

128

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.03
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 12.02.2021 № 1

О присуждении **Ибрагимову Владиславу Эдуардовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка ресурсосберегающей технологии переработки металлизированных алюминиевых отходов для получения лигатур системы алюминий-магний-кремний» по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов принята к защите 20.10.2020 года, протокол № 41 диссертационным советом ГУ 212.224.03 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2; приказ ректора Горного университета от 25.06.2019 № 836 адм (с изм. от 25.11.2019 приказ № 1605 адм, с изм. от 30.09.2020 приказ № 1270 адм).

Соискатель, **Ибрагимов Владислав Эдуардович**, 1993 года рождения, в 2015 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 150102 Metallургия цветных металлов; аспирант очной формы обучения кафедры металлургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре металлургии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, **Бажин Владимир Юрьевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

Минобрнауки России, кафедра автоматизации технологических процессов и производств, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Никитин Константин Владимирович, доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», факультет машиностроения, металлургии и транспорта, декан;

Белоусов Михаил Викторович, кандидат технических наук, муниципальное автономное учреждение «Уральский инновационный молодежный центр», директор;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет»** г. Иркутск, в своем положительном отзыве, подписанном Немчиновой Ниной Владимировной, доктором технических наук, профессором, заведующей кафедрой металлургии цветных металлов; Жмуровой Викторией Васильевной, кандидатом технических наук, доцентом той же кафедры; и утвержденным Корняковым Михаилом Викторовичем, доктором технических наук, ректором; указала, что в представленной работе соискателем была решена задача переработки металлизированных алюминиевых отходов с последующим получением продукта – лигатур системы «алюминий-магний-кремний». Разработанная ресурсосберегающая технология характеризуется значительным сокращением токсичных газообразных и твердотельных выбросов по сравнению с типичными для отрасли способами переплава, что формирует дополнительную прибыль за счет снижения налогов.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 7 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени

кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), и 1 в издании, входящем в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

В изданиях из Перечня ВАК:

1. **Ибрагимов В.Э.** Термодинамическое моделирование реакции рафинирования и модифицирования расплава системы Al-Mg-Si карбонатом марганца / Ибрагимов В.Э., Бажин В.Ю. // Журнал «Естественные и технические науки» № 6 2020 С. 163-167. DOI:10.25633/ETN.2020.06.14 (ВАК, Chemical Abstracts)

Соискателем проведено термодинамическое моделирование реакций взаимодействия карбоната марганца $MnCO_3$ с расплавом системы Al-Mg-Si. Выявлена термодинамическая возможность генерирования рафинирующей газовой фазы CO с последующим формированием безопасной для экологии цеха фазы CO_2 и переходом марганца в расплав, что обеспечивает образование прекурсоров, оказывающих модифицирующее действие.

2. **Ибрагимов В.Э.** Современные технологии переработки алюминиевых шлаков на основе бессолевого экологически ориентированных способов / Ибрагимов В.Э., Бажин В.Ю. // Журнал «Естественные и технические науки» № 6 2020 С. 155-162. DOI: 10.25633/ETN.2020.06.14 (ВАК, Chemical Abstracts)

Соискателем проведен анализ современных технологий получения сплавов из металлизированных отходов. Дана экологическая, экономическая оценка существующим способам переработки алюминиевых сплавов. Даны рекомендации по развитию направления бессолевого обработки расплавов.

3. **Ибрагимов В.Э.** Плавка тонкостенного лома с лакокрасочными покрытиями для получения алюминиевого сплава / Ибрагимов В.Э., Гарсиа Л.М., Бажин В.Ю. // Международный научно-исследовательский журнал. №2 (44), часть 2. 2016. С. 14-17. Идентификатор статьи 10.18454/IRJ.2016.44.068 (AGRIS);

Автором выполнена серия экспериментов с использованием технологии плавки с солевыми флюсами в целях переработки металлизированных алюминиевых отходов. Собраны данные по токсичным выбросам процесса в рамках лабораторных условий с целью дать оценку неблагоприятного влияния на окружающую среду.

