

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.252.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_;

решение диссертационного совета от 05 декабря 2017 г., протокол № 130

О присуждении Ефимовой Ксении Александровне, гражданство Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование и технологическая реализация процессов боридообразования при плазмометаллургической переработке титаноборсодержащего сырья» по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов принята к защите 03 октября 2017 г., протокол № 124 диссертационным советом Д 212.252.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», Министерство образования и науки Российской Федерации, 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г «О советах по защите докторских и кандидатских диссертаций».

Соискатель Ефимова Ксения Александровна, 1992 года рождения, в 2014 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» по специальности «Metallургия сварочного производства», в 2016 г. окончила магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» по направлению «Metallургия», профиль «Metallургия цветных металлов». В настоящее время работает ассистентом кафедры metallургии цветных металлов и химической технологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет».

Диссертация выполнена на кафедре metallургии цветных металлов и химической технологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Руднева Виктория Владимировна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный

университет», профессор кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии, Почетный работник высшего профессионального образования РФ.

Официальные оппоненты:

1. Ушаков Анатолий Васильевич, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», лаборатория нанодисперсных и композиционных материалов, старший научный сотрудник;

2. Власов Александр Анатольевич, кандидат технических наук, Краевое государственное бюджетное учреждение дополнительного профессионального образования «Центр развития профессионального образования» (г. Красноярск), преподаватель-эксперт

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, в своем положительном заключении, подписанном и утвержденном Коротаевым Владимиром Николаевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по науке и инновациям, указала, что диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Ефимова Ксения Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 4. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 8 п.л., авторский вклад – 4 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Галевский Г.В. Разработка научных и технологических основ плазменного синтеза наноборида титана / Г.В. Галевский, К.А. Ефимова, В.В. Руднева // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Металлургия и материаловедение. – 2015. – №2(219) – С.141 – 150.

2. Галевский Г.В. Моделирование процессов боридо- и карбидообразования при переработке титансодержащего сырья в плазменном реакторе / Г.В. Галевский, В.В. Руднева, А.К. Гарбузова, К.А. Ефимова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Металлургия и материаловедение. – 2016. – №1(238). – С. 90 – 99.

3. Ефимова К.А. Термодинамическое моделирование плазмосинтеза диборида титана / К.А. Ефимова, Г.В. Галевский, В.В. Руднева// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Металлургия и материаловедение. – 2016. – №4(254)– С. 233 – 244.

4. Ефимова К.А. Современное состояние производства диборида титана: оценка, определение доминирующих тенденций и перспектив / К.А. Ефимова, Г.В. Галевский, В.В. Руднева// Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. Metallurgy and materials science – 2017. – №2 – С 144-158.

На диссертацию и автореферат поступило 13 отзывов, все отзывы положительные:

без замечаний: д.т.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории экологических проблем теплоэнергетики ФГБУН «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук» Анышакова А.С.;

с замечаниями: Заслуженного работника высшей школы РФ, д.т.н., профессора Медведева А.С., профессора кафедры металлургии цветных металлов и золота ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов»» (из содержания автореферата неясно, производят ли в России нанокристаллический диборид титана. Если да, то конкурентоспособен ли  $TiB_2$ , полученный по разработанной технологии, на российском рынке наноматериалов? Было бы неплохо провести сравнение технико-экономических показателей базовой технологии получения  $TiB_2$  и разработанной.); д.т.н., профессора Кондратьева С.Ю., профессора кафедры технологии и исследования материалов ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (1. Не ясно, учитывает ли разработанная модель боридообразования возможность укрупнения наночастиц в условиях плазменного потока? 2. Температура плазменного потока изменяется в диапазоне 5400-2600 К. Каким способом определяется эта температура в условиях плазменного реактора?); к.т.н., доцента Павлова С.Ф., заместителя директора департамента производственного планирования и оперативного управления ООО «УК Мечел-Сталь» (на странице 17 автореферата указано, что при введении в никелевую матрицу диборида титана, формируются покрытия, по коррозионной стойкости превосходящие обычные никелевые покрытия в 12 раз. Чем это обусловлено?); Заслуженного работника высшей школы РФ, д.т.н., профессора Спирина Н.А., заведующего кафедрой теплофизики и информатики в металлургии Института новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Заслуженного деятеля науки и техники РФ, д.т.н., профессора Ярошенко Ю.Г., профессора кафедры теплофизики и информатики в металлургии Института новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», д.т.н. Лаврова В.В., профессора кафедры теплофизики и информатики в металлургии Института новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» (1. Чем определяется ресурс работы

плазмометаллургического реактора?; 2. Какие виды теплообмена учитывались при моделировании взаимодействия плазменного и сырьевого потоков?); д.т.н., профессора Коновалова С.В., заведующего кафедрой технологии металлов и авиационного материаловедения ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королёва» (Самарский университет) (1. Не указана степень чистоты полученного нанокристаллического диборида титана; 2. Не исследованы технологические свойства полученного материала; 3. Не показаны численные значения свойств коммерческих аналогов, которые можно приобрести на рынке.); д.т.н., доцента Гизатулина Р.А., профессора кафедры металлургии чёрных металлов Юргинского технологического института (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (1. Предлагается плазмометаллургическая технология производства диборида титана в трехструйном реакторе мощностью 150 кВт. Почему выбран данный уровень мощности? 2. Процессы боридообразования (стр. 11) реализуются в футерованном диоксидом циркония реакторе. Как выполнялась футеровка и каково ее назначение в данном процессе?); д.т.н., профессора Немчиновой Н.В., заведующей кафедрой металлургии цветных металлов ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (1. Чем обусловлен желаемый уровень цены на диборид титана, включенный в техническое предложение для ООО «Инженерно-технологический центр ОК «РУСАЛ»» (с. 17)? 2. Применимы ли установленные особенности боридообразования в плазмометаллургическом реакторе к другим боридообразующим системам, с участием, например, вольфрама, циркония?); к.т.н., доцента Никифоровой Э.М., доцента кафедры композиционных материалов и физико-химии металлургических процессов ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (1. Почему при выборе плазмообразующего газа предпочтение отдано азоту? 2) Почему при проведении экспериментального исследования отдано предпочтение методу математического планирования эксперимента (стр. 12)?); к.т.н. Прошунина И.Е., начальника Управления по качеству АО «Евраз Объединенный Западно - Сибирский металлургический комбинат» (Отмечая образование мелкозернистой структуры композиционных покрытий с нанодисперсной фазой, не приводятся возможные причины измельчения никелевого зерна (стр. 17).); Заслуженного работника высшей школы РФ, д.х.н., профессора Удалова Ю.П., профессора кафедры общей химической технологии и катализа ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» (1. Из текста неясно, как оценивалось влияние массовой расходной концентрации частиц на степень их испарения (стр. 10); 2. Отсутствует сравнение экономических показателей производства и использования диборида титана с

