

АННОТАЦИЯ

Диссертации на соискание доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07201 – Металлургия

КАМЕНОВ АЛМАТ АЙТАСОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЧУГУНА, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ ЗАЛИВКЕ АНОДОВ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

Актуальность темы исследования. Развитие алюминиевой промышленности в Казахстане приводит к тому, что все большее внимание уделяется не только основным, но и вспомогательным процессам производства. Процесс электролитического получения первичного алюминия остается одной из наиболее энергоемких отраслей мировой промышленности.

Значительное потребление электроэнергии заводами алюминиевого производства делает вопросы повышения энергоэффективности производства важными как с экономической, так и с экологической точек зрения, особенно в контексте глобального перехода к принципам ESG.

Существенным источником непроизводительных потерь электроэнергии в алюминиевом электролизере является падение напряжения, значительная доля которого от 8% до 12% приходится на анодный узел. Основной причиной этих потерь является высокое контактное электрическое сопротивление в конструктивном узле «стальной ниппель - чугунная заливка - углеродный анод», определяемое физико-химическими и эксплуатационными свойствами заливочного чугуна.

В такой ситуации для повышения общей эффективности производства возникает необходимость анализа свойств и оптимизации химического состава заливочного чугуна, применяемого в технологическом переделе АО «Казахстанский электролизный завод».

Целью диссертационной работы является оптимизация химического состава заливочного чугуна для снижения электрических потерь в анодном узле алюминиевых электролизеров и улучшения эксплуатационных характеристик.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

- Провести комплексное исследование физико-химических и эксплуатационных свойств заливочного чугуна, применяемого на АО «Казахстанский электролизный завод»;
- Установить закономерности влияния химического состава и технологических факторов на структуру, литейные, механические и электрические свойства заливочного чугуна;
- Разработать оптимальный химический состав заливочного чугуна с пониженным содержанием фосфора;
- Разработать конструкцию анодного узла для изменения геометрии чугунной заливки;

- Провести испытания разработанных решений и подтвердить их технико-экономическую эффективность.

Объектом исследований является чугун, применяемый при заливке анодов алюминиевого электролизера.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы заключается в решении важной для металлургической отрасли задачи и основывается на следующих результатах, полученных впервые:

- исследованы и установлены взаимосвязи между химическим составом, микроструктурой, литейными, механическими и электрическими свойствами промышленного чугуна, применяемого на АО «КЭЗ», что позволило выявить факторы, определяющие падение напряжения в анодном узле в среднем на 85 мВ;

- теоретически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность рафинирования чугуна для заливки анодов с использованием сталеплавильного шлака АКП и извести, позволяющая получать чугун с содержанием фосфора <0,18%;

- установлена количественная зависимость между снижением содержания фосфора (с 0,94% до <0,18%) в заливочном чугуне, морфологическим переходом фосфидной эвтектики от сплошной межзеренной сетки (тип ФЭр3) к изолированным включениям (тип ФЭр1), и снижением удельного электрического сопротивления сплава.

- разработана новая конструкция ниппельного гнезда с трапециевидными выступами, обеспечивающая одновременное снижение падения напряжения и облегчение демонтажа чугунной заливки за счет изменения геометрии чугунной заливки.

Основные положения, выносимые на защиту

На защиту выносятся следующие основные научные и практические результаты:

- Результаты исследования физико-химических, механических и электрических свойств промышленного заливочного чугуна АО «КЭЗ» и установленные закономерности их влияния на падение напряжения в анодном узле;

- Результаты термодинамического моделирования процессов рафинирования чугуна с использованием сталеплавильного шлака АКП, извести и ферросплавов;

- Разработанная технология рафинирования промышленного чугуна, обеспечивающая получение металла с оптимизированным химическим составом, мас. %: углерод: 3,3-3,5; кремний: 2,4-2,5; марганец: 0,7-0,72; фосфор: 0,15-0,18; сера: 0,05-0,06; железо - остальное;

- Разработанная новая конструкция ниппельного гнезда с концентраторами напряжений, обеспечившая снижение усилия демонтажа на 36 %;

- Результаты испытаний, подтверждающие снижение перепада напряжения в анодном узле с 85 мВ до 41 мВ при использовании чугуна нового состава и предложенной конструкции ниппельного гнезда обожженного анода.

