

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Национального исследовательского
Томского государственного университета,
академик РАО, доктор психологических наук,
профессор



Галажинский Эдуард Владимирович

30 » 10 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» на диссертацию **Крылова Кирилла Андреевича** на тему «Формирование структуры и свойств электродов руднотермических печей при прокалке и термофизическом воздействии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 - Metallurgy черных, цветных и редких металлов.

Представленная на отзыв диссертация посвящена решению вопроса разработки технологии производства структурированной электродной массы из нефтяного кокса при поэтапном прокаливании в трубчатой вращающейся печи и термофизическом воздействии для получения электродов с высокими эксплуатационными характеристиками для руднотермических печей.

1. Актуальность темы диссертации

На сегодняшний день в России и мире сохраняется повышенный спрос на нефтяной кокс премиальных сортов для производства углеграфитовых электродов и наблюдается тенденция к его дальнейшему увеличению. В тоже время в России отсутствует промышленное производство нефтяного кокса высокого качества. Упорядоченная микроструктура, фазовый состав и свойства кокса и, как следствие, электродной массы, обеспечивают требуемые свойства и показатели качества электродной продукции. Использование анизотропного кокса в качестве сырьевого источника для производства электродной массы позволяет улучшить теплофизические характеристики углеграфитового электрода. Электроды руднотермических печей (РТП) – ключевые элементы металлургической системы и основной расходный материал, получаемый из различных видов нефтяного кокса. Именно электроды из структурированного сырья обеспечивают устойчивую работу руднотермических печей, что может выражаться в повышении их

производительности, в частности, в процессе выплавки металлургического кремния, при общем снижении уровня энергопотребления, что объясняется необходимыми для них высокими электропроводностью, химической и механической стойкостью при продолжительной эксплуатации в печах.

Существующие технологии производства углеграфитовых электродов из сырья, имеющего нефтяное происхождение, не нашли широкого применения в промышленности ввиду преимущественно изотропной структуры рядовых нефтяных коксов. Отсутствие промышленного механизма модификации структуры изотропных коксов ограничивает область их применения ввиду недостаточной электропроводности и низкой устойчивости к высоким температурам, что делает такие коксы непригодными для использования в металлургии в качестве материала производства углеграфитовых электродов. Поэтому, требуется разработка новых технологических и технических решений, основанных на глубоком изучении свойств рядовых нефтяных коксов, которые заложат основу для будущего формирования необходимой структуры углеродного материала.

Представленные в диссертационной работе результаты теоретических и экспериментальных исследований направлены на решение поставленных выше задач, и, следовательно, являются актуальными. Актуальность работы подтверждается также ее соответствием приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года.

2. Структура и объем диссертации

Представленная на рассмотрение диссертационная работа состоит из оглавления, введения, 4 глав с выводами по каждой главе, заключения, списка используемой литературы, включающего 170 наименований и приложения. Общий объем работы составляет 146 страницы машинного текста, в том числе 22 таблицы, 55 рисунков, 3 приложения.

Автореферат имеет объем 20 страниц с дополнительной вкладкой. Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертационной работы.

3. Основные научные результаты, обладающие новизной

Автором в результате выполненного диссертационного исследования получены следующие основные научные результаты, обладающие новизной:

1. Изучены кинетические особенности процесса прокаливания нефтяного кокса для моделирования процесса в трубчатой вращающейся печи применительно к конкретному углеродному материалу и определен оптимальный температурный профиль в печи применительно к данному процессу прокаливания.

2. Экспериментально подтверждено, что при прокаливании образцов кокса в температурном диапазоне 1100–1200°C происходит активный выход остаточных летучих веществ и наблюдается рост зерен кокса с формированием первоначальной слоистой структуры.

3. Определен критический размер гранул нефтяного кокса (диаметр ~3,0 см), при котором в трубчатой печи будет обеспечиваться равномерный прогрев коксового сырья, как в объеме материала, так и внутри отдельно взятой гранулы для конкретного сорта кокса.

4. Показано, что выбор оптимального температурного профиля в трубчатой вращающейся печи при заданной продолжительности проведения процесса прокаливания нефтяного кокса оказывают определяющее влияние на формирование необходимых свойств получаемой продукции, что подтверждается исследованием показателей теплопроводности и структуры образцов в зависимости от их термической обработки.

5. 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.

6. 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.

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

4. Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость заключается в разработке фундаментальных основ механизма формирования анизотропной структуры электродной массы при термофизическом воздействии. Разработана методология поиска оптимальных условий прокаливания применительно к конкретному сорту кокса (свидетельство на программу ЭВМ №2021665019). С использованием разработанного и запатентованного решения (патент РФ №2784238) предложен вариант решения проблемы переработки нефтяных коксов в структурированную углеграфитовую массу, показана возможность дальнейшего использования этой массы в качестве материала для производства электродов для руднотермических печей. Проведен лабораторный эксперимент карботермического восстановления металлургического кремния с использованием электродов из структурированной УГМ, который также подтверждает эффективность предложенного решения. По результатам проделанной работы получен акт

внедрения АО «СоюзЦМА» от 20.09.2023 г., подтверждающий возможность внедрения разработанного решения в производственную деятельность.

5. Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и рекомендаций работы

Результаты диссертационных исследований рассмотрены 5-ти печатных трудах, в том числе в 2 статьях в изданиях, входящих в перечень ВАК, в 3 статьях в изданиях, входящих в международную базу данных и систем цитирования Scopus. Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы не вызывает сомнений и подтверждается использованием современных общепризнанных методик и аттестованного аналитического оборудования, а также проведением опытно-промышленных испытаний на действующем производстве с обобщением результатов испытаний.

6. Общая оценка диссертации, вопросы и замечания

При рассмотрении работы Крылова Кирилла Андреевича возникли следующие вопросы и замечания:

1. Почему диссертационная работа ориентирована на получение кокса для электродов руднотермических печей, а не для ДСП или ЭП печей и с чем это связано?

2. Из работы непонятно, какие основные структурные показатели влияют на эффективную работу печи РТП?

3. Какие примеси в электроде влияют на качество получаемой продукции, а именно металлургического кремния?

4. Чем обоснован выбор трубчатой вращающейся печи для обжига нефтяного кокса с НПЗ «Лукойл-Волгограднефтепереработка»?

5. Чем обосновано введение стадии термофизической обработки после обжига кокса во вращающейся печи.

6. С чем связан выбор конструкции экструдера?

7. Заключение

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 чёрных, 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», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Крылов Кирилл

Андреевич - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 - Metallургия чёрных, цветных и редких металлов.

Отзыв на диссертацию Крылова К.А. обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры прочности и проектирования с участием лаборатории нанотехнологий металлургии физико-технического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», протокол № 2 от 27 октября 2023 г.

И. о. проректора по научной и инновационной деятельности, заведующий научно-исследовательской лабораторией высокоэнергетических и специальных материалов физико-технического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доктор физико-математических наук (01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), профессор

« ___ » _____ 2023 г.

Ворожцов Александр Борисович

Заведующая кафедрой прочности и проектирования физико-технического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доктор физико-математических наук (01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела)

« ___ » _____ 2023 г.

Марченко Екатерина Сергеевна

Подпись А. Б. Ворожцова и Е. С. Марченко удостоверяю
Ученый секретарь ученого совета
ФГАОУ ВО НИ ТГУ



Сазонтова Наталья Анатольевна

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»; 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; (3822) 52-98-52; rector@tsu.ru; <http://www.tsu.ru>