

УТВЕРЖДАЮ

**Проректор по научной и
инновационной деятельности**

**ФГБОУ ВО «Сибирский
государственный индустриальный
университет»,**

**д.т.н., профессор
Коновалов С.В.**



« 16 » апреля 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования**

**«Сибирский государственный индустриальный университет»
на диссертационную работу**

Саитгараева Альберта Ахметгареевича

**на тему: «Совершенствование технологических режимов
производства электротехнической изотропной стали
с особонизким содержанием углерода и серы»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов**

Представленная диссертация посвящена актуальной проблеме получения особонизких содержаний вредных примесей, таких как углерод и сера, влияющих на удельные магнитные потери динамных марок сталей 4-й группы легирования. Автором предложена новая технология глубокого обезуглероживания и десульфурации расплава, которые являются объектом исследования работы. Предметом исследования является процесс возможности удаления вредных примесей с использованием одношлакового режима обработки расплава на участке внепечной обработки стали в условиях действующего производства КЦ-1 ПАО «НЛМК». Диссертация в полной мере соответствует паспорту специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Диссертация изложена на 193 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка цитированной литературы из 101 наименования, приложений на 8 страницах, содержит 81 рисунок и 42 таблицы. Автореферат диссертации содержит 19 страниц.

Актуальность темы диссертации определяется востребованностью теоретических, экспериментальных и практических работ, направленных на создание новых эффективных технологий удаления углерода и серы из металла при

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»	
за № _____	_____
Дата регистрации	<u>02.05.2024</u>
Фамилия регистратора	_____

производстве высококремнистых расплавов, таких как электротехнические марки стали.

Предложенный автором новый способ обезуглероживания и десульфурации электротехнической стали отличается от традиционно применяемых способов удаления углерода и серы использованием одношлакового режима обработки расплава путем перевода окислительного шлака в восстановительный с использованием раскислительного потенциала металла за счет высоких концентраций кремния и алюминия в последнем.

Результаты диссертационной работы представляют высокую научную и практическую ценность, за что отмечены Золотой медалью международной выставки «Металл-Экспо» в 2021 г., получен патент на способ обезуглероживания электротехнической изотропной стали в 2023 г. В диссертации представлено три пункта научной новизны, которая содержит главным образом новые явления и закономерности, обнаруженные в процессе экспериментальных исследований при удалении углерода и серы:

– установлено приоритетное влияние кинетических параметров при содержании углерода в расплаве менее 0,005%, увеличение поверхности раздела металл-газовая фаза достигается за счет снижения интенсивности подачи транспортирующего газа, а не за счет увеличения как предполагалось ранее.

– впервые показана возможность проведения глубокой десульфурации высококремнистого расплава с использованием одношлакового режима (без смены окислительного и наведения восстановительного шлака) при котором снижение окисленности шлака и повышение его сульфидной емкости достигается за счет высокого содержания кремния и алюминия, содержащегося в металле.

– показана приоритетная значимость влияния на магнитные свойства электротехнической изотропной стали углерода и серы при концентрациях менее 0,005% каждого. Установлено, что влияние серы на удельные магнитные потери больше в 1,75 раза, чем углерода.

Обоснованность научных положений, достоверность результатов и выводов диссертации определяется соответствием теоретических исследований, результатам экспериментальных исследований и промышленной практики, наиболее представительным и достоверным результатам отечественных и зарубежных исследователей, а также решением на основе полученных результатов важных научно-технических и практических задач.

Практическая ценность и значимость результатов диссертации заключается в следующем:

– разработана и внедрена в КЦ-1 ПАО «НЛМК» технология производства электротехнической стали с особонизким содержанием углерода и серы. С началом применения данной технологии, за период 2022 – 2023 г. выход годного увеличился в два раза относительно периода 2020 – 2021 г., при этом экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы по фактической отгрузке холоднокатаного листа электротехнической изотропной марки стали М250-50А составил около 50 млн. рублей;

– установлено, что для оптимального протекания реакции окисления углерода содержание последнего перед вакуумированием должно быть менее 0,025%, окисленность 400 – 700 ppm с подачей газообразного кислорода в объеме не

менее 30 м³, при условии окончания подачи кислорода не позднее 8 – 12 мин. и обеспечения «чистого кипа» в течение не менее 10 мин., время обработки следует увеличить с 18 мин. до 20 – 25 мин;

– уточнены источники поступления углерода в расплав, которые способствуют большему приросту углерода после этапа обезуглероживания. С помощью анализа потенциальных источников поступления углерода в металл разработаны рекомендации по минимизации науглероживания расплава после этапа обезуглероживания. Предложенные мероприятия могут служить достаточной информацией для решения задачи получения минимальной массовой доли углерода в расплаве на этапе обезуглероживания на АЦВ и обеспечения минимального повышения содержания углерода в стали на последующих этапах обработки в КЦ;

– экспериментально установлено и подтверждено влияние следующих факторов на процесс десульфурации высококремнистого расплава: состав, объем и окисленность шлака, расход, скорость и период отдачи порошковой проволоки с феррокальциевым наполнителем, температурный режим обработки и режим продувки инертным газом (Ar) на УДМ в условиях КЦ-1 ПАО «НЛМК», определены оптимальные диапазоны их изменения;

– полученные результаты имеют важное практическое значение поскольку разработанные режимы в работе позволили рассматривать возможность производства электротехнических марок класса High grades (M230-50A, M210-35A) и High frequency (NO).

