

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.01 (Д 212.298.01),
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.12.2021 г. № 44

О присуждении Рязанову Андрею Геннадьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Технологические основы микроволнового прокаливания цинксодержащих материалов» по специальности 2.6.2 (05.16.02) "Металлургия черных, цветных и редких металлов" принята к защите 27.10.2021 (протокол № 44П) диссертационным советом 24.2.437.01 (Д 212.298.01), созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)») Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76, утвержденный приказом № 105/НК от 11.04.2012 г.

Соискатель Рязанов Андрей Геннадьевич, 10 января 1994 года рождения. В 2017 г. А.Г. Рязанов окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению 22.04.02 «Металлургия». В 2021 г. окончил очную

аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» на кафедре материаловедения и физико-химии материалов по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов».

В настоящее время Рязанов А.Г. работает в должности ведущего инженера-технолога бюро реконструкции и новой техники инженерного центра АО «Челябинский цинковый завод».

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения и физико-химии материалов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, профессор и старший научный сотрудник кафедры материаловедения физико-химии материалов ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» Михайлов Геннадий Георгиевич.

Официальные оппоненты:

Колесников Александр Васильевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой аналитической и физической химии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»), г. Челябинск.

Пахомов Роман Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории пирометаллургии департамента по исследованиям и разработкам ООО «Институт Гипроникель», г. Санкт-Петербург.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное учреждение

науки Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук (ИМЕТ УрО РАН), г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном руководителем отдела цветной металлургии ИМЕТ УрО РАН, кандидатом технических наук Удоевой Людмилой Юрьевной, заведующим лабораторией пирометаллургии цветных металлов ИМЕТ УрО РАН, кандидатом технических наук Тюшняковым Станиславом Николаевичем и старшим научным сотрудником лаборатории пирометаллургии цветных металлов ИМЕТ УрО РАН, кандидатом технических наук Ключниковым Александром Михайловичем, утверждённом директором ИМЕТ УрО РАН, академиком РАН, профессором, доктором физико-математических наук Ремпелем Андреем Андреевичем указала, что диссертация Рязанова Андрея Геннадьевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполнена и оформлена на высоком научном уровне, обладает внутренним единством, материал изложен грамотно, логично и квалифицированно, выводы и рекомендации достоверны и сомнений не вызывают, научные и технологические результаты имеют фундаментный характер и безусловную теоретическую и практическую ценность. Также в отзыве отмечено, что диссертационная работа Рязанова А.Г. соответствует требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 №842 в ред. от 01.10.2018 г., с изм. от 26.05.2020 г. «О порядке присуждения учёных степеней»), а её автор, Рязанов Андрей Геннадьевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 (05.16.02) – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы и 2 работы в изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных Scopus.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Рязанов, А.Г. Эффективность удаления хлоридов из цинксодержащих продуктов в зависимости от параметров прокаливания электромагнитным полем СВЧ / А.Г. Рязанов, Г.Г. Михайлов, А.В. Сенин и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2021. – Т.21. – № 2. – С. 18-29. (авторская доля 6 с. из 12 с.)

2. Рязанов, А.Г. Исследование процесса воздействия электромагнитного поля СВЧ на нагрев цинксодержащих продуктов / А.Г. Рязанов, К.К. Казбекова, И.С. Барышев и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2021. – Т. 21. – № 2. – С. 5-17. (авторская доля 7 с. из 13 с.)

3. Рязанов, А.Г. Кинетика процесса удаления хлоридов из вельц-оксида при нагреве под действием электромагнитного излучения / А.Г. Рязанов, А.В. Сенин, А.В. Шунайлов и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2021. – Т. 21. – № 3. – С. 20-30. (авторская доля 5 с. из 11 с.)

4. Ryazanov, A.G. The Study of the Melting of Waelz Oxide with an Increase in the Temperature of the Calcination Process / A.G. Ryazanov, A.V. Senin, V.D. Nasonov // Solid State Phenomena. – Trans Tech Publications Ltd, 2021 – Volume 316. – P. 705-710(авторская доля 3 с. из 6 с.)

5. Ryazanov, A.G. Purification of Zinc Oxide from Chlorides Using Microwave Radiation / A.G. Ryazanov, A.V. Senin, D.M. Galimov //Key Engineering Materials. – Trans Tech Publications Ltd, 2021. – Volume 887. – P. 172-177 (авторская доля 3 с. из 6 с.)

На диссертацию и автореферат поступили 11 отзывов. Все отзывы положительные, в некоторых имеются замечания:

1. От заведующего кафедрой металлургии цветных металлов ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктора технических наук Мамяченкова Сергея Владимировича и от доцента кафедры МЦМ ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», кандидата технических наук Лобанова Владимира Геннадьевича. Замечания / вопросы: Что следует понимать под тангенсом угла диэлектрических потерь и как в работе определен этот

показатель. Каковая глубина эффективного проникновения СВЧ потока в дисперсную вельц-окись? Каковы предполагаемые параметры СВЧ камеры в промышленном исполнении? С чем может быть связана основная статья расхода энергии при СВЧ-облучении рабочей камеры при условии ее теплоизоляции и сохранении температуры 25 °С (с.12.)?