В издании, индексируемом в международной базе Scopus:

4. **Ibragimov V.E.** «Remelting of highly polluted metallic aluminum scrap with ecological refining reagents» / Ibragimov V.E., Bazhin V.Yu. // J. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE) 2019 103 p 121-127. (Scopus, Web of Science)

Соискателем проделана работа по переплаву металлизированных алюминиевых отходов с карбонатными реагентами, с целью повышения экологической чистоты процесса очистки расплава от газовых и неметаллических включений.

В прочих изданиях:

1. **Ибрагимов В.Э.** Проблема продуцирования экологически небезопасных твердых отходов при термическом рециклинге алюминиевых сплавов, статья / Ибрагимов В.Э., Бажин В.Ю. // Международный научный журнал "Инновационное развитие" № 5, г. Пермь 2017. С. 56-63.

Соискателем представлены и проанализированы проблемы выбросов токсичных солевых шлаков при переработке металлизированных алюминиевых отходов с использованием солей щелочных и щелочно-земельных металлов. Проанализированы пути решения проблемы.

2. **Ибрагимов В.Э.** Разработка бессолевого технологии переработки металлизированных алюминиевых отходов для получения лигатур системы алюминий-магний-кремний / Ибрагимов В.Э., Бажин В.Ю. // IX Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии научного развития», 20 мая 2017 г. в г. Казань, сборник материалов, 2017, С.27-31.

Соискателем обосновано направление исследований с целью разработки технологии переработки металлизированных алюминиевых отходов без использования солей щелочных и щелочноземельных металлов, хлорных газообразных соединений.

3. **Ибрагимов В.Э.** «Проблемы повышения доли производства и потребления вторичных алюминиевых сплавов» / Ибрагимов В.Э., Бажин В.Ю. // Всероссийская научно-практическая конференция "Национальная безопасность России: актуальные аспекты". Материалы конференций ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ». Май 2018: Сборник избранных статей. – СПб.: ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ», 2018. С. 29 – 34.

Соискателем обозначена проблема переработки металлизированных алюминиевых и магниевых отходов в Российской Федерации, связанная с повышением оборота переработки, использованием реагентов, приводящих к продуцированию токсичных отходов и нерентабельности показателей бизнеса.

Общий объем – 2,7 печатных листа, в том числе 1,9 печатных листа соискателя.

Апробация диссертационной работы проведена на научно-практических мероприятиях, в том числе на: IX Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии научного развития», г. Казань, 20 мая 2018 г., Всероссийской научно-практической конференции "Национальная безопасность России: актуальные аспекты", г. Санкт-Петербург, 31 мая 2018 г, принято участие в международном симпозиуме «Нанозифика и наноматериалы», г. Санкт-Петербург 29 ноября 2018 г, обсуждались результаты исследований в рамках международного семинара «Передовые технологии в материаловедении, машиностроении и автоматизации», г. Красноярск, 4-6 апреля 2019.

В диссертации Ибрагимова В.Э. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: к.т.н., доцента кафедры машиностроения и металлургии АНО ВО «Северо-Западный открытый

технический университет» **Т.А. Александровой**, к.т.н., генерального директора ООО «Эксперт-Ал» **С.А. Никифорова**, к.т.н., руководителя геотехнологического отдела Департамента гидрометаллургии АО «НПО «РИВС» **А.В. Сайтова**, директора филиала «ЦКБМ 2» АО «Центральное Конструкторское Бюро Машиностроения» **А.Н. Пархоменко**, главного инженера ООО «Орион-Спецсплав-Гатчина» **В.Н. Войцеховского**.

В отзывах изложены положительные заключения о проведенных автором исследованиях, отмечена актуальность выбранной темы, высокая степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако имеются замечания и вопросы:

1. На стр. 16 автореферата диссертации сказано, что в качестве реагентов для отделения оксидных плен от металла чаще всего используются химические соединения на основе хлоридов и фторидов щелочных и щелочно-земельных металлов, но не уточнено, какие именно. (к.т.н. С.А. Никифоров).

