

Ученому секретарю
диссертационного совета Д 212.092.01
Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Комсомольский-на-
Амуре государственный университет»,
681013, г. Комсомольск-на-Амуре,
пр. Ленина, 27

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Кима Евгения Давидовича
«Получение методом СВС-металлургии новых металломатричных сплавов
и электродных материалов для электроискрового легирования»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении)

1. Структура и основное содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и списка литературы. Работа изложена на 177 листах машинописного текста, включая 47 рисунков и 36 таблиц, 158 наименований источников. По теме диссертационной работы опубликованы 28 печатных работ, в том числе 6 статей в рецензируемых изданиях из Перечня ВАК РФ, 9 статей в рецензируемых изданиях, индексируемых в международных библиографических базах, получены 2 патента на изобретение РФ в соавторстве.

2. Актуальность темы диссертационной работы.

Интенсивное развитие современных технологий выдвигает на первый план фундаментальные задачи создания материалов нового поколения, способных обеспечить увеличение срока службы деталей машин в экстремальных условиях. Алюминиды никеля с композитной структурой в последние годы привлекли к себе большое внимание исследователей, поскольку такие материалы обладают повышенной термической стабильностью за счет образования в их структуре тугоплавких термодинамически стабильных фаз внедрения. Широкий выбор составов армирующих фаз (термодинамически стабильных оксидов, боридов и карбидов) дает возможность получать различные материалы с комплексом заданных свойств и эксплуатационных характеристик. В частности, во

многих недавних работах сообщается о синтезе алюминидов никеля Ni-Al, армированных карбидами или боридами переходных металлов NiAl-NbC, NiAl-TiC, NiAl-TiB₂ и др.

Проблема получения алюминидов никеля и композитов на их основе в настоящее время решается с использованием, в основном, традиционных литейных технологий и методов порошковой металлургии, которые характеризуются многоступенчатым технологическим циклом и высокой стоимостью. Значительные перспективы получения композиционных материалов открываются при использовании самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС-металлургия). СВС-процессы синтеза композитов основаны на способности смесей определенных прекурсоров после локального инициирования реакции взаимодействовать с высокой экзотермичностью в режиме самораспространения, что сопровождается образованием эндогенных армирующих соединений.

В этой связи представленная диссертационная работа, посвященная разработке технологий получения комплексно-легированных алюминидов никеля и металломатричных композитов, выполнена на актуальную тему. Перспективным представляется предложенный в работе метод одновременного алюмотермического восстановления оксидов различных металлов (Ni, W, Mo, Cr, V, Zr и др.), включая минеральных концентратов (шеелитового и бадделеитового) с применением СВС-металлургии, что позволит получать комплексно-легированные алюминиды никеля и непрерывные твердые растворы, в том числе содержащие интерметаллидные соединения, что в свою очередь существенно упростит технологию и снизит себестоимость получения новых высокотемпературных материалов, перспективных для энергетики, авиа- и автомобилестроения.

3. Научная новизна диссертационной работы и значимость результатов проведенных исследований:

Наиболее значимыми научными результатами, обладающими новизной, можно считать следующие положения:

- Установлены и научно обоснованы закономерности формирования структурных составляющих цирконий-вольфрамсодержащего алюмоматричного сплава Al-Zr-W с использованием бадделеитового и шеелитового концентратов Дальневосточного региона методом СВС-металлургии. Дана термодинамическая оценка и выполнен термический анализ реакций синтеза композиционного материала.

- Методами рентгенофазового и микрорентгеноспектрального анализов элементов идентифицированы интерметаллидные фазы Al₃Zr и

Al_4W с микротвердостью 5800...6400 МПа и 3960...5430 МПа соответственно; кроме этих фаз в структуре идентифицированы нитрид циркония ZrN с микротвердостью 23500...27200 МПа, алюминид Zr с Si $\text{Al}_3(\text{Si},\text{Zr})$ и эвтектика переменного состава по содержанию Si , Mn , Zr ; микротвердость эвтектики колеблется от 1000 до 1800 МПа. По заданной технологии можно получить сплавы системы Al-Zr-W с заданными структурными составляющими при использовании минеральных концентратов – бадделеита и шеелита.