2. т заведующего кафедрой безопасности жизнедеятельности ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктора технических наук, доцента Барышева Евгения Евгеньевича. Замечания / вопросы: На стр.15 представлены результаты математического планирования полного факторного эксперимента на эффективность удаления хлоридов из цинксодержащего сырья. Каковы предпосылки изучения влажности цинксодержащего сырья на эффективность удаления хлоридов из него? На рисунке 9 стр.21 представлена технологическая схема микроволнового прокаливания цинксодержащего сырья, в которой предполагается подача воздуха в печь. Воздух необходим для уноса возгонов или также участвует в химических реакциях при обработке? Предполагается ли его предварительный нагрев?

3. От декана химического факультета ФГБОУ ВО «ЧелГУ», доктора физико-математических наук, профессора Бурмистрова Владимира Александровича. Замечания / вопросы: На рисунке 1 представлена аппаратная схема опытно-лабораторной установки с размещением двух подряд скрубберов на водной основе. Зачем необходимо устанавливать два скруббера подряд? В таблице 2 представлены результаты замеров диэлектрической проницаемости, включая результаты тангенса угла диэлектрических потерь. Как указанные результаты сходятся с порядком нагрева изучаемых образцов?

4. От начальника учебно-методического управления ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», кандидата химических наук, доцента кафедры экологии и природопользования Хмелевой Олеси Викторовны. Замечания/Вопросы: Не указано, чем вызван выбор температур для определения кинетических

характеристик, показаны 4 температуры (700,800,900,1000 °С). Не совсем ясно, каким образом будут перерабатываться хлорсодержащие вещества, выделенные в возгоны?

5. От доцента кафедры металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов национального исследовательского Технологического университета «МИСиС», кандидата технических наук Котельникова Георгия Ивановича. Замечание: в автореферате не приводятся значения удельного расхода электроэнергии на прокаливание вельц-окиси, нет данных о производительности печи.

6. От директора ООО «Астериас», кандидата физико-математических наук, доцента Кариха Павла Ивановича. Вопрос: Возможно ли повышение энергоэффективности за счет использования отходящих газов после фильтрации вторичных возгонов?

7. От доцента кафедры металлургии цветных металлов ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кандидата технических наук Колмачихиной Ольги Борисовны. Замечания / Вопросы: Изучена ли зависимости толщины слоя материала, подвергаемого обработке, на степень удаления хлоридов и фторидов? Из текста автореферата не ясно, каким образом определен тепловой баланс нагрева образца (таблица 4) и на основании чего рассчитаны все статьи расхода тепла.

8. От директора ООО «Металлургическая лаборатория», кандидата технических наук Алексеенко Александра Александровича. Замечания / Вопросы: Отсутствует в автореферате расчет количества энергии для очистки 1 тонны вельц-окиси методом СВЧ возгонки и сравнение этого показателя с аналогичным для обычной технологии обжига.

9. От кандидата технических наук, ведущего технолога ООО «НПО «Экоматика» ГК «Террикон» Шулина Сергея Станиславовича. Замечания / Вопросы: В автореферате диссертации не приведены данные, показывающие,

насколько полученные значения концентрации хлорид- фторид-ионов при СВЧ воздействии отличаются от значений концентраций этих же ионов при использовании вельц-процесса. Какие предполагаются способы дальнейшей очистки сточных вод из скрубберов №1 и №2, а также пути их дальнейшего использования.

10. От главного научного сотрудника лаборатории стали и ферросплавов ФГБУН Имет УрО РАН, доктора технических наук, профессора Жучкова Владимира Ивановича. Замечания и вопросы к работе отсутствуют.

11. От доцента кафедры радиофизики и электроники физического факультета ФГБОУ ВО «ЧелГУ», кандидата физико-математических наук Анзулевича Антона Петровича. Замечания: К недостаткам работы можно отнести отсутствие результатов численного моделирования распределения электромагнитного поля в используемом многомодовом СВЧ резонаторе с выполненными в нём доработками для обеспечения измерительного эксперимента. Кроме того, было бы интересно так же привести результаты пространственного распределения тепловых полей в образце в процессе нагрева, по крайней мере, на начальной стадии.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием темы диссертационной работы соискателя профилю их научной деятельности и области научных компетенций. Оппоненты и ведущая организация широко известны своими достижениями в данной области науки, имеют публикации по исследованиям, близким к проблеме работы соискателя. Благодаря этому они способны определить научную новизну и практическую ценность диссертации соискателя.

