной работе обеспечена применением современных методов исследования (рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия), взаимно подтверждающих полученные данные.

Результаты работы могут быть рекомендованы для изучения и внедрения в образовательных и научных организациях: «НИТУ «МИСИС», РХТУ им. Д.И. Менделеева, «МИРЭА – Российский технологический университет», МГТУ им. Н.Э. Баумана, АО «НИКИЭТ», НИЦ «Курчатовский институт», АО «ВНИИХТ», АО «Гиредмет», АО «НИИ НПО «ЛУЧ» и др.

Материалы диссертационной работы полно представлены в 15 опубликованных работах, из которых 2 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК, 1 статья в международных рецензируемых базах, 1 патент РФ

и 11 тезисов, опубликованных в сборниках трудов конференций, двое из которых цитируются в РИНЦ.

Диссертационная работа и автореферат написана грамотным и понятным для широкого круга специалистов языком, оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011, результаты исследований наглядно представлены в виде таблиц и графиков.

По работе имеются следующие замечания:

1 В работе проведен большой объем исследований, однако, в тексте диссертации отсутствует статистический анализ полученных результатов. Проверяться ли в ходе исследований воспроизводимость экспериментов?

2 В диссертации отсутствует химический анализ композиционных материалов, полученных в работе.

3 В главе 3 (стр. 50) в исследованиях по влиянию механоактивации на перегрев порошков, предложены температуры нагрева смесей 450 °С и 1100 °С. Однако не ясно, исходя из чего были выбраны данные температурные режимы?

4 В работе не приведен сравнительный технико-экономический анализ предлагаемых способов получения радиационно-защитных материалов с применяемыми в настоящее время технологиями промышленного получения аналогичных материалов подобного класса.

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку работы Володиной П.А., а полученные в диссертации результаты соответствуют поставленной цели - разработке эффективного способа получения алюмоматричного радиационно-защитного материала, армированного W-, В-, С-, Zr- содержащими порошками.

Заключение

Диссертационная работа Володиной П.А. «Разработка способа получения и исследование свойств алюмоматричного радиационно-защитного материала, армированного W-, В-, С-, Zr- содержащими порошками» представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения поставленной задачи и по своему содержанию соответствует **паспорту специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».**

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Володина Полина Андреевна, заслуживает присуждения ей

ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Отзыв рассмотрен, обсужден и одобрен на заседании кафедры химии и технологии редких элементов им. К.А. Большакова ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет». На заседании присутствовало 9 чел. Результаты голосования: «за» - 9 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 2 от 04.09.2024 г.

Отзыв подготовлен: заведующим кафедрой химии и технологии редких элементов им. К.А. Большакова, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», доктор технических наук (05.17.02– технология редких и радиоактивных элементов), профессор, dyachenko@mirea.ru

А.Н. Дьяченко

«Подпись А.Н. Дьяченко удостоверяю»

Первый проректор «МИРЭА – Российский технологический университет»

Н.И. Прокопов

Сведения о ведущей организации

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», 119534, г. Москва, Пр-т Вернадского, д. 78
+7(499)600-80-80, rector@mirea.ru

