

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.09.2022 г., протокол № 6

О присуждении Кучинскому Михаилу Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Электротехнология перемешивания жидкой сердцевины слитков в многоручьевом литейном комплексе» по специальности 05.09.10 – «Электротехнология» принята к защите 05.07.2022 г., протокол № 17, диссертационным советом Д 212.173.04, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, Новосибирск, пр-т. К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Кучинский Михаил Юрьевич 01 ноября 1992 года рождения, в 2014 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, с присвоением квалификации «инженер» по специальности 140605 – «Электротехнологические установки и системы». В 2018 году

соискатель окончил аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, по направлению 13.06.01 – «Электро- и теплотехника». Работает старшим преподавателем на кафедре «Электротехника» в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Электротехника» в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Первухин Михаил Викторович, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», профессор кафедры «Электротехника».

Официальные оппоненты:

Кувалдин Александр Борисович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», кафедра «Электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий», профессор кафедры (г. Москва);

Перевалов Юрий Юрьевич, кандидат технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра «Электротехнологической и преобразовательной техники», доцент кафедры (г. Санкт-Петербург)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург)

в своем положительном заключении, подписанным Фризенем Василием Эдуардовичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедры «Электротехника», и утвержденном Германенко Александром Викторовичем, доктором физико-математических наук, доцентом, проректором по науке, **указала, что** диссертация Кучинского Михаила Юрьевича имеет единую структурную целостность и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержатся решения по разработке электротехнологии, позволяющей повысить физико-механические свойства алюминиевых слитков. Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 "Положения о порядке присуждения учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор Кучинский Михаил Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет всего 13 опубликованных работ, из них по теме диссертации 13, из которых 3 опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 2 публикации, входящие в международную систему Scopus и/или Web of Science, 7 публикаций в прочих изданиях, 1 патент РФ на изобретение. Общий объем опубликованных работ составляет 5,28 п.л. Авторский вклад в опубликованных работах не менее 60%. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Численное моделирование воздействия электромагнитного поля на жидкую сердцевину алюминиевого слитка при кристаллизации. / **М.Ю.**

Кучинский, М.В. Первухин, Э.Р. Винтер, С.П. Тимофеев. - Промышленная энергетика. – 2022. - №2. – С. 18-23;

2. Исследование технологических режимов электромагнитного перемешивания жидкой сердцевины кристаллизующегося алюминиевого слитка / **М.Ю. Кучинский**, М.В. Первухин, Э.Р. Винтер, С.П. Тимофеев. - Вопросы электротехнологии. – 2021. - № 4. – С. 13-22;

3. Numerical Analysis of the Non-Stationary Thermal State of the Tool in the Combined Casting and Extrusion of Non-Ferrous Metals / A.P. Skuratov, N.P. Popiyakova, A.S. Potapenko, Y.V. Gorokhov, **M.Y. Kuchinskii**, S.V. Belyaev, D.S. Voroshilov, I.L. Konstantinov, A.V. Ivlev, D.N. Bozhko // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 117 (2021), P. 295–303;

4. Mathematical modelling and verification of mhd processes at stirring the liquid phase of the solidifying ingot / **M. Kuchinskii**, M. Khatsayuk, V. Timofeev, M. Pervukhin, S. Timofeev // Magnetohydrodynamics, Vol. 55 (2019), No. 4, P. 415–425;

5. Исследование МГД-перемешивателя жидкой фазы кристаллизующегося алюминиевого слитка / М.В. Первухин, **М.Ю. Кучинский**, С.П. Тимофеев // Материалы III Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Борисовские чтения», г. Красноярск, 2021, С. 42-46;

6. Исследование электромагнитного воздействия на жидкую сердцевину алюминиевых слитков при непрерывном литье в кристаллизатор скольжения / М.В. Первухин, **М.Ю. Кучинский**, С.П. Тимофеев // Журнал СФУ. Техника и технологии, г. Красноярск, 2019, 12(8), С. 952-961;

7. Математическое и физическое моделирование МГД– перемешивателя жидкой фазы кристаллизующегося алюминиевого слитка / М.Ю. Хацаюк, М.В. Первухин, **М.Ю. Кучинский**, С.П. Тимофеев // Сборник докладов 11 межд. конгресса «Цветные металлы и минералы», г. Красноярск, 2019, С. 442–448;

8. Разработка электромагнитного перемешивателя для непрерывного литья алюминиевых слитков / В.Н. Тимофеев, М.В. Первухин, **М.Ю. Кучинский** // Сборник докладов девятого международного конгресса «Цветные металлы и минералы», г. Красноярск, 2017, С. 697–702;