Диссертационный совет отмечает, что в ходе выполненных соискателем исследований: разработана принципиальная схема и выполнена сборка лабораторной установки для прокаливания цинксодержащих материалов под действием электромагнитного излучения сверхвысокой частоты (ЭМИ СВЧ), с

одновременным отводом образующихся газообразных продуктов; *определены* диэлектрические свойства цинксодержащих веществ; экспериментально *установлено*, что хлориды цинка имеют большую восприимчивость к ЭМИ СВЧ, чем оксиды цинка; *подтверждена* возможность нагрева цинксодержащих материалов методом воздействия ЭМИ СВЧ.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: *экспериментально изучено* влияние технологических параметров прокаливания цинксодержащих материалов под действием ЭМИ СВЧ на эффективность удаления хлоридов из цинксодержащих материалов; *установлено*, что с увеличением температуры и длительности процесса микроволнового прокаливания цинксодержащих материалов увеличивается эффективность удаления хлоридов и фторидов в газовую фазу. При температуре 1000 °С и выдержке 600 с остаточное содержание хлорид-иона и фторид-иона в прокаленных материалах составило 0,04 мас.% и 0,01 мас.% соответственно. *Изложены и раскрыты* данные по кинетической закономерности процесса удаления хлоридов из вельц-оксида при микроволновом прокаливании, которая описывается уравнением Яндера, соответственно процесс протекает в диффузионном режиме.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждаются тем, что: получены данные термодинамического моделирования процесса прокаливания вельц-оксида с целью удаления хлоридов и фторидов; *определены* технологические параметры нагрева цинксодержащих материалов при обработке электромагнитным излучением сверхвысокой частоты; *определены* технологические параметры эффективности удаления хлоридов и фторидов из цинксодержащих материалов; *разработана* технологическая схема микроволнового прокаливания цинксодержащих материалов и даны рекомендации по реализации технологии в промышленности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ – разработана оригинальная лабораторная

установка микроволнового нагрева и прокаливания цинксодержащих материалов с одновременным отводом газообразных продуктов, воспроизводимость результатов показана.

- теория построена на известных и многократно апробированных методиках, широко представленных в научной литературе, в частности в работах Михайлова Г.Г., Корягина Ю.Д., Жихарева В.М., Кузнецова Ю.С., Пашкеева И.Ю. и др.

- *идеи разработки базируются* на различных источниках, анализе теоретических исследований, представленных в научной литературе и обобщения передового промышленного опыта.

- *использовано* сравнение полученных автором результатов, с данными из отечественных и зарубежных источников.

- *установлено*, что полученные данные, выводы и рекомендации подтверждаются согласованностью с результатами, приведенными в независимых источниках.

Личный вклад соискателя состоит в том, что автор принимал участие в научно-теоретическом обосновании, формировании цели и направления исследований, постановке задач, в разработке и сборке лабораторной установки, выполнению лабораторных исследований, анализе и обработке результатов, выявлении закономерностей, апробации результатов исследований и подготовке текста диссертации, а также в написании и подготовке статей для печати в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России и международных журналах.

В ходе защиты были высказаны критические замечания и заданы вопросы:

1. Какие методы математической статистики использовались при обработке результатов экспериментальных исследований?

2. В каких исследованиях при обработке электромагнитным излучением сверхвысокой частоты использовали модельный состав образцов (аналог вельц-оксида), а в каких – промышленный образец вельц-оксида?

3. В исследованиях приведено заключение о наличии селективности нагрева хлорида цинка в цинксодержащих материалах. Какими данными была вызвана первоначальная необходимость изучать селективность нагрева хлорида цинка и на основе каких данных начали выполнять указанные исследования?

Соискатель Рязанов А.Г. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию:

1. В диссертационной работе при обработке экспериментальных результатов по плану полного факторного эксперимента использовались критерии Стьюдента и Фишера. Для проверки адекватности модели также был построен график взаимосвязи между экспериментальными и расчетными значениями эффективности удаления хлорид-иона при воздействии электромагнитным излучением сверхвысокой частоты. Линейные зависимости обработаны методом наименьших квадратов.

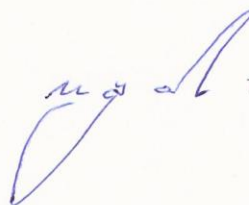
2. Экспериментальные исследования по изучению влияния параметров воздействия электромагнитного излучения сверхвысокой частоты на нагрев и эффективность удаления хлоридов проводили первоначально на модельных образцах (аналог вельц-окси), и, после получения результатов на модельных образцах, выполнили аналогичные исследования на промышленных образцах вельц-окси.

3. В результате литературного обзора было установлено, что различные вещества имеют отличные друг от друга диэлектрические параметры реальной и мнимой проницаемостей. При этом до конца не были установлены диэлектрические проницаемости в изучаемых диапазонах частот и температур для цинксодержащих веществ, содержащихся в вельц-окси. На основе имеющейся информации были выполнены замеры диэлектрических параметров цинксодержащих материалов в необходимых условиях, получены выводы о различии диэлектрических свойств хлорида цинка и других веществ в вельц-окси, в дальнейшем селективность электромагнитного воздействия подтвердили экспериментально.

На заседании 29.12.2021 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития металлургии цветных металлов, новые научно-обоснованные технологические решения, внедрение которых позволит прокаливать цинксодержащие материалы без дополнительных выбросов парниковых газов (CO₂) и позволит повысить эффективность металлургических процессов, присудить Рязанову А.Г. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 19, против - 0.

Председатель
диссертационного совета



Чуманов Илья Валерьевич

Ученый секретарь
диссертационного совета



Шабурова Наталия Александровна

Дата оформления заключения

29.12.2021 г.