

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Матвеевой Марии Андреевны**
«Исследование процесса формирования ванны жидкого металла с целью
снижения протяжённости переходной зоны при производстве многослойных
слитков способом электрошлакового переплава», представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.2 – Metallургия черных, цветных и редких металлов

Актуальность темы диссертационной работы

Практика показывает, что для получения высококачественных многослойных слитков наиболее целесообразно применять электрошлаковые технологии, обеспечивающие максимально надёжное жидкофазное соединение слоёв различного химического состава.

Разработанные технологические решения, в частности, применение составного электрода, замена электрода по ходу переплава и пр. обладают основным недостатком: большой протяжённостью переходной зоны переменного химического состава при формировании многослойного слитка, которая обладает неоднородными свойствами и является концентратором напряжений в процессе последующей деформации. Формирование протяжённой переходной зоны является следствием технологических особенностей электрошлакового переплава, а именно наличием заглубленной в осевой зоне жидкой металлической ванны. Влиять на глубину и геометрию ванны возможно более широким применением ЭШП для получения многослойных слитков.

Возможным решением по воздействию на глубину и геометрию металлической ванны является применение технологии вращения расходуемого электрода. По данной технологии изменяется место доставки капель электродного металла из подэлектродной зоны ближе к стенке кристаллизатора, что позволяет более эффективно отводить тепло и уменьшать градиент температур в подэлектродной зоне, и таким образом воздействовать на положение металлической ванны.

Возможность применения электрошлакового переплава для получения слитков, состоящих из слоёв различного химического состава, является актуальной технологической задачей.

Целью данной работы являлось теоретическое обоснование и разработка технических решений получения многослойных слитков с минимальной протяжённостью переходной зоны между слоями способом электрошлакового переплава по одноэлектродной схеме с вращением расходуемого электрода.

Актуальность работы Матвеевой М.А. не вызывает сомнений.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа **Матвеевой М.А.** включает введение, пять глав, общие выводы, заключение и список используемой литературы. Содержание работы изложено на 141 странице машинописного текста, содержит 34 таблицы, 33 рисунка и 6 приложений. Библиографический список включает 139 наименований.

Во введении показана актуальность работы, ее цель, определена научная новизна и практическая значимость, поставлены задачи и приведены методы исследования, обоснована достоверность полученных результатов и отмечен личный вклад автора.

В главе 1 отмечены преимущества использования электрошлаковых технологий для получения многослойных высококачественных слитков. Отмечается, что необходимо решить вопрос, связанный со снижением протяжённости зоны переходного химического состава, как следствия жидкофазного способа формирования многослойной структуры. Влиять на протяжённость переходной зоны возможно изменяя место доставки электродного металла в шлаковую и металлическую ванны. Для решения поставленной задачи наиболее перспективно использовать вращение расходуемого электрода. Наложение центробежных сил на расходуемый электрод позволяет влиять не только на размер капли и место ее доставки, но и на изменение движения потока шлаковой ванны с нисходящего на восходящий.

В главе 2 приведены данные об экспериментальном определении влияния технологии вращения электрода на свойства формируемого слитка. Сравнивались загрязнённость неметаллическими включениями, микротвёрдость, плотность, размер дендритной ячейки, комплекс механических свойств (σ_B , σ_T , KCU) слитков из стали марки 30X13, полученных по классической одноэлектродной схеме и при переплаве с вращением расходуемого электрода. Из полученных данных следует, что реализация технологии вращения приводит к снижению концентрации неметаллических включений, выравниванию микротвёрдости и размера дендритной ячейки по сечению, увеличению плотности и росту механических характеристик.

В главе 3 представлены результаты математического моделирования теплового поля при развитии центробежных сил в шлаковой и металлической ванне при переплаве с вращением расходуемого электрода. Разработанный алгоритм позволяет определять значения температур в объёме кристаллизатора в зависимости от места доставки капель электродного металла в металлическую ванну, а также обозначать положение линий ликвидус и солидус для сплава в зависимости от его химического состава. Линия солидус в данном случае будет

описывать положение фронта кристаллизации. В работе установлено, что перенос места доставки капель из подэлектродной зоны на $1/3$ радиуса в сторону стенки кристаллизатора уменьшает глубину металлической ванны более чем в два раза. Минимальная глубина металлической ванны формируется в случае доставки капель электродного металла на $2/3$ радиуса в сторону стенки кристаллизатора, что соответствует половине зазора между электродом и кристаллизатором.