- Получены новые результаты по влиянию циркония на структурообразование, характер распределения элементов и свойства сплава Al-Ni , полученного из шихты состава, мас. %: 51 NiO ; 23,5 Al ; 20 CaF_2 и 6,5 NaNO_3 . Идентифицированы структурные составляющие в сплавах Al-Ni-Zr . На основании проведенных исследований получены алюмоматричные сплавы со структурой Al_3Ni и Al_3Ni_2 с упрочняющими фазами алюминидов и цирконидов. Установлена связь между микротвердостью и характером распределения элементов в структурных составляющих сплавов Al-Ni-Zr и даны научные обоснования полученным зависимостям.

- Установлены и научно обоснованы закономерности изменения кинетики эрозии анодных материалов из сплавов Al-Ni-Zr с различными содержаниями циркония и привеса катода стали 45, распределения элементов по сечению покрытий, микротвердости и износостойкости легированного слоя, полученного при ЭИЛ в режимах обработки ($t_{\text{ск}}/t_{\text{р}} = 50/40$ и $25/80$) в аргоне и на воздухе.

4. Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы.

Достоверность и обоснованность результатов, представленных в диссертационной работе, обеспечены применением комплекса современных методов исследования: сканирующей электронной микроскопии, термического анализа, термографии, рентгенографии, микрорентгеноспектрального анализа, измерений микротвердости, обработки большого объема полученных экспериментальных данных, а также воспроизводимостью и непротиворечивостью результатов, полученных различными методами. Выводы базируются на современных достижениях теории материаловедения и не противоречат их основным положениям. Результаты экспериментальных исследований подтверждают справедливость проведенного теоретического анализа. Результаты работы опубликованы в рецензируемых источниках и прошли широкую апробацию на международных конференциях во многих городах Российской Федерации.

5. Практическая ценность диссертационной работы и рекомендации по использованию и внедрению ее результатов.

- Разработана технология синтеза цирконий- и вольфрамсодержащего алюмоматричного сплава Al-Zr-W с использованием бадделеитового и шеелитового концентратов Дальневосточного региона методом СВС-металлургии.

- Разработана технология получения комплексно-легированных вольфрамовых сплавов совместным восстановлением шеелитового концентрата и оксидов легирующих элементов (Cr, Cr-Mo, Cr-Mo-V) алюмотермией.

- Разработана технология получения цирконийсодержащих алюмоматричных сплавов Al-Ni-Zr с различными аллюминидами циркония.

- Разработана технология получения комплексно-легированных сплавов Al-Ni-X (X = Cr, Mo, W, V, Ti, PЗМ), состоящих только из непрерывных твердых растворов на основе W, Cr, Mo или только из аллюминидов никеля и других элементов.

- Использование анодных сплавов системы Al-Ni-Zr с 3,52 мас. % Zr для получения покрытия на стали 45 при ЭИЛ позволило повысить микротвердость и износостойкость в 2,8 раз.

- Результаты диссертационной работы используются при чтении лекций и проведении лабораторных работ по курсу «Теоретические и технологические основы синтеза металлических сплавов из минеральных концентратов» для студентов магистратуры по специальности 22.04.02 «Металлургия».

Полученные в работе научно-технические результаты имеют важное прикладное значение и могут быть рекомендованы для использования на промышленных предприятиях, занятых в сфере производства изделий функционального и конструкционного назначения из аллюминидов никеля (предприятия групп РОСКОСМОС, РОСАТОМ и др.). Кроме того, результаты диссертационного исследования Кима Е.Д. могут составить основу для дальнейшего изучения закономерностей изменения структуры и свойств композиционных материалов на основе комплексно-легированных аллюминидов переходных металлов.

6. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности и установленным критериям Положения о присуждении ученых степеней.

По заявленной теме, объекту исследования, методам проведения исследований и полученным результатам диссертационная работа соответствует следующим пунктам области исследования паспорта специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении):

П.1. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий.

П.4. Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

П.10. Разработка покрытий различного назначения (упрочняющих, износостойких и других) и методов управления их качеством.

