

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО

«Иркутский национальный

исследовательский

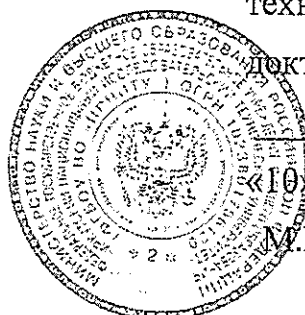
технический университет»

доктор технических наук, доцент

М.В. Корняков

«10» сентября 2024 г.

М.П.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Нгуен Хю Хоанг на тему: «Цифровая автоматизированная система управления электролитическим рафинированием меди», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

1. Актуальность темы диссертации

Электролитическое производство катодной меди является одним из самых энергоемких металлургических производств, а также имеет значительные затраты материалов. Это является одной из главных причин отсутствия производств для глубокой переработки медьсодержащих руд в странах с низким энергетическим потенциалом и дефицитом энергетических ресурсов. Основные проблемы связаны с несовершенством контроля и управления основными технологическими параметрами при электролитическом получении меди, влияющими на удельный расход электроэнергии, и приводящими к прямым потерям ценных металлов, которые концентрируются в электролитных шламах.

Основными причинами высокого расхода электроэнергии и неконтролируемого энергетического состояния электролитической ячейки является наличие поверхностных и дендритных образований на электродах, а также, шламовых осадков, приводящим к коротким замыканиям и резкому

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-408 от 16.09.24
АУ УС

изменению содержания электролита и потерям ценных компонентов. В большинстве случаев данные отклонения фиксируются и контролируются во время периодических ручных замеров или методом визуального контроля. Существенные отклонения температуры электролита приводят к изменению сопротивления электролита в различных областях межэлектродного расстояния, способствуя активному формированию дендритов и последующему короткому замыканию между парами электродов в ванне. Значительное запаздывание в принятии решений для управляющего воздействия через систему АСУТП или при непосредственном устранении коротких замыканий или сливе шламового осадка снижают энергетическую эффективность процесса и приводят к уменьшению выхода по току.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна, полученная в ходе выполнения диссертационного исследования и сформулированная автором диссертации, в целом, не вызывает возражений.

В ходе исследования были установлены закономерности влияния состава электролита и его температуры на площадь и объем дендритных замыканий между электродами электролизной ячейки при фиксированном межэлектродном расстоянии.

Также была определена зависимость скорости накопления донных шламовых осадков в электролитической ячейке от технологических параметров, таких как количество и объем ликвидированных дендритных образований за определенный временной интервал.

Была разработана модель цифрового двойника, предназначенная для прогнозирования высоты осадка, что позволяет оптимизировать процесс слива шлама, сокращая тем самым удельный расход электроэнергии на 12-15%.

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

Достоверность результатов и корректность сформулированных выводов в работе в достаточной степени обоснованы. Выдвигаемые автором научные положения и предлагаемые решения детально проработаны и подтверждаются результатами исследований.

Главные научные результаты диссертации отражены в двух положениях, выносимых на защиту.

1. Система тепловизионного контроля оборудования позволяет определить объем и место дендритных осадков на электродах электролитической ячейки, и обеспечивает сокращение времени устранения коротких замыканий в 3 раза.
2. Контроль объема и уровня донных шламовых осадков в электролитической ячейке снижает расход электроэнергии на 12-15% при увеличении степени извлечения полезных компонентов.

4. Научные результаты, их ценность

- Установлены связи между ростом площади и объемом дендритных замыканий между электродами электролизной ячейки в зависимости от состава электролита и его температуры при заданном межэлектродном расстоянии.
- Определена скорость роста уровня донных шламовых осадков в электролитической ячейке при различных технологических параметрах, которая зависит от количества и объема ликвидированных дендритных образований, сформировавшихся в контролируемый промежуток времени.
- Разработана модель цифрового двойника для определения высоты осадка, позволяющая после измерений задавать время слива шлама, обеспечивая при этом снижение удельного расхода электроэнергии на 12-15%.

Результаты научного исследования представлены в восьми опубликованных работах, включая две статьи в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК) для публикации основных научных результатов кандидатских и докторских диссертаций. Кроме того, три статьи были опубликованы в изданиях, входящих в

международную базу данных и систему цитирования Scopus. Также получено два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

На основании проведенных исследований был разработан и обоснован алгоритм контроля и управления процессом электролитического рафинирования меди, который включает в себя контроль дополнительных параметров, позволяющих локализовать места коротких замыканий на электродах и сократить время их устранения в три раза.