Практическая значимость работы. Практическая значимость работы заключается в разработке комплексного решения, направленного на повышение экономической и энергетической эффективности производства первичного алюминия.

Разработанная технология рафинирования чугуна с использованием доступных вторичных промышленных продуктов (сталеплавильный шлак АКП ПФ ТОО «KSP Steel») и новая конструкция анодного узла были успешно испытаны в ТОО «Incom Company», специализированной компании в области энергетической экспертизы, энергосбережения и энергоаудита что подтверждено соответствующими актами испытаний.

Предложен оптимизированный состав заливочного чугуна, разработана и запатентована новая конструкция анода алюминиевого электролизера. Внедрение предложенных решений позволяет снизить падение напряжения в анодном узле, обеспечивая прямой экономический эффект.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс НАО «Торайгыров университет» по дисциплине «Металлургия черных металлов и рециклинг» для студентов 3 курса образовательной программы 6B07205 «Металлургия».

Публикации и апробация работы. Результаты диссертационной работы опубликованы в четырех статьях:

- одна статья в журнале, входящем в базу Scopus (35 перцентиль):

1. Kamenov A. A., Bogomolov A. V., Vykov P.O., Zhunusov A. K., Suyundikov M. M. Determenation the properties of cast iron used in the installation of anodes // Metalurgija 62 (1) (2023) 1, P. 107-110.

- три публикации в журналах из перечня изданий, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшем образовании Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности:

2. Каменов А.А., Богомолов А.В., Быков П.О., Суюндиков М.М., Жунусов А.К. Современные составы чугуна, применяемого для заливки анодов алюминиевых электролизеров // Труды университета, 2023, №1. - С. 37-42.

3. Kamenov A.A., Bogomolov A.V., Vykov P.O., Suyundikov M.M., Zhunusov A.K. Test of an baked anode of an aluminum electrolyzer with a new nipple socked design // Наука и техника Казахстана, 2023, №4. - С. 154 - 162

4. Каменов А.А., Богомолов А.В., Жакупов А.Н., Рыспаев Т.А., Кулумбаев Н.К. Оптимизация химического состава заливочного чугуна // Наука и техника Казахстана, 2025. - № 2. - С. 276-294

- получен патент РК на изобретение:

5. Каменов А.А., Богомолов А.В., Суюндиков М.М., Жунусов А.К., Быков П.О., Абдрахманов Е.С., Кулумбаев Н.К. Обожженный анод алюминиевого электролизера : пат. на изобретение №36204 Респ. Казахстан- опубл.: 05.05.2023 Бюл. № 18

- получены патенты РК на полезную модель:

6. Каменов А. А., Богомолов А. В., Быков П. О., Жунусов А. К., Суюндиков М.М. Обожженный анод алюминиевого электролизера: пат. на полез. модель №8475 Респ. Казахстан - опубл.: 29.09.2023. Бюл. № 39.

7. Каменов, А. А., Богомолов, А. В., Жакупов, А. Н., Суюндиков, М. М., Жунусов, А. К., Быков, П. О. Чугун: пат. на полез. модель № 10455 U Респ. Казахстан: МПК С22С 37/10 (2006.01) - № 2025/0371.2 ; заявл. 07.03.2025 ; опубл. 25.04.2025, Бюл. № 17.

Основные положения и результаты работы апробированы и доложены на международной конференции в виде устных докладов:

8. Каменов, А. А., Богомолов, А. В. Математическое моделирование оптимизации химического состава заливочного чугуна для алюминиевых электролизеров // Торайғыров университетінің 65 жылдығына арналған «XXV Сәтбаев оқулары» атты Халықаралық ғылыми конференцияның материалдары. - Павлодар: Торайғыров университеті. Т. 15 «Жас ғалымдар». - 2025. - С. 262-266.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 132 страницах печатного текста, содержит 68 рисунков и 26 таблиц. Список использованных источников включает 127 наименований.