Текст диссертационной работы оформлен в соответствии с предъявляемыми требованиями, терминология используется по существу и назначению. Содержание автореферата в полной мере отражает структуру, научные результаты и выводы диссертации.

По объему и структуре диссертационная работа Кима Е.Д. соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатской диссертации по заявленной специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

7. Замечания по диссертационной работе:

Диссертация выполнена на высоком научно-методическом уровне. Вместе с тем, по работе имеются следующие замечания:

- В ряде случаев недостаточно подробно описаны методики экспериментальных исследований. В частности, в разделе 2.2 работы не указаны режимы съемки рентгеновских дифрактограмм и применяемые базы данных (картотеки) для расшифровки результатов. Не указан фракционный состав исходных прекурсоров для алюмотермического восстановления (Cr_2O_3 , MoO_3 , V_2O_5 и др.).
- Из представленных материалов не ясно, влияют ли режимы перемешивания (или механической активации) порошковых смесей прекурсоров на состав продуктов СВС-взаимодействия. Проводилась ли оценка влияния этих режимов? Каким образом они выбирались?
- В п. 3 выводов по работе указано: «сплав (мас. %: 5,64 W; 6,46 Mo; 6,6 Cr; 24 Al; 57,3 Ni) должен обладать улучшенным комплексом

механических свойств при сохранении достаточной твердости и износостойкости». Однако в тексте работы не приведено сведений о механических (прочностных) свойствах полученных сплавов.

- В пятой главе не сформулированы перспективные направления применения комплексно-легированных анодных сплавов и рекомендации по их использованию для изготовления изделий конкретной номенклатуры.
- Имеются отдельные недостатки редакционного характера: в тексте диссертации присутствуют опечатки (стр. 20, 42, 75 и др.); встречаются не вполне удачные и некорректные выражения («цирконий диборид», стр. 18; «дали начало материалам», стр. 19; «прямого действия», стр. 38); на рис. 3.1 не подписаны оси координат.

Указанные замечания, часть из которых можно рассматривать как рекомендации по дальнейшим исследованиям, не снижают общую положительную оценку диссертационной работы, не влияют на основные научные и практические результаты и не затрагивают основных положений, вынесенных соискателем на защиту. Работа является актуальной, полученные результаты обладают научной новизной и практической значимостью, обоснованы на современном научном уровне и описывают завершённый цикл исследований.

8. Заключение

Диссертационная работа Кима Евгения Давидовича является самостоятельной, завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научно-практическая задача, связанная с разработкой комплексно-легированных сплавов с использованием минеральных концентратов и оксидных соединений. Содержание диссертации в достаточной степени освещено в научной печати, в том числе в изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ и международные библиографические базы. Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации. Работа оформлена в соответствии с требованиями, установленными Министерством науки и высшего образования РФ.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Получение методом СВС-металлургии новых металломатричных сплавов и электродных материалов для электроискрового легирования» по актуальности решаемых задач, научной новизне и значимости основных положений и выводов, практической ценности достигнутых результатов удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о порядке присуждении ученых

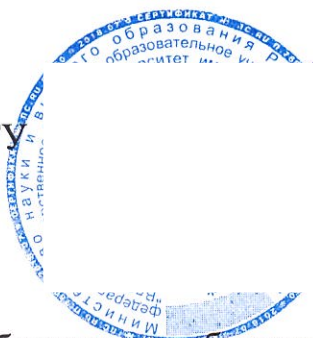
степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Ким Евгений Давидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

Официальный оппонент
заведующий кафедрой
«Технологии
функциональных и
конструкционных
материалов» ФГБОУ
ВО «Владимирский
государственный
университет», доктор
технических наук,
профессор,
заслуженный деятель
науки и техники РФ

Кечин Владимир Андреевич

Подпись Кечина Владимира Андреевича удостоверяю:

Секретарь Ученого Совета ВлГУ



Т.Г. Коннова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ)

Адрес: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87
Тел.: +7 (4922) 47-98-21, E-mail: eprusov@mail.ru

«25» февраля 2021 г.