9. Исследование тепловых процессов в миксере сопротивления для разлива алюминиевых сплавов / М.В. Первухин, **М.Ю. Кучинский**, В.Н. Тимофеев. -Электromеталлургия. – 2015. - №10 – С. 13-19;

10. Патент на изобретение № 2743437 – Устройство для электромагнитного перемешивания жидкой сердцевины слитка в кристаллизаторе / С.П. Тимофеев, **М.Ю. Кучинский**, М.В. Первухин, В.Н. Тимофеев. Заявл. 30.04.2020, зарег. 18.02.2021.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: **6 отзывов (все положительные)**:

1. Отзыв доктора технических наук, доцента **Калгановой С.Г.**, директора института Энергетики, заведующей кафедрой «Электроэнергетика и электротехника» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.». Замечания связаны с не достаточно полным пояснением теоретических основ процедуры выбора схем подключения, а также необходимостью введения дополнительных критериев оценки эффективности рассматриваемых конструкций индуктора;

2. Отзыв доктора технических наук, профессора **Макарова А.Н.**, заведующего кафедрой «Электроснабжения и электротехники» ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», почетного работника ВПО РФ. Замечания связаны с вопросом выбора значений коэффициентов теплоотдачи для зон охлаждения слитка при решении тепло-гидродинамической задачи;

3. Отзыв доктора технических наук, профессора **Фролова В.Я.**, профессора Высшей школы электроэнергетических систем СПбПУ. Замечания связаны с учетом зависимости плотности и температуры в разработанной модели, вопросом выбора значений коэффициентов

теплоотдачи для зон охлаждения слитка, а также с влиянием частоты тока индуктора на эффективность процесса перемешивания;

4. Отзыв кандидата технических наук **Чередниченко А.В.**, начальника отдела маркетинга акционерного общества «Сибирское специальное конструкторское бюро электротермического оборудования». Замечания связаны с необходимостью рассмотреть влияние электромагнитного воздействия на слиток при различных скоростях литья, помимо максимальной, а также с возможностью проведения ультразвуковых измерений поля скоростей для алюминиевых сплавов;

5. Отзыв кандидата технических наук **Патанова Д.А.**, технического директора ООО «Интерм». Замечания связаны с верификацией результатов гидродинамических расчетов, которую стоило провести на пониженных частотах воздействия, а также с отсутствием пояснений по поводу энергетической эффективности процесса электромагнитного перемешивания;

6. Отзыв кандидата технических наук **Фролова В.Ф.**, руководителя проекта НИОКР, Литейного центра ООО «РУСАЛ ИТЦ». Замечания связаны с применимостью полученных рекомендаций и энергетических режимов работы индуктора для слитков с иными диаметрами и формами жидкой сердцевины, а также необходимостью проведения анализа влияния возможных материалов кристаллизатора на степень экранирующего эффекта при электромагнитном воздействии.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается

известностью, наличием достижений в области электротехнологии, высокой компетентностью в сфере, связанной с исследованиями электротехнологических установок металлургического назначения, наличием публикаций в указанной области, а также возможностью дать научную оценку диссертационной работе. **Кувалдин Александр Борисович** – доктор технических наук, профессор, специалист в области разработки и проектирования электротехнологических установок металлургического

назначения, а также отладки систем их управления. Имеет большое количество публикаций, близких к диссертационной работе. **Перевалов Юрий Юрьевич** – кандидат технических наук, специалист в области моделирования и разработки автоматизированных индукционных установок. Имеет большое количество публикаций, близких к диссертационной работе. **ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина** один из крупнейших университетов нашей страны, известный проводимыми исследованиями и разработками электротехнологических установок металлургического назначения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана электротехнология перемешивания жидкой сердцевины алюминиевых слитков, отливаемых в многоручьевую литейную машину, идея которой основана на применении двухфазного цилиндрического индуктора;

предложен метод исследования процесса электромагнитного перемешивания жидкой сердцевины слитка, совмещающий математическое и физическое моделирование с их верификацией посредством ультразвуковых измерений;

доказана возможность оснащения многоручьевых литейных комплексов индукторами специальной конструкции. Определены зависимости скорости перемешивания расплава вдоль фронта кристаллизации слитка от схемы подключения обмоток индуктора, обеспечивающие эффективность воздействия индуктора на жидкий металл при кристаллизации слитка;

