

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Крылова Кирилла Андреевича на тему «Формирование структуры и свойств электродов руднотермических печей при прокатке и термофизическом воздействии» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов

Крылов Кирилл Андреевич в 2019 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" с присуждением квалификации магистр по специальности 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств (профиль: Автоматизация процессов в нефтепереработке). В 2019 году поступил в аспирантуру на очную форму обучения, кафедры автоматизации технологических процессов и производств по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая промышленность), приказом №74 лс/ст от 27.01.2023 переведен на кафедру металлургии на специальность 2.6.2 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

За период обучения в аспирантуре Крылов Кирилл Андреевич своевременно сдал кандидатские экзамены на оценку «отлично» и проявил(-а) себя квалифицированным специалистом, способным самостоятельно планировать и проводить экспериментальные исследования.

Принимал активное участие в Международных и всероссийских научно-практических конференциях:

- The XVI International Forum-Contest of Students and Young Researchers «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources» (июнь 2020 года, г. Санкт-Петербург);
- Sustainable Utilization of Water, Air, Soil, and Farm Resources (апрель 2021, г. Санкт-Петербург);
- The XVIII International Forum-Contest of Students and Young Researchers «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources» (май 2022 года, г. Санкт-Петербург);
- The XIX International Forum-Contest of Students and Young Researchers «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources» (май 2023 года, г. Санкт-Петербург).

В диссертации Крылова Кирилла Андреевича рассматривается технология производства углеграфитовых электродов из нефтяных коксов для металлургических печей. Решается вопрос повышения производительности и энергоэффективности процесса плавки в руднотермической печи через улучшение качества электродной массы, используемой для производства электродов, путем ее термофизической обработки.

В процессе обучения в аспирантуре Крылов Кирилл Андреевич в установленный срок успешно справился с заданиями календарного плана в полном объеме, проявил высокую работоспособность, целеустремленность и ответственность, приобрел навык педагогической деятельности, показал высокий уровень подготовки при написании научных статей и проведении научно-исследовательских работ.

Основное содержание диссертации полностью соответствует защищаемым положениям. Все этапы исследований выполнены в соответствии с утвержденным планом.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 5 основных печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, (далее - Перечень ВАК), а также, в 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus); опубликована 1 глава монографии по теме диссертации, получено 1 свидетельство на программу для ЭВМ и 1 патент на изобретение.

Актуальным является получение упорядоченной слоистой микроструктуры электродной массы, обеспечивающей однородный фазовый состав и повышение эксплуатационных характеристик электродов, что способствует снижению энергопотребления при повышении производительности в процессе руднотермической плавки и является критерием устойчивой работы.

Научная новизна работы, заключается в следующих результатах:

- Предложена методика расчета теоретической производительности трубчатой вращающейся печи с использованием результатов кинетического исследования реакции прокаливания (Свидетельство о гос. регистрации для ЭВМ №2021665019).

- Разработано техническое решение по способу производства структурированного кокса в экструдере, которое может обеспечить повышение стойкости и прочности электрода, снижения рабочего напряжения и расхода электроэнергии за счет формирования направленно ориентированных слоев углеграфитового полупродукта путем его термофизической обработки (Патент РФ на изобретение № 2784238).

- Проведенное исследование электродной массы, полученной с применением предложенного экструдера, показало, что при оптимально выбранных параметрах процесса (температура коксования – 150-520°C, заданном давлении для движения электродной массы, скорость вращения шнека - 15-20 об/мин) - получается равномерно структурированная по объему масса электрода.

- Установлено влияние термофизических процессов, реализуемых при экструзии, на структуру и свойства электродных масс при заданных параметрах температуры нагрева, давления и скорости движения массы в экструдере.

- Установлена связь, определяющая соответствие структурных изменений после термофизического воздействия с режимами прокаливания, что проявляется в формировании равномерной, слоистой и направленной структуры для некоторых образцов.

Личный вклад автора заключается в постановке цели, формулировке задач и разработке методики исследований; в проведении анализа научно-технической литературы и патентного поиска; выполнении лабораторных исследований и разработке технических решений, адаптированных к условиям действующего производства углеграфитовых масс и электродов; научном обобщении результатов, их публикации и апробации в высокорейтинговых изданиях.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендации обеспечена необходимым объемом экспериментальных исследований и полученных данных, и подтверждается их соответствием с ранее проведенными разработками и исследованиями, а также доказывается применением высокотехнологичных методов анализа физических и технологических параметров процесса прокаливания и термообработки и обработки теоретических и экспериментальных результатов с применением современных средств вычислительной техники и цифровых технологий.

Теоретическая и практическая значимость работы:

- разработана методология поиска оптимальных условий прокаливания применительно к конкретному сорту кокса и даны рекомендации по дальнейшей переработке прокаленного нефтяного кокса в углеграфитовую массу для производства электродов для руднотермических печей.

- разработка фундаментальных основ механизма формирования слоистой структуры электродной массы при термофизическом воздействии;

- методология поиска оптимальных условий прокаливания применительно к коксу Волгоградского НПЗ и рекомендации по дальнейшей переработке прокаленного нефтяного кокса в углеграфитовую массу;

- предложены дополнительные технические и технологические мероприятия, связанные с производством электродов для металлургических печей, в том числе руднотермических.

Диссертация «Формирование структуры и свойств электродов руднотермических печей при прокалке и термофизическом воздействии», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. - Металлургия черных, цветных и редких металлов, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