В главе 4 рассмотрен способ получения многослойного слитка с минимальной переходной зоной между слоями. Способ заключается в ведении присадки, корректирующей химический состав металлической ванны, в сочетании с вращением расходуемого электрода по ходу переплава. Представлены результаты трёх экспериментальных переплавов, два из которых проводились с целью проверки результатов математического моделирования, а один – с целью получения многослойного слитка. Макроструктура слитков, с фиксацией фронта кристаллизации в ходе переплава, показала изменение положения фронта кристаллизации в соответствии с данными моделирования. При третьем переплаве получен многослойный слиток путём переплава электрода из стали марки 30Х13 с периодическим введением науглераживателя (чугунной крупки). После осадки,ковки и термической обработки экспериментального многослойного материала, определены его механические и усталостные характеристики.

В главе 5 рассмотрен опыт по введению частиц, корректирующих химический состав металлической ванны, размещённых на поверхности расходуемого электрода. Сделано предположение, что таким образом возможно доставить в металлическую ванну вещества и соединения с удельной плотностью, сравнимой или меньшей, чем у рабочего флюса, избежав взаимодействие со шлаковой фазой. Результаты опытных переплавов показывают возможность введения таким образом карбидов вольфрама, титана и бора.

В заключении представлены основные результаты и выводы диссертационной работы.

В целом, рецензируемая диссертационная работа структурирована, информативна и выполнена в объеме, необходимом для кандидатской диссертации. Цели и задачи диссертационной работы сформулированы четко, сделанные выводы логически вытекают из полученных результатов. Диссертант принимал активное участие в выполнении экспериментальной работы, подготовке и публикации полученных результатов.

Научная новизна работы

1. Математически обоснована и экспериментально подтверждена зависимость между положением фронта кристаллизации формируемого слитка и местом доставки капель электродного металла в металлическую ванну.
2. Установлено влияние изменения места доставки капель электродного металла на свойства формируемого слитка.
3. Показана возможность введения частиц карбидов вольфрама, титана и бора в металлическую ванну через каплю электродного металла в процессе ЭШП.

Практическая значимость работы

1. Предложен способ получения многослойных слитков методом электрошлакового переплава со сниженной протяжённостью переходной зоны между слоями.
2. Предложен способ введения добавок для изменения химического состава металлической ванны в каплю электродного металла при электрошлаковом переплаве.
3. Результаты работы внедрены и используются в учебном процессе в филиале ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте при подготовке студентов по направлениям 22.03.02 «Металлургия» и 22.04.02 «Металлургия».

Достоверность результатов диссертационного исследования и обоснованность выводов подтверждены автором путем использования современных методов исследования и анализа, математических методов обработки полученных результатов.

По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. В диссертационной работе не рассмотрен вопрос окончания процесса плавления, который связан со снижением возможных усадочных процессов, а именно объемной усадкой.
2. Не пояснена возможная целесообразность твердого старта при реализации данной технологии. Вопросы, связанные со стартом, решаются с использованием жидкого флюса, предварительно подаваемого в кристаллизатор.
3. Какие соединения, кроме представленных в работе, возможно применять для изменения состава металлической ванны.

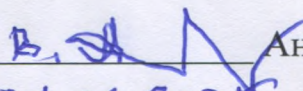
Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней»

Диссертационная работа **Матвеевой Марии Андреевны** является актуальной законченной научно-квалификационной работой, имеет новизну и

практическую значимость. Основные результаты работы изложены в 14 работах, из которых 11 в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией и индексируемых на базе данных Scopus, 2 патента на изобретения и 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Апробация результатов работы прошла на 3 международных научно-технических конференциях. Содержание диссертационной работы соответствует основным целям и выводам работы. Положения и выводы диссертационной работы достаточно обоснованы. Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации. Качество оформления диссертации находится на хорошем уровне.

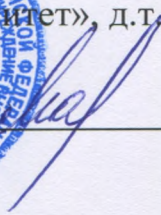
Диссертационная работа «Исследование процесса формирования ванны жидкого металла с целью снижения протяжённости переходной зоны при производстве многослойных слитков способом электрошлакового переплава» отвечает всем требованиям, сформулированным в п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г № 842. «О порядке присуждения учёных степеней». В ней решена актуальная техническая задача, отвечающая паспорту специальности, а её автор **Матвеева Мария Андреевна** заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 Metallurgy чёрных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук, доцент, доцент
кафедры «Литейные и высокоэффективные
технологии» ФГБОУ ВО «Самарский
государственный технический университет»


Аникеев Владимир Викторович
31.08.2025г.

Подпись Аникеева В.В. заверяю:
Учёный секретарь Учёного Совета
ФГБОУ ВО «Самарский
государственный технический университет», д.т.н.




Ю.А. Малиновская

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет»

Адрес: Россия, 443100, Самарская обл., г. Самара, ул Молодогвардейская, д. 244

Тел.: +7 (846) 242 22 68, 8 917 153 4085

Адрес электронной почты: tlp@samgtu.ru

Я, Анিকেев Владимир Викторович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведённых в этом документе В.Ж.А.