Программные продукты, реализующие данный алгоритм, успешно прошли промышленные испытания и получили государственную регистрацию (свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ №2022614039 и №2023665289). Эти продукты были апробированы в условиях действующего производства в типовых электролизных цехах АО «Новгородский металлургический завод» и Медеплавильном заводе «Лаокай» во Вьетнаме.

Акт о внедрении результатов диссертационного исследования подтверждает успешное внедрение результатов кандидатской диссертации в АО «СоюзЦМА» для систем АСУ ТП электролиза (№1/23 от 12.04.2023) и Медеплавильного завода «Лаокай» (Институт горной науки и технологии Вьетнам) во Вьетнаме (№1 от 15.04.2024).

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Получены акты о внедрении результатов диссертационного исследования в АО «СоюзЦМА» для систем АСУ ТП электролиза (№1/23 от 12.04.2023) и Медеплавильного завода «Лаокай» (Институт горной науки и технологии Вьетнам) во Вьетнаме (№1 от 15.04.2024).

Работа может быть внедрена в условиях действующего производства на типовых производствах электролитического производства катодной меди республики Вьетнам.

7. Замечания и вопросы по работе

1. В разделе «Состояние АСУ ТП в производстве меди» (стр. 29) отсутствует детальная информация о конкретных средствах и контурах, используемых в системах автоматического управления технологическими процессами (АСУ ТП). Вместо этого представлено общее утверждение о том, что уровень автоматизации находится на примитивном уровне, однако не уточнено, на каких именно предприятиях проводилось данное исследование и какие данные были использованы для такого заключения. Кроме того, не представлена схема современной системы АСУ ТП, что затрудняет понимание текущего состояния автоматизации процессов в производстве меди.
2. Согласно актам о внедрении результатов, работа была апробирована, но представленные результаты моделирования (стр. 85) не были сопоставлены с полученными опытными данными. Из работы нельзя сделать вывод о адекватности модели.
3. В тексте диссертации требуется более четкое определение понятия "цифровой двойник". Цифровой двойник - это виртуальная модель физического процесса, которая создается для анализа и симуляции реальных условий и сценариев. Важно описать структуру и функции цифрового двойника, а также привести примеры его использования в контексте изучаемого процесса.
4. На стр. 70 приведено следующее утверждение «дает адекватный результат и для приведенных данных по измерению температуры электролита и площади самого замыкания». В связи, с чем возникает вопрос, что является адекватным результатом? Какой критерий адекватности применяли в данном случае?
5. В тексте диссертации нет исчерпывающей информации об экономической эффективности разработанной системы. Неясно, каким образом было получено снижение энергетических потерь на 12-15% и увеличение выхода по току на 2%, т.к. автором не приводятся сравнительные данные.
6. Хотелось бы получить ответ на вопрос, обеспечивает ли разработанная цифровая автоматизированная система управления электролитическим рафинированием меди непосредственное управление? Или её задача заключается только в обработке и передачи данных в АСУ ТП?

Высказанные замечания и пожелания не меняют общей положительной оценки представленного исследования

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Цифровая автоматизированная система управления электролитическим рафинированием меди», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» 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 **Нгуен Хю Хоанг** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации **Нгуен Хю Хоанг** обсуждён и утверждён на заседании кафедры автоматизации и управления ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», протокол заседания № 1 от «10» сентября 2024 года.

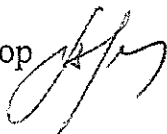
Председатель заседания,

заведующий кафедрой автоматизации и управления

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский

технический университет»,

доктор технических наук, профессор



Елшин Виктор Владимирович

Секретарь заседания,

доцент кафедры автоматизации и управления

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный иссле-

довательский технический университет», кандидат
технических наук, доцент

Голодков Юрий Эдуардович

Подпись председателя заседания Елшина В.В. и секретаря заседания Голодкова
Ю.Э. заверяю:

М.П.

Подпись

ЗАВЕРЯЮ

Общий отдел ФГБОУ ВО «ИрГУТ»



Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Иркутский национальный исследовательский технический
университет»

Почтовый адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Официальный сайт: <http://www.istu.edu>

E-mail: info@istu.edu

Тел.: 8 (3952) 405-100, 405-009