

ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н. Братковского Евгения Владимировича
на диссертационную работу Ячикова Матвея Игоревича
«МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫХ ПЕЧЕЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности
05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (металлургия)

1. Актуальность работы

На современном этапе развития народного хозяйства важное научно-техническое и прикладное значение приобретают проблемы совершенствования ресурсосберегающих технологий. Они особенно актуальны для металлургического производства, связанного с большими энерго- и трудозатратами.

Диссертационная работа Ячикова М.И. направлена на разработку эффективных методов повышения эффективности переработки и вторичного использования легированного стального лома. Предлагается рациональное решение рециклинга стального лома с применением электрошлакового переплава (ЭШП) и модернизация конструкции электрошлаковых печей. Показанная разработка оригинальных конструкций переплавных электродов и совершенствование технологии ЭШП позволит обеспечить эффективную утилизацию дорогостоящего металлического лома внутри металлургического предприятия, повысить производительность установок ЭШП за счет сокращения длительности производственного цикла получения литой заготовки и уменьшения числа технологических операций.

Работа вносит значительный вклад в вопросы улучшения технологии и повышения производительности при изготовлении заготовок роликов МНЛЗ и ножей из отходов металлургического производства, что очень важно в современных экономических условиях, поэтому данная работа является актуальной.

Тема диссертации соответствует паспорту научной специальности 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (Металлургия).

2. Структура и объем диссертационной работы

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 90 наименований; изложена на 137 страницах, включая 66 рисунков, 12 таблиц и 3 приложения.

Во введении представлена общая характеристика диссертационной работы.

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА	
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»	
за № _____	
Дата регистрации	09.06.2021
Фамилия регистратора	

В первой главе «Анализ современных способов и устройств для получения высококачественных литых заготовок» показаны современные промышленные агрегаты для электрошлакового переплава (ЭШП). Указаны направления совершенствования оборудования и технологии ЭШП. Установлено, что современным способом переработки стружки легированного металла являются одностадийные способы переплава. Предложено прессование стружки в расходуемый электрод и дальнейший его переплав в электрошлаковой печи с получением качественного слитка. Один из способов получения полых слитков в ЭШП заключается в том, что благодаря наличию дорна или прошивня металл расходуемого электрода стекает в кольцевой зазор, где формируется полый слиток. Самой большой проблемой здесь является система охлаждения медного металлического дорна.

Установлено, что до сих пор не созданы эффективная технология и конструкции для получения переплавных электродов ЭШП из лома дисковых ножей, являющихся отходами металлургического производства. Отсутствуют простые и надежные инженерные методики расчета конструктивных параметров элементов ЭШП при выборе процесса переплава электродов из прессованной стружки высоколегированного лома для получения полых заготовок или заготовок сплошного сечения. На основе текущего уровня науки и техники в области исследования способов изготовления переплавляемого электрода, а также конструкций электрошлаковой печи для получения сплошных и полых заготовок сделан вывод о том, что есть множество решений для утилизации отходов металлургического производства. Из них диссертантом выбраны наиболее рациональные, исходя из этого, были сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе «Реконструкция электрошлаковых печей для реализации новой технологии производства заготовок для роликов МНЛЗ» отмечено, что самой изнашиваемой частью МНЛЗ являются стальные ролики. Восстановление их на ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» обычно проводят либо электрошлаковым переплавом, получая электроды из отработанных роликов, либо наплавляют на наплавочной установке У1416. При вытачивании ролика из заготовки образуется большое количество стальной стружки из стали марки 25Х1МФ. Ее утилизацию проводят путем переплава в дуговой или индукционной печи. Однако при этом имеется большой угар металла и легирующих компонентов. Предложен более эффективный способ, включающий электрошлаковый переплав из

электродов, полученных из брикетов спрессованной стружки. Разработана новая конструкция переплавляемого электрода из брикетов стальной стружки стали 25Х1МФ, позволившая более эффективно утилизировать легированный лом и сократить число операций по его переделу. В связи со значительным изменением электрических и тепловых свойств такого электрода в сравнении с литым, разработаны математические модели нового процесса электрошлакового переплава, методики расчета и компьютерные программы для определения электрических характеристик и теплового состояния переплавляемого электрода и шлаковой ванны установки ЭШП. На основе теоретических исследований установлены режимы переплава для обеспечения максимальной производительности в пределах 1,5 т/час, что как минимум на 20–25% выше производительности традиционных технологий. Полученные теоретические результаты подтверждены опытно-промышленными испытаниями, наиболее эффективные режимы внедрены в промышленное производство в ООО «Механоремонтный комплекс» ПАО «ММК».