новые понятия **не введены.**

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано положение о том, что наиболее эффективным решением по улучшению качества слитка является режим электромагнитного перемешивания вращающимся магнитным полем в частотном диапазоне $f=5-10$ Гц;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих методик исследования, применяющих численное моделирование взаимосвязанных электромагнитных, тепловых и магнитогидродинамических процессов в области жидкой сердцевины при кристаллизации слитка совместно с экспериментальной методикой ультразвукового измерения поля скоростей;

изложены положения, подтверждающие эффективность конструкции разработанного индуктора и режимов его работы для электромагнитного воздействия на жидкую сердцевину кристаллизующегося слитка;

раскрыты взаимосвязи между схемами подключения двухфазного индуктора, частотой тока в индукторе и возникающими формами течений расплава вдоль фронта кристаллизации слитка;

изучены скоростные режимы течения расплава вдоль границы кристаллизации в зависимости от величины тока и частоты тока в индукторе;

проведена модернизация существующих численных моделей, позволившая установить влияние скорости вытягивания слитка на форму фронта кристаллизации и скоростной режим расплава, движущегося вдоль фронта кристаллизации;

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

разработаны и внедрены новые универсальные методики измерений, позволяющие проводить верификацию гидродинамических расчетов при помощи физического моделирования на лабораторных установках, используя доплеровский ультразвуковой измеритель скорости;

определены перспективы практического использования методики измерения скоростных режимов перемешивания расплава с использованием доплеровских измерителей скорости для существующих многоручьевых литейных комплексов;

создана физическая модель индуктора, обладающая компактными габаритными размерами с приемлемой энергетической эффективностью, что позволяет использовать её на многоручьевых литейных комплексах;

представлены рекомендации по выбору энергетических режимов работы и схемных решений двухфазного индуктора, обеспечивающие наиболее эффективное силовое воздействие на жидкую сердцевину при кристаллизации слитка.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов расчетов и измерений с применением ультразвукового доплеровского измерителя скорости Signal Processing DOP 4000 в различных технологических режимах исследования;

теория построена на известных классических методах расчета, применяемых в электротехнике, магнитной гидродинамике и теплотехнике и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практического применения многоручьевых алюминиевых литейных комплексов и возможностями их оснащения электромагнитными перемешивателями – индукторами;

использованы данные, полученные ранее другими исследователями по рассматриваемой тематике, с целью их сравнения с результатами, полученными автором диссертации для режимов литья и энергетических параметров индуктора при работе в режиме непрерывного литья алюминиевых слитков;

установлено количественное совпадение результатов, полученных автором диссертации с данными, представленными в независимых источниках по данной тематике.

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, полученной в результате математического моделирования, а также физического эксперимента с использованием современного

контрольно-измерительного оборудования и специализированного программного обеспечения.

Личный вклад соискателя состоит в предложении и разработке математических моделей для исследования тепловых, электромагнитных и гидродинамических процессов в системе «индуктор-слиток»; установлении закономерностей изменения фазовых состояний кристаллизующегося слитка в зависимости от скорости литья, электрических схем подключения обмоток индуктора, частоты тока, обеспечивающих подбор режимов работы электромагнитного перемешивания для эффективного воздействия на фронт кристаллизации; в участии совместно с научным руководителем в формировании цели и задач исследования, а также в разработке методики измерения поля скоростей в области жидкой сердцевины слитка с помощью доплеровского ультразвукового измерителя скорости.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: в исследовании не были рассмотрены известные алюминиевые сплавы, все проведенные опыты актуальны только для электромагнитного воздействия на чистый алюминий; в качестве критерия оценки эффективности электромагнитного перемешивания анализируются только распределения поля скорости в определенный период времени; максимально наглядно выглядит сравнение микро- и макроструктур получаемых слитков при различных вариантах питания индуктора.

Соискатель Кучинский Михаил Юрьевич согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: в работе сделан акцент на исследовании общих закономерностей процесса кристаллизации слитка, задавались физические параметры чистого алюминия; разработанные математические модели позволяют проводить анализ для любого сплава, в соответствии с его свойствами; эффективность перемешивания оценивается по косвенному признаку – распределению поля скоростей в определенный период времени, данная постановка исследования обусловлена техническими возможностями

проведения эксперимента.

На заседании 15.09.2022 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, направленной на повышение качества получаемых алюминиевых слитков, имеющей существенное значение для развития электрометаллургии и промышленного производства страны, присудить Кучинскому Михаилу Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за - 20, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совет

Анатолий Сергеевич Востриков

Ученый секретарь
диссертационного совет

Максим Александрович Дыбко

15 сентября 2022 г.