2. Механизм рафинирования расплава карбонатом марганца рассматривался для системы Al-Mg-Si. Какие есть предположения по изменению кинетики при рафинировании двойных систем, Al-Mg, Al-Si? (к.т.н. С.А. Никифоров).

3. Дано недостаточное объяснение ограничения процентной доли оксидного флюса в расплаве до 10%. (к.т.н. А.В. Сайтов).

4. Не представлены результаты механических свойств получившихся лигатур (к.т.н. А.В. Сайтов).

5. Вопрос по рис. 3 (стр. 12): просьба пояснить - почему с увеличением концентрации реагента $MnCO_3$ больше 2% плотность расплава после кристаллизации снижается? (к.т.н. Т.А. Александрова).

6. Повтор слов и вводимых аббревиатур, лишние запятые (с. 5, 8, 10) (к.т.н. Т.А. Александрова).

7. При формировании рафинирующей газовой фазы CO, проходящей через расплав к поверхности с последующим образованием CO_2 , может ли газ CO в заданных условиях прореагировать с алюминием и магнием с образованием карбидов? (В.Н. Войцеховский).

8. В тексте имеется ряд стилистических ошибок и орфографических опечаток (стр. 7,8,10)? (В.Н. Войцеховский).

9. Возможно ли использовать карбонат марганца для рафинирования магниевых сплавов и лигатур? (А.Н. Пархоменко).

10. Среди недостатков автореферата необходимо отметить отсутствие технических требований, предъявляемых к лигатурам (А.Н. Пархоменко).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в соответствующей отрасли науки и наличием у них публикаций в сфере исследования, а также широкой известностью ведущей организации своими достижениями по соответствующей теме исследования отрасли наук и способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы;

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработана комплексная ресурсосберегающая технология переработки металлизированных алюминиевых отходов для получения лигатур системы «алюминий-магний-кремний», которая включает в себя следующие этапы: расплавление металлизированных алюминиевых и магниевых отходов, ввод алюминиевых литейных шлаков и активных реагентов, съем сухого шлака. В качестве активных веществ используются оксидный флюс комплексного действия, в состав которого входят оксиды соотношением компонентов, мас. %: 6-8 K_2O ; 2-4 B_2O_3 ; 88-92 SiO_2 , при температуре замешивания 780-790°C и времени выдержки расплава 20 минут, а в качестве дополнительного рафинирующего дегазирующего и модифицирующего реагента используется порошок карбоната марганца $MnCO_3$ в количестве 0,6-0,8% от массы расплава с заданном температурном интервале 720-730°C;

предложены новые концепции рафинирования алюминиевых расплавов тройной системы Al-Mg-Si, а так же методы разделения шлаковой и металлической фазы при синтезе лигатур;

доказана перспективность использования реагента карбоната марганца для рафинирования и модифицирования сплавов и лигатур на основе алюминия и магния;

введены новые понятия и термины, такие как «рафинирующий модифицирующий флюс – карбонат марганца $MnCO_3$ для алюминиевых сплавов и лигатур», «оксидный флюс на основе системы $K_2O-B_2O_3-SiO_2$ для обработки алюминиевых расплавов».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны научные положения в области рафинирующей и модифицирующей обработки алюминиевых расплавов карбонатами, разделения шлаковой и металлической фаз при синтезе лигатур из металлизированных отходов, что вносит вклад в расширение представлений об изучаемом явлении, расширяющие границы применимости полученных результатов.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе методика термодинамического моделирования, физические и физико-химические методы анализов: рентгенофлуоресцентный (РФА), рентгеноспектральный (РСА), металлографический анализ полученных структур лигатур;

изложены способы экологически безвредного рафинирования расплавов системы алюминий-магний-кремний от газовых и неметаллических включений, что доказывает возможность эффективного рафинирования бессолевыми флюсами, вместе с этим показана возможность разделения шлаковой и металлической фаз через механизм локального перегрева, посредством разрушения равновесия системы газ-металл-оксид, составляющую оксидные пленки;

раскрыты существенные проявления теории, такие как перегрев алюминиевого расплава более $900^\circ C$ при добавлении оксидного флюса в

количестве более 10% от массы расплава, что является следствием экзотермических реакций и приводит к интенсивному окислению расплава;

изучены основные технологические направления и известные технические решения, направленные на получение алюминиевых сплавов и лигатур из металлизированных отходов;

проведена модернизация существующих математических моделей для выявления технологических параметров процесса синтеза лигатур и рационального состава флюсов через использование методики математического моделирования.