аналогичными материалами.); Заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессора Волокитина Г.Г., заведующего кафедрой прикладной механики и материаловедения ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» (Как влияют продукты эрозии электродов плазмотронов на химический состав диборида титана?); д.ф.-м.н., профессора Черепанова А.Н., главного научного сотрудника лаборатории термомеханики и прочности новых материалов ФГБУН «Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского Отделения РАН» (Хотелось бы обратить внимание диссертанта на важность разработки новых способов определения и контроля температуры для изучения струйных плазменных процессов и эффективного управления ими.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что, согласно пунктов 22-24 Положения о присуждении ученых степеней, официальные оппоненты являются компетентными учеными в области металлургии, имеют публикации в области исследований высокотемпературных процессов, и дали свое согласие на оппонирование диссертации; ведущая организация широко известна своими достижениями в области технологии и исследовании свойств композиционных материалов и способна определить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная идея реализации процессов боридообразования в условиях плазменного потока, позволяющая выявить принципиально новые закономерности их протекания в непрерывном режиме;

предложены новые научные и технологические подходы к исследованию процессов боридообразования, протекающих при плазмометаллургической переработке сырья;

доказана эффективность предложенных научных и технологических подходов к исследованию процессов плазмометаллургического получения диборида титана; введены новые представления о физико-химических свойствах диборида титана в нанокристаллическом состоянии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны гипотетические представления о закономерностях и механизме процессов боридообразования, протекающих при переработке титан-борсодержащей шихты в условиях плазменного потока, что имеет большое значение для металлургии многофункциональных соединений титана;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс базовых методов исследования, в том числе математическое и термодинамическое моделирование, метод математического планирования эксперимента, химический и физико-химический анализы продуктов плазмообработки;

изложены для исследуемых технологических вариантов получения  $TiB_2$  представления о закономерностях изменения с температурой составов газообразных и конденсированных продуктов боридообразования, условий эффективной газификации порошкообразного титан-борсодержащего сырья и условий образования  $TiB_2$  в различных реакционных средах;

раскрыты особенности управления фазовым и химическим составом  $TiB_2$ ;

изучены зависимость содержания диборида титана в продуктах плазмообработки от основных технологических факторов: соотношение компонентов шихты, состав газовой фазы и температура;

проведена модернизация блока «Боридообразование», существующих математических моделей плазменных процессов боридообразования, а также впервые в модель введен блок «Плазмогенерация».

Значение полученных соискателем Ефимовой К.А. результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан и передан для внедрения ООО «Полимет» непрерывный технологический процесс получения диборида титана в плазмометаллургическом реакторе мощностью 150 кВт;

определены условия и эффективность применения диборида титана в составе композиционных защитных покрытий;

создана комплексная многофакторная модель непрерывного технологического процесса получения диборида титана в условиях плазмометаллургического реактора и компьютерная программа для исследовательских и инженерные расчетов параметров эффективной переработки различных видов титансодержащего сырья;

представлены технические решения и предложения по применению диборида титана для получения коррозионностойких покрытий ( $Ni-TiB_2$ ) на стальных изделиях в условиях ООО «Полимет» и в составе смачиваемых алюминием покрытий  $TiB_2-Al_2O_3$  для защиты катодов электролизеров в условиях ООО «ИТЦ ОК «РУСАЛ».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

теория построена на известных положениях химической кинетики об интенсификации технологических процессов при проведении их в газовой фазе;

идея базируется на применении плазменного нагрева в металлургии диборида титана для интенсификации процессов и получении диборида титана в нанокристаллическом состоянии;

использовано сравнение авторских данных с данными, полученными ранее при исследовании процессов плазмообработки хром-борсодержащего сырья;



установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике; использованы современные программные пакеты для методики сбора и обработки полученной информации.

Личный вклад соискателя состоит во включенном участии на всех этапах процесса, непосредственном участии в получении исходных данных и научных экспериментах, личном участии в апробации результатов исследования, обработке и интерпретации экспериментальных данных, полученных при участии автора, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация соискателя Ефимовой К.А. «Исследование и технологическая реализация процессов боридообразования при плазмометаллургической переработке титан-борсодержащего сырья» является законченной научно-исследовательской работой, в которой изложены новые научные разработки и технологические решения, имеющие существенное значение для развития металлургии многофункциональных соединений титана. Работа соответствует требованиям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней».

На заседании 05 декабря 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Ефимовой К.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов», участвующих в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 18, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного  
совета, д.т.н., профессор

Протопопов Евгений Валентинович

Ученый секретарь диссертационного  
совета, д.т.н., профессор

Нохрина Ольга Ивановна

05 декабря 2017 г.