В третьей главе «Разработка технологий и оборудования для производства литых заготовок из отработанных дисковых ножей» разработана новая конструкция составного электрода, изготовленного из отработанных дисковых ножей из стали 6ХВ2С, позволившая эффективно их утилизировать путем переплава в электрошлаковой печи для повторного использования. Установлена анизотропия свойств полученного сварного электрода, с учетом этого разработана математическая модель с использованием аналитического решения для определения нестационарного поля температуры по длине переплавляемого электрода. Посредством компьютерного моделирования выявлено, что нижний торец электрода достигает температуры солидуса примерно через 3–4 минуты. Полученные данные являются основой для определения момента начала плавления и включения механизмов перемещения электрода и кристаллизатора. Установленная динамика теплового состояния переплавляемого электрода в зависимости от его геометрии и свойств, а также теплового состояния шлаковой ванны позволили определить рациональные скорости вытягивания слитка и перемещения электрода. Сравнение технологии переплава электрода, изготовленного из отработанных дисковых ножей, с существующими двухстадийными технологиями показало ее явное преимущество по производительности, суммарным энергозатратам и по качеству получаемого слитка.

Проведенная экспериментальная выплавка заготовки на установке ЭШП ООО «ОСК» из электрода, сваренного из отработанных ножей, показала, что химический состав слитков соответствует стали марки 6XB2C и полученный металл слитка имеет высокие механические свойства.

В четвертой главе «Совершенствование конструкций ЭШП для получения полых заготовок дисковых ножей» предложены различные варианты конструкций системы охлаждения внутреннего кристаллизатора (дорна) ЭШП. Разработаны математические модели и компьютерные программы для определения гидравлических параметров охлаждающей системы и теплового состояния дорна заданной конструкции. На основе теоретических исследований установлено, что стационарное тепловое состояние дорна наступает в течение 5–7 минут; а увеличение количества каналов при одинаковой суммарной площади их поперечного сечения приводит к уменьшению градиентов температуры. Инженерное моделирование с использованием программного комплекса ANSYS подтвердило адекватность разработанных моделей и позволило рассчитать тепловое состояние дорна, выполненного в виде изложницы. При этом температура внутреннего кристаллизатора при рабочих тепловых потоках не превышает 180°C , что является лучшим результатом среди рассмотренных вариантов конструкций охлаждения дорна. Созданы рабочие чертежи дорна в виде изложницы, а также модернизированного поддона кристаллизатора ЭШП.

Следует отметить, что выводы по главам, а также основные выводы и результаты диссертационного исследования вполне логичны и обоснованы. Полученные результаты исследования позволяют утверждать, что соискателем для выбранного объекта проведено целостное и завершённое научное исследование.

3. Новизна исследования и полученных результатов

Теоретические и экспериментальные исследования, технологические и конструкторские разработки, выполненные автором, представляют значительный интерес для теории и практики металлургического машиностроения, причем некоторые результаты являются оригинальными и получены впервые.

Научно обоснована новая конструкция расходуемого электрода, сваренного из отработанных дисковых ножей, обеспечивающая сокращение длительности

производственного цикла получения литой заготовки за счет уменьшения числа технологических операций.

Для новой конструкции впервые предложен аналитический метод расчета геометрических и теплофизических свойств переплавляемых электродов, а также адаптированная математическая модель их теплового состояния в процессе ЭШП.

Определены основные положения построения конструкций внутреннего кристаллизатора электрошлаковой печи, позволяющего получать полые заготовки для дисковых ножей различного диаметра. На основе созданных оригинальных математических моделей и компьютерного моделирования гидравлических параметров охлаждающей системы и теплового состояния дорна выбраны рациональные режимы работы и конструкции системы его охлаждения. Выявлено, что температура внешней поверхности внутреннего кристаллизатора при рабочих тепловых потоках находится в пределах 200°C , что не превышает температуру разупрочнения меди.

Разработаны математические модели и методики расчета электрических характеристик процесса ЭШП, а также параметров теплового состояния шлаковой ванны и переплавляемого составного электрода, изготовленного из брикетов прессованной стружки. Это позволило установить рациональные технологические режимы переплава для обеспечения максимальной производительности на 20–25% выше, чем при использовании традиционных подобных технологий.

4. Обоснованность и достоверность результатов исследований

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается тем, что теоретические исследования базируются на фундаментальных законах соответствующих разделов механики и теплообмена. Адекватность созданных методик расчета и математических моделей подтверждается непротиворечивостью созданных моделей устоявшимся представлениям и самим себе, а также соответствием всех утверждений, измерений и выводов закону достаточного основания. Достоверность и новизна научных и технических решений подтверждена результатами промышленных испытаний, адекватностью разработанных математических и компьютерных моделей, а также инженерного моделирования посредством программного комплекса ANSYS.