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

Разработаны и внедрены: ресурсосберегающая технология переработки металлизированных алюминиевых отходов для получения лигатур системы алюминий-магний-кремний, что дает возможность осуществлять процесс переработки с отсутствием токсичных выбросов, выполнять операции переплава, рафинирования и модифицирования в одном металлургическом агрегате, с получением продукта с высокой добавленной стоимостью; способ рафинирования от газовых и неметаллических включений с параллельным модифицированием сплавов и лигатур системы алюминий-магний-кремний, сопровождающийся отсутствием токсичных выбросов 2 класса опасности (процесс сопровождается выбросами 4 класса опасности), что снижает экологическую нагрузку на территории; апробирован состав оксидного флюса, отвечающий поставленным технологическим задачам разделения оксидной и металлической фаз в алюминиевом расплаве, при этом процесс сопровождается отсутствием токсичных выбросов. Степень внедрения – получение лабораторного образца;

определена возможность применения результатов диссертационной работы на предприятиях металлургической отрасли, литейном производстве, предприятиях по производству алюминиевых сплавов и лигатур в части процесса переработки металлизированных отходов с получением лигатур системы

алюминий-магний-кремний, сопровождающегося пониженной экологической нагрузкой и повышенной рентабельностью. Научные и практические результаты рекомендуется использовать в учебном процессе с их включением в лекционные курсы и лабораторные практикумы при подготовке специалистов по направлению «Металлургия» в Санкт-Петербургском горном университете;

создана система теоретических и практических рекомендаций по переработке металлизированных отходов с целью получения лигатур системы алюминий-магний-кремний с обеспечением экологической чистоты процесса и качества металлической структуры;

представлены методические рекомендации для создания промышленного образца по разработанной технологии, а так же рекомендации по коммерциализации разработанного способа получения лигатур.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием известных апробированных методик измерения на поверенном оборудовании на базе лаборатории кафедры металлургии и центра коллективного пользования Горного университета;

теория построена на известных, проверяемых данных, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики, обобщения передового опыта, разработке способа получения лигатур системы алюминий-магний-кремний из металлизированного алюминиевого сырья с использованием реагентов, исключающих образование вредных газообразных выбросов и твердотельных токсичных шлаков;

использованы техническое и экономическое обоснования применения реагентов нового типа в производстве лигатур и способов рафинирования через сравнение типовой технологии с разработанным способом;

установлено совпадение результатов лабораторных экспериментов с теоретическими исследованиями;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации, представительные совокупности данных с обоснованием подбора объекта наблюдений и измерений;

личный вклад автора состоит в: анализе литературных источников, известных технических решений, направленных на получение алюминиевых сплавов и лигатур из металлизированного алюминиевого сырья, анализе способов эко-рафинирования алюминиевых и магниевых сплавов от газовых и неметаллических включений, обосновании актуальности, постановке целей и задач исследования, определении теоретической и методической проработки выбранного направления исследований, формулировании защищаемых положений, разработке научно-технических решений для экологически благоприятной ресурсосберегающей переработки металлизированных алюминиевых отходов для получения лигатур системы Al-Mg-Si;

На заседании 12.02.2021 года диссертационный совет принял решение присудить Ибрагимову В.Э. ученую степень кандидата технических наук за решение важной научно-технической задачи – повышением эффективности и экологической безопасности получения лигатур системы Al-Mg-Si из металлизированных алюминиевых отходов;

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 – докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании из – 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Сизяков Виктор Михайлович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Бодуэн Анна Ярославовна

12.02.2021 г.