

О Т З Ы В

официального оппонента, кандидата технических наук, **Савченкова Сергея Анатольевича** на диссертацию **Ерохиной Ольги Олеговны** на тему: «Повышение окислительной стойкости графитизированных электродов электродуговых печей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

1. **Актуальность темы диссертации**

На территории РФ активно внедряются меры по снижению экологической нагрузки на города, на территории которых расположены металлургические предприятия. Одним из факторов, влияющих на объемы выделяемых парниковых газов металлургическими предприятиями, является окисление углеродных материалов. В рамках диссертационного исследования рассматривается частный случай окисления электродов электродуговых печей, расходование которых значительно при учете объемов производимых металлов, для которых используются данные углеграфитовые изделия. Известны различные решения по повышению окислительной стойкости углеродных материалов, однако их применимость ограничена в случае с электродуговыми печами. Механизмы окисления углеграфитовых изделий зачастую изучаются для марок графита, используемых в ядерной энергетике, при этом отсутствуют исследования по окислению электродных марок, в том числе УНР, НР и других.

2. **Научная новизна диссертации**

В рамках диссертационного исследования Ерохиной О.О. определены механизмы окисления электродного графита, условия образования карбида хрома при использовании оксида хрома и каменноугольного пека, установлено повышение окислительной стойкости электродного графита при использовании покрытий из карбидообразующих оксидов, определена возможность образования карбидов из карбидообразующих оксидов при условиях эксплуатации электродов в электродуговых печах.

3. **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

ОТЗЫВ
ВХ. № 9-511 от 21.11.24
ЛУ УС

Соискателем проведены анализ актуальной научно-исследовательской литературы, экспериментальные и теоретические исследования по теме диссертации, апробация предлагаемых решений на модельных образцах. В рамках диссертационного исследования использовались комплексный термический анализ, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия. Полученные результаты обладают воспроизводимостью.

4. **Научные результаты, их ценность**

Научные результаты диссертационной работы представляют ценность для электродных и сталеплавильных предприятий. Ерохиной О.О. разработана установка и методика оценки режимов окисления электродного графита. Исходя из полученных данных определены механизмы окисления электродного графита, в том числе выделяют два режима окисления (в зависимости от температурных условий): до 800 °С значительное влияние на процесс окисления вносит выгорание первичного связующего; при температурах от 800 °С до 1100 °С наблюдается смешанный режим окисления. Предложена модель, описывающая скорость окисления образцов электродного графита при повышенных температурах. Полученные данные позволяют прогнозировать расходование электродного графита, однозначно оценивать применимость разрабатываемых решений по повышению окислительной стойкости.

Предложено решение, позволяющее повысить окислительную стойкость электродного графита, заключающееся в формировании защитного покрытия, содержащего от 70 мас.% каменноугольного пека и до 30 мас.% одного или нескольких из оксидов: оксида кремния, оксида хрома, оксида титана. Формирование защитного покрытия включает в себя стадии пропитки в автоклаве и дальнейший высокотемпературный обжиг. Предлагаемая технология отличается низкими капитальными затратами ввиду того, что пропитка каменноугольным пеком традиционно используется как для электродов электродуговых печей, так и для иных углеграфитовых изделий. Основным отличием является замещение части каменноугольного пека карбидообразующими оксидами. Исходя из данных по оценке окислительной стойкости, предлагаемое решение является эффективным, его использование позволяет снизить экономические издержки на производство металлов при использовании электродуговых печей.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 1 статье - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных. Получен 1 патент на изобретение.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Определены механизмы взаимодействия каменноугольного пека и оксидов (хрома, кремния, титана) в высокотемпературных условиях, в том числе температуры карбидообразования.

Разработан способ оценки окислительной стойкости электродов, предложена модель окисления электродов, позволяющая определять потенциальный срок службы изделий. Результаты диссертационного исследования использованы в ООО «Ставстрой» (Акт о внедрении (использовании) результатов кандидатской диссертации от 10.09.2024).

Разработано решение по повышению окислительной стойкости электродов электродуговых печей, которое может быть использовано на металлургических предприятиях и на предприятиях производства углеграфитовых материалов (патент РФ № 2788294 «Способ защиты графитированных электродов от высокотемпературного окисления»).

Научные и практические результаты могут быть использованы в учебном процессе с их включением в лекционные курсы и лабораторные практикумы при подготовке специалистов по направлению «Металлургия» по дисциплинам «Материаловедение», «Металлургия черных металлов».

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Использование результатов работы возможно на предприятиях производства электродов, в том числе компанией ООО «Эл б», а также производителями стали (ПАО «Северсталь», ПАО «НЛМК» и др.), ферросплавов (АО «Серовский завод ферросплавов», ООО «БЗФ»).

7. Замечания и вопросы по работе

Диссертация представляет безусловный интерес в научном плане и имеет практическую значимость для металлургических компаний. Структура диссертации и автореферата имеют логическую последовательность и полноту изложения.

Однако по содержанию работы имеется ряд замечаний и вопросов.

1) По тексту диссертации встречаются опечатки, в частности на стр. 6, 8, 10.

2) В диссертации поставлена задача (п.1, стр. 8), сформулированная как «... проведение патентного исследования по заданной тематике». Однако в тексте диссертации отсутствуют результаты такого исследования, в списке литературы фигурирует только одна ссылка на патент.

3) В тексте диссертации не отмечено, почему из всех карбидообразующих оксидов исследуются: оксиды хрома, титана и кремния.

4) В тексте диссертации предложена широкая номенклатура покрытий, однако не представлены факторы, определяющие выбор состава.

5) Предполагается, что техническое решение по окислительной стойкости образцов может быть внедрено после этапа графитизации, при этом традиционная схема производства электродов электродуговых печей включает в себя этап пропитки после обжига. Можно ли формировать защитное покрытие после этапа обжига электродов?

6) Следует пояснить, может ли техническое решение по патенту «Способ защиты графитированных электродов от высокотемпературного окисления» быть использовано для других углеграфитовых изделий?

7) По тексту диссертация не ясно будет ли защитное покрытие электродов электродуговых печей негативно влиять на расплав?

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Повышение окислительной стойкости графитизированных электродов электродуговых печей», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов полностью отвечает требованиям раздела 2

«Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор *Ерохина Ольга Олеговна* заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов.

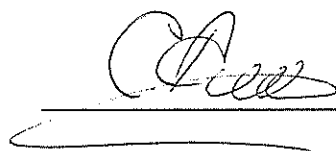
Официальный оппонент,

Руководитель направления управления по работе с интеллектуальной собственностью блока новых технологий общества с ограниченной ответственностью «Газпромнефть Научно-Технический Центр», кандидат технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов

телефон: +7(812) 313-69-24

E-mail: Savchenkov.SA@gazprom-neft.ru

14 ноября 2024 г.



Савченков Сергей Анатольевич

Общество с ограниченной ответственностью «Газпромнефть Научно-Технический Центр». Адрес: 190000, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 75-79, литер Д. Официальный сайт в сети Интернет: <https://ntc.gazprom-neft.ru>

Подпись руководителя направления общества с ограниченной ответственностью «Газпромнефть Научно-Технический Центр», кандидата технических наук Савченкова Сергея Анатольевича заверяю.

14 ноября 2024 г.



ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ
КЛИЕНТСКАЯ СЛУЖБА
БРД
ЖЕМАЕВА Г.Н.

