

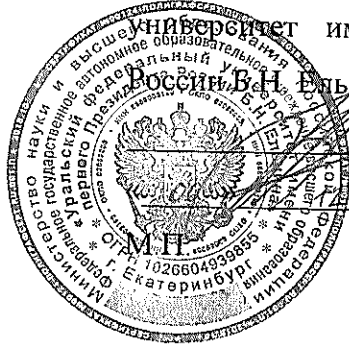
УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке, Федеральное
государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования «Уральский федеральный

университет имени первого Президента
России В.Н. Ельцина», д.ф.-м.н.

А.В. Германенко

2024 г.



О Т З Ы В

ведущей организации 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. Metallurgy of black, colored and rare metals.

1. Актуальность темы диссертации

При производстве цветных металлов и сплавов используются в том числе методы дуговой плавки в руднотермических печах. Спецификой эксплуатации данных изделий является постепенное расходование электродов, производимых из углеродсодержащих материалов. Данный процесс характерен для углеграфитовых материалов ввиду окисления в высокотемпературных условиях. Окисление изделий из таких материалов для условий, характерных для металлургических процессов, не изучено в достаточной мере. Предлагаемые решения по повышению окислительной стойкости углеграфитовых изделий, в том числе формирование защитных покрытий из боратных или фосфатных стекол, имеют ограниченную применимость ввиду узкого температурного диапазона эксплуатации и потенциального негативного влияния на расплав. Расходование электродов дуговых и руднотермических печей, в свою очередь, связано с повышением себестоимости процесса и дополнительной экологической нагрузкой в связи с образованием парниковых газов.

2. Научная новизна диссертации

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-560 от 12.12.24
АУ УС

Исследовано поведение углеграфитовых материалов в широком диапазоне температур, характерном для металлургических агрегатах (от 700 °С до 1100 °С). Определено, что при взаимодействии оксида хрома и углеродсодержащего материала при температурах выше 1400 °С образуется карбид хрома. Определено снижение скорости окисления углеграфитовых изделий в случае формирования защитных покрытий при использовании карбидообразующих оксидов. Установлено, что в ходе эксплуатации электродов с нанесенным карбидообразующими оксидами возможно образование карбидов благодаря Джоулеву нагреву.

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

Проведен обзор научно-исследовательской литературы, подтверждающий соответствие диссертации современным исследованиям в электродной и металлургической промышленности. Представленные результаты экспериментальных исследований характеризуются полнотой и воспроизводимостью. Проведены исследования с применением высокотехнологичных методов физико-химического анализа.

4. Научные результаты, их ценность

Исследован характер окисления углеграфитовых материалов при повышенных температурах, выделено два режима: до 800 °С, для которого характерно выгорание первичного связующего; от 800 °С до 1100 °С, характеризующееся смешанным режимом. Определена энергия активации для различных марок электродного графита в температурном диапазоне от 800 °С до 1100 °С. Разработана модель, позволяющая прогнозировать скорость окисления цилиндрической формы, эксплуатируемых в дуговых и руднотермических печах. Предложенные результаты позволяют оценивать поведение электродов в ходе металлургических процессов и упрощает разработку новых решений для повышения их окислительной стойкости.

Достигнуто повышение окислительной скорости электродного графита в 1,5 раза за счет использования защитного покрытия, содержащего смесь каменноугольного пека и карбидообразующих оксидов (до 30 мас.% оксида кремния, хрома, титана или их смеси). Предложенное решение позволяет снизить себестоимость технологического процесса, реализуемого в дуговых или руднотермических печах. Формирование карбидов за счет Джоулевого тепла в системе карбидообразующий оксид – каменноугольный пек – электродный графит позволяет в значительной степени снижать стоимость защитных покрытий и является заделом для разработки решений по повышению окислительной стойкости графита в различных отраслях.

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 и системы цитирования Scopus; получен 1 патент.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Предложено решение, позволяющее повышать окислительную стойкость электродов, эксплуатируемых в дуговых и руднотермических печах (патент РФ № 2788294, Способ защиты графитированных электродов от высокотемпературного окисления).

Разработана установка для оценки механизмов окисления электродного графита.

Результаты диссертационного исследования использованы в ООО «Ставрстрой» (Акт о внедрении (использовании) результатов кандидатской диссертации от 10.09.2024).

Научные и практические результаты могут быть использованы в учебном процессе при подготовке специалистов по направлению «Металлургия».

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Рекомендуется использование результатов работы на металлургических предприятиях, эксплуатирующих дуговые и руднотермические печи (АО «Кремний», ПАО «Северсталь» и др.).

7. Замечания и вопросы по работе

1. В диссертации наблюдаются опечатки (стр. 6, 51,55).
2. Описанное решение по повышению окислительной стойкости рассматривается с точки зрения эксплуатации электродов в дуговых сталеплавильных печах, при этом не раскрыты аспекты формирования защитного покрытия на электродах, используемых в цветной металлургии. Возможно ли использование предложенного решения для дуговых и руднотермических печей, эксплуатируемых при производстве цветных металлов?
3. В диссертации представлены результаты проведения исследований по Джоулеву нагреву образца при использовании Ansys. Почему для исследований была выбрана представленная геометрия? Проводились ли иные исследования по нагреву электродов при подаче тока? Почему было выбрано именно данное ПО?
4. Способ формирования защитного покрытия включает в себя пропитку в автоклаве. Возможно ли исключение данного этапа для удешевления технологии?
5. На стр. 59-60 представлены результаты исследования возможности использования техногенных отходов нефтепромышленности в качестве компонентов защитного покрытия. Соискателем делается вывод о том, что данная смесь не может быть использована для повышения окислительной стойкости. Какие факторы влияют на применимость техногенных отходов в качестве компонентов защитного покрытия?
6. Теоретическая температура образования карбида хрома из оксида хрома и углерода составляет 1080 °С. Практическая, в случае использования каменноугольного пека и оксида хрома в качестве сырья, составляет 1400 °С. Чем объясняется такое различие в теоретической и практической температуры образования карбида?