5. Значимость для науки и практики

Научная значимость диссертации Ячикова М.И. заключается в том, что в ней

на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения, заключающиеся в разработке элементов конструкций, которые позволили повысить эффективность работы установки ЭШП, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны.

Практическая ценность работы состоит:

- в разработке конструкций и способов изготовления переплавляемых унифицированных электродов, получаемых из брикетов стальной стружки, с использованием метода горячего прессования и плазменной сварки или из отработанных дисковых ножей;
- в создании программы для ЭВМ «Тепловое состояние внутреннего кристаллизатора установки ЭШП», позволяющая определять рациональные конструкционные параметры внутреннего кристаллизатора ЭШП. Получено свидетельство о государственной регистрации программы №2017619260.
- в разработке новой конструкции системы водоохлаждения дорна для предприятия ООО «ОСК» на базе «ММК-Метиз», обеспечивающая требуемый уровень производительности процесса электрошлакового переплава, высокую надежность и безопасность эксплуатации.

На предприятиях: ООО «Объединенная сервисная компания» ПАО «ММК» модернизирована установка ЭШП с переплавляемым электродом из отработанных дисковых ножей. Получены результаты ее опытно-промышленных испытаний, подтвердившие эффективность предлагаемой технологии; в ООО «Механоремонтный комплекс» (цех ремонта металлургического оборудования № 3) внедрен разработанный метод переработки высоколегированной стружки в заготовки роликов МНЛЗ, заключающийся в использовании ЭШП электродов, полученных из брикетированной стружки.

6. Публикации и апробация работы

Результаты диссертации полностью отражены в 17 публикациях, в том числе: 2 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК и входящих в базу МБД и одно свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. На протяжении ряда лет материалы работы докладывались и обсуждались на конференциях, семинарах.

Работа изложена на 137 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 90

наименований; включает 66 рисунков, 12 таблиц и 3 приложения.

7. Замечания и вопросы по работе

По тексту работы можно сделать ряд замечаний.

1. На стр. 42 представлена схема изготовления переплавляемого электрода путем сварки прессованных цилиндрических брикетов. Непонятно почему для фиксации элементов использованы продольные полоски. Смогут ли они удержать массив электрода между полосками в процессе ЭШП при высоких температурах?
2. На стр. 70 представлен плохо читаемый рисунок (рис. 2.33). Объясните назначение отдельных элементов, крепление и расположение накладок.
3. На стр. 88–89 представлен рис. 3.11, на котором отмечен собранный электрод и его подсоединение к инвентарной головке. Видно, что предложенное соединение довольно сложное. Приведет ли это к ограничению использования предлагаемых конструкций на производстве?
4. На стр. 91 при указании массы электрода и получаемого слитка в килограммах использован неправильный технический термин – вес.
5. Отмечается ссылка на формулу Михеева (стр. 111), однако не указаны инициалы автора формулы и нет соответствующей ссылки на литературу, где представлена данная формула.
6. На стр. 119 неправильно показано значение и условное обозначение единицы температуры.

Указанные замечания носят частный характер и не затрагивают обоснованности и достоверности научных рекомендаций и выводов диссертации.

8. Общая оценка диссертации Ячикова М.И.

Диссертация Ячикова М.И. является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой и вносит существенный вклад в теорию и практику металлургического машиностроения и в развитие экономики металлургической отрасли страны в целом.

В диссертации на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения, заключающиеся в разработке конструкций ЭШП, которые позволили повысить эффективность работы ЭШП.

Диссертация имеет законченный вид, оформлена в соответствии с

нормативными требованиями, написана хорошим стилем и технически грамотным языком, имеет достаточное количество иллюстраций.

Материалы диссертации полностью опубликованы в научных изданиях. Содержание диссертации отражает основные материалы работ, выполненных автором. Автореферат, в котором изложены основные идеи и выводы диссертации, соответствует её содержанию.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация является научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9–14 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Ячиков Матвей Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (металлургия).

Выражаю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
доцент,
кандидат технических наук (специальность 05.16.04 – Литейное производство)
доцент кафедры «Металлургических технологий и оборудования»
Новотроицкого филиала
Национального исследовательского технологического
университета «МИСиС»



Братковский Евгений Владимирович

Контактные данные:

462359, г. Новотроицк, Оренбургской области, ул. Фрунзе, дом 8, Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС», кафедра МТО.
Тел.: 8 (3537) 67-97-29. E-mail: evbratk@yandex.ru.

Подпись Братковского Е.В. заверяю:

