

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.01,
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 22.03.2023 г. № 47

О присуждении Сергееву Дмитрию Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Технология получения полой заготовки методом электрошлакового переплава по одноэлектродной схеме» по специальности 2.6.2 "Металлургия черных, цветных и редких металлов" принята к защите 18.01.2023 г. (протокол заседания № 47П) диссертационным советом 24.2.437.01, 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, утвержденным приказом № 105/НК от 11.04.2012 г.

Соискатель Сергеев Дмитрий Владимирович, 11 апреля 1992 года рождения. В 2016 г. Д.В. Сергеев окончил магистратуру федерального государственного бюджетного 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)» по направлению 22.06.01 «Технологии материалов».

В настоящее время Сергеев Д.В. работает в должности генерального директора ООО «ЭЛМЕТ74» по основному месту работы, а также на условиях внешнего совместительства в должности инженера кафедры техники и технологий производства материалов филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Златоусте, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре техники и технологий производства материалов филиала государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Златоусте, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой техники и технологий производства материалов филиала ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Златоусте Чуманов Илья Валерьевич.

Официальные оппоненты:

Савинов Александр Сергеевич, доктор технических наук, доцент, директор института металлургии, машиностроения и материалобработки ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Аникеев Владимир Викторович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Литейные и высокоэффективные технологии» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой металлургии железа и сплавов, директором института новых материалов и технологий УрФУ, доктором технических наук, профессором Шешуковым Олегом Юрьевичем и доцентом кафедры металлургии железа и сплавов института новых материалов и технологий УрФУ, кандидатом технических наук, доцентом Гилевой Ларисой Юрьевной, утвержденном проректором по науке ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктором физико-математических наук Германенко Александром Викторовичем указала, что диссертация Сергеева Дмитрия Владимировича является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладающей внутренним единством, в которой на основании проведенных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны. Также в отзыве отмечено, что диссертационная работа Сергеева Д.В. соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Сергеев Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов.

Соискатель имеет 68 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ в журналах, рекомендованных ВАК и индексируемых в базе Scopus. По результатам проведенных работ получены патент на изобретение, патент на полезную модель и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Чуманов И.В. Разработка комплекса оборудования для получения полой заготовки методом ЭШП по одноэлектродной схеме / И.В. Чуманов, В.Н. Лутков, **Д.В. Сергеев** // *Металлургия машиностроения*. – № 5. – 2018. – С. 39-41. (авторская доля 1 с. из 3 с.)

2. Чуманов И.В. О моделировании процесса электрошлакового переплава при получении полой заготовки по одноэлектродной схеме / И.В. Чуманов, В.Н. Лутков, **Д.В. Сергеев** // *Металлургия машиностроения*. – № 6. – 2019. – С. 36-40. (авторская доля 2 с. из 5 с.)

3. Чуманов И.В. Разработка математической модели теплового состояния жидкометаллической ванны установки ЭШП для получения полого слитка / И.В. Чуманов, И.М. Ячиков, **Д.В. Сергеев** // *Электromеталлургия*. – № 4. – 2021. – С. 11-20. (авторская доля 3 с. из 10 с.)

4. Чуманов И.В. Моделирование поведения электромагнитных сил постоянного тока, действующих на каплю жидкого металла в процессе электрошлакового переплава / И.В. Чуманов, И.А. Алексеев, **Д.В. Сергеев** // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. – Т. 64. – №7. – 2021. – С. 530-535. (авторская доля 3 с. из 6 с.)

5. Чуманов И.В. Влияние центробежных сил на структуру слитка ЭШП, полученного переплавом на постоянном токе / И.В. Чуманов, М.А. Матвеева, **Д.В. Сергеев** // *Электromеталлургия*. – № 12. – 2022. – С. 15-20. (авторская доля 3 с. из 6 с.)

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные, в некоторых имеются замечания:

1. От профессора кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалобработки федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», доктора технических наук, профессора Бигеева Вахита Абдрашитовича. Замечание

и вопрос: Применима ли данная технология для изготовления трубной заготовки? В автореферате не указаны граничные условия при проведении компьютерного моделирования.

2. От профессора кафедры технологии материалов и транспорта федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», доктора технических наук, доцента Агеевой Екатерины Владимировны. Замечания: из текста автореферата не ясно, какова экономическая эффективность разработанных технологических рекомендаций по получению полых отливок, обладающих более высокими показателями механических свойств в сравнении со слитками сплошного сечения. Из текста не автореферата не ясно, каковы перспективы дальнейшей разработки темы.