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации:

1. Предложенную автором технологию обезуглероживания и десульфурацию высококремнистого расплава электротехнической изотропной стали можно рекомендовать для внедрения на отечественных металлургических предприятиях: ПАО «Северсталь» (г. Череповец), ПАО «ММК» (г. Магнитогорск).

2. На основании полученных теоретических и экспериментальных результатов разработанные технологические режимы могут быть масштабированы при производстве низкоуглеродистого, низкосернистого сортамента в условиях использования шихтовых материалов с повышенным содержанием серы, применением огнеупоров основного и вспомогательного оборудования с повышенным содержанием углерода.

Основные положения и результаты работы опубликованы в 7 печатных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, а также 1 патенте РФ, докладывались и обсуждались на Международных и отечественных научно-технических конференциях.

По диссертационной работе имеются следующие замечания и пожелания:

1. В работе приводятся причинно-следственные схемы влияния технологических приемов и режимов обработки в КЦ-1 на содержание углерода и серы в маркировочной пробе. Следует дать экспертную количественную оценку влияния данных технологических приемов и режимов обработки на данные элементы.

2. При рассмотрении влияния интенсивности циркуляции на структуру газового потока приводятся расчеты для трех значений интенсивности подачи транспортирующего газа: 80 м³/ч, 100 м³/ч, 140 м³/ч. Предлагается рассмотреть

скорости истечения газа при дополнительных расходах транспортирующего газа: 85 м³/ч, 90 м³/ч, 95 м³/ч, 105 м³/ч и т. д. с построением графиков зависимостей влияния площади всасывающего патрубка, диаметра аргонопровода и т. д. на скорости истечения газового потока.

3. В работе представлено влияние высоких содержаний кремния и алюминия на раскисление таких соединений как P₂O₅, TiO₂ и как следствие восстановление фосфора и титана с переходом их в металл. Необходимо рассмотреть восстановление других соединений, таких как Cr₃O₄, поскольку хром для электротехнической марки стали также является нежелательным элементом.

Заключение:

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладающей внутренним единством, в которой на основании проведенных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики и технологическую независимость страны. Диссертация соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Полученные соискателем новые научные результаты, теоретические положения и выводы являются достаточно обоснованными. В работе решены актуальные научные задачи, связанные с разработкой эффективной технологии производства низкоуглеродистой, низкосернистой электротехнической изотропной стали. Автором работы разработана и внедрена оригинальная технология выплавки и внепечной обработки высококремнистой стали одношлаковым режимом. Соискатель Саитгараев Альберт Ахметгареевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Диссертация рассмотрена и обсуждена, отзыв на нее утвержден на расширенном заседании кафедры металлургии черных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет». В обсуждении работы принимали участие сотрудники кафедры: доктора технических наук Протопопов Е.В., Темлянцев М.В., Якушевич Н.Ф., Уманский А.А., Ноздрин И.В., Крюков Р.Е., Рыбенко И.А., кандидаты технических наук Фейлер С.В., Кулагин Н.М., Бащенко Л.П., Дмитриенко В.И.

На расширенном заседании кафедры металлургии черных металлов и химической технологии присутствовали 32 человека. За предложенное заключение проголосовали единогласно. Протокол № 10 от 05 04 2024 года.

Отзыв подготовил:

зав. кафедрой металлургии черных металлов
и химической технологии ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный индустриальный
университет», кандидат технических наук, доцент
(научная специальность 2.6.2
Металлургия черных,
цветных и редких металлов»)

 С.В. Фейлер

Ученый секретарь кафедры металлургии
черных металлов и химической технологии
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
индустриальный университет», доцент

Н.А. Чернышева

Подписи зав. кафедрой МЧМиХТ, к.т.н., доцента Фейлера С.В. и ученого
секретаря, доцента Чернышевой Н.А. удостоверяю:

ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.401.01 при ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный
индустриальный университет»

д.т.н., доцент

М. П.



Уманский А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Адрес: Кирова ул., зд. 42, г. Новокузнецк,
Центральный район,
Кемеровская область – Кузбасс, 654007
Тел.: (3843) 77-79-79. Факс (3843) 46-57-92
E-mail: rector@sibsiu.ru
<http://www.sibsiu.ru>