3. От заведующего кафедрой «Технологии сварочного и металлургического производства им. В.И. Муравьева» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», кандидата технических наук, доцента Бахматова Павла Вячеславовича. Замечание: в качестве предложений советую опробовать полый расходный электрод (труба), импульсные воздействия по току и по вращению электрода (необходимо применение шагового двигателя).

4. От заведующего лабораторией специальной электрометаллургии АО «НПО «ЦНИИТМАШ», доктора технических наук Левкова Леонида Яковлевича. Замечания: из текста автореферата не ясно, почему в формуле (2), позволяющей рассчитать скорость подачи дорна, не учтена скорость вращения расходного электрода. Из текста автореферата не ясно, каким образом отклонение потока электронов в электрической цепи расходный электрод – шлак при ЭШП с вращением электрода можно моделировать вращением нити в физической модели. Положительное влияние вращения на толщину пленки на торце электрода и характеристики капель обусловлено преобладанием центробежных сил над силой

тяжести. Вместе с тем центробежные ускорения при скоростях вращения, использованных в экспериментальной части работы, в 2–3 раза меньше ускорения свободного падения, а диапазон скоростей вращения, принятых для математического и физического моделирования с одной стороны и фактически используемых в экспериментальных плавках различается в 5-15 раз, что вызывает сомнения в отношении масштабирования результатов для промышленного применения. Рисунок 3 в автореферате «Зависимость отношения центробежной и электромагнитной сил...» свидетельствует о бесперспективности использования технологии вращения при силе тока промышленных установок ЭШП и слитков диаметром более 300 мм, поскольку на поведение капель жидкого металла преимущественное влияние будут оказывать магнитогидродинамические эффекты в шлаковой ванне. В расчете экономического эффекта не учтены следующие обстоятельства: дополнительные затраты для осуществления предлагаемой автором технологии, связанные с механической обработкой электрода для обеспечения его вращения без биений и прецессии в рабочем пространстве; возможность получать расходуемые электроды для варианта сравнения непрерывной, либо полунепрерывной разливкой, а не только обработкой давлением. Употребление в 1 выводе выражения «внутренний периметр располагается на некотором расстоянии от оси формируемого слитка» не корректно, поскольку периметр – общая длина границы фигуры (в рассматриваемом случае – длина окружности, ограничивающей изнутри горизонтальное сечение полого слитка), т.е. периметр – это физическая величина, имеющая ту же размерность, что и длина.

5. От профессора кафедры «Электрометаллургия» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», доктора технических наук, доцента Корзуна Евгения Леонидовича. Замечания: из текста автореферата не ясно, какие вещества автор использовал при физическом моделировании и обоснование выбора интервала изменения скорости вращения расходуемого электрода в 150 оборотов в минуту. В тексте автореферата отсутствует сравнение диапазона скоростей

вращения, принятых для математического и физического моделирования с одной стороны и фактически используемых показаний в экспериментальных плавках. При выборе оптимальной скорости вращения расходуемого электрода в физическом моделировании упущено влияние плотностей шлаковой ванны на профиль оплаваемого торца расходуемого электрода. В приведенных результатах компьютерного моделирования на рис.6 автореферата не указана скорость вращения расходуемого электрода. Из текста автореферата не ясно, почему изменения качества структуры опытных слитков в случае переплава 30X13 оценивается автором по расстоянию между дендритам второго порядка, а при переплаве стали 9ХВ – по величине зерна.

6. От профессора кафедры «Технология материалов» Волгоградского государственного технического университета, доктора технических наук Зюбана Николая Александровича. Замечание: в качестве замечания необходимо отметить, что для более полной оценки степени дисперсности структуры, кроме величины расстояния между вторичными ветвями дендритов (табл. 2, с. 16), желательно было бы оценить и размеры самих дендритов.

7. От заместителя технического директора (по реконструкции) ООО «Златоустовский металлургический завод» Сахаутдинова Дмитрия Игоревича. Замечания и вопросы в отзыве отсутствуют.

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 на основании выполненных соискателем исследований: разработана малозатратная технология получения

полых заготовок методом электрошлакового переплава, *доказано*, что в случае вращения расходуемого электрода тепловой центр трансформируется в тепловое кольцо, у которого внутренний радиус располагается на некотором расстоянии от оси формируемого слитка, что обусловлено величиной центробежных сил.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: *разработана* математическая модель изменения гидродинамической обстановки в шлаковой и металлической ваннах при ЭШП с вращением расходуемого электрода вокруг собственной оси, показывающая, что траектория движения капель жидкого металла в шлаковой ванне зависит от пропорционального отношения квадрата скорости вращения расходуемого электрода к силе подводимого тока. *Выявлена* зависимость влияния размеров прошивающего дорна, кристаллизатора и расходуемого электрода на скорость его вращения и место доставки электродного металла в жидкую металлическую ванну.

Получена система дифференциальных уравнений первого порядка для приближенного расчета трехмерного ламинарного течения жидкого флюса вблизи торца вращающегося электрода. *Предложено* выражение для оценки времени обновления шлаковой ванны с вращающимся электродом. *Доказано*, что при небольшой глубине жидкой ванны за счет ее интенсивного перемешивания под действием центробежных сил температуру и химические свойства флюса по объему ванны в процессе ЭШП можно считать постоянными. Физическим моделированием *раскрыто*, что наряду с изменением направления течения металла на оплавленном торце происходит изменение направленности электронного потока подэлектродной зоны, т.е. электроны, идущие от электрода в жидкую металлическую ванну, смещаются относительно оси переплавляемого электрода. *Предложена* математическая модель квазистационарного теплового поля жидкометаллической ванны установки ЭШП для получения полого слитка с вращающимся переплавным электродом.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждаются тем, что: создана компьютерная программа «Тепловая картина кристаллизующейся полый заготовки при ЭШП», позволяющая определять необходимые технологические параметры (величину тока, скорость вращения) для каждого конкретного случая реализации предлагаемой технологии, разработана конструкторская документация для модернизации полупромышленной печи А-550, позволяющая осуществить модернизацию установки, результаты работы внедрены на производственных мощностях индустриальных партнеров.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- физическое моделирование *подтверждено* аналитическими выражениями, позволяющими рассчитать оптимальную скорость вращения для необходимых диаметров электрода и кристаллизатора, что позволит спрогнозировать траекторию и место доставки электродного металла в реальном процессе.

- *проведены* опытные переплавы с вращением расходуемого электрода для получения полый заготовки с использованием прошивающего дорна на постоянном и переменном токе, на основе разработанных моделей.

- теория построена на известных и многократно апробированных методиках, широко представленных в научной литературе.

- *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 непосредственное участие в научно-теоретическом обосновании, формировании

цели и направления исследований, постановке задач, разработке и осуществлении модернизации электрошлаковой установки А-550; проведении опытных плавов по получению полых заготовок на модернизированной установке, их исследовании, анализе и обработке результатов; написании научных публикаций по теме диссертации; инициировании выступлений с докладами и апробации результатов исследований на научно-практических конференциях; подготовке текста диссертации.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания и заданы вопросы:

1. В работе выявлена зависимость влияния размеров дорна, кристаллизатора, электрода, на скорость вращения. Как геометрические размеры могут изменять скорость вращения, влиять на скорость вращения?

2. Учитывает ли математическая модель квазистационарное тепловое состояние ванны с учетом фазовых переходов? Отражает ли она существование жидкой фазы, двухфазной зоны и твердой составляющей?

3. С чем связано измельчение структуры полых отливок по сравнению с слитками сплошного сечения?

Соискатель Сергеев Д.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию:

1. Геометрические размеры влияют на место доставки электродного металла, в зависимости от того каков радиус кристаллизатора, каков радиус прошивающего дорна, изменяется сечение самой заготовки, в связи с чем необходима разная скорость вращения для обеспечения того или иного места доставки.

2. Модель учитывает все фазы, и позволяет наблюдать изменение тепловой картины границ жидкого металла, двухфазного состояния и закристаллизованного металла.

3. Это связано с тем, что дорн водоохлаждаемый, соответственно, большая степень переохлаждения расплава приводит к формированию большего количества

центров кристаллизации и измельчению структуры.

На заседании 22.03.2023 г. диссертационный совет принял решение: за разработанную на основании полученных научно-технических результатов технологию получения полой заготовки методом электрошлакового переплава по одноэлектродной схеме, присудить Сергееву Д.В. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 20, против - 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета,
д.т.н., проф.



Михайлов Геннадий Георгиевич

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н., доц.

Шабурова Наталия Александровна

Дата оформления
22.03.2023 г.