

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайғырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 4 (2018)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

О постановке на учет, переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 17022-Ж

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии,
автоматизации, автоматизированных и информационных систем,
электромеханики и теплоэнергетики

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Нефтисов А. В., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Шапканов Б. К., *к.т.н.м., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*

Боровиков Ю. С., *д.т.н., профессор (Россия)*

Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*

Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*

Говоруш В. Ф., *д.т.н., профессор*

Бородашко В. А., *д.т.н., профессор*

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*

Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*

Марковский В. П., *к.т.н., доцент*

Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*

Шокубаева Э. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

СОДЕРЖАНИЕ

Абдаков М. Г., Жамангарин Д. С., Байкенова Г. М., Смайлос Н. К. Реализация широкополосной сети связи по технологии FTTH посредством волоконно-оптических кабелей	14
Алимгазин А. Ш., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Преимущества альтернативных источников для автономных потребителей	21
Алимгазин А. Ш., Кислов А. П., Бергузинов А. Н., Омаров К. С., Бахтиярова С. Е., Бахтыбаев А. О. Применение «зеленых» технологий с использованием альтернативных источников энергии для повышения эффективности энергообеспечения объектов в промышленности, социальной сфере и аграрном секторе Павлодарской области	29
Амренов Ш. Д. Основы золоулавливания на тепловых электрических станциях	42
Ахметбаев Д. С., Нуралин А. Е. Об эффективности цифровой диагностики устройств РПН силовых трансформаторов	50
Баубек А. А., Жумагулов М. Г., Картаджанов Н. Р. Затраты теплоты на сушку зерна в зависимости от его влажности	59
Бахтыбаева С. А. Роль физики полупроводников в формировании профессиональной компетентности будущих учителей физики	66
Бейсембаев Н. К., Жапаргазинова К. Х. Модернизация блока тонкой очистки мономера ТОО «Компания НЕФТЕХИМ LTD»	73
Бекенов А. К., Шупеева Ш. М. Термомодернизация жилого фонда как один из инструментов энергосбережения и повышения энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве	88
Бекенова М. А., Еселханова Г. А., Кантарбаева А. Д. Особенности обрабатывающей промышленности в Республике Казахстан	96
Булатбаева Ю. Ф., Булатбаев Ф. Н., Искаков У. К., Швец Д. И. Расчет характеристик электроприводов углелепитателей котлоагрегата № 3 Топарской ГРЭС	102
Булатов Н. К., Балабаев О. Т., Саржанов Д. К., Сулейменов Т. Б., Алишев К. А. Совершенствование биогазовой установки путем размещения шнека биореактора под углом подъема биомассы	116

Елубай М. А., Кожахметова М. М., Төлегенов Д. Т. Перспектива использования ЭТБЭ	124
Әділқанова М. Ә., Абдулина С. А., Кокаева Г. А., Ықсан Ж. М. Определение влияния основных факторов на степень отгонки селена из селенсодержащих промпродуктов	131
Жапаргазинова К. Х., Карамурзина А. А. Физико-химические методы определения химического состава ферросилиция	143
Жумагулов К. К., Цыба Ю. А., Мустафина Р. М., Сарсиев Е. Ж. Оптимизация энергозатрат при волочении проволоки на станах с противонапряжением	152
Ивель В. П., Герасимова Ю. В., Молдахметов С. С., Петров П. А. Технология разработки системы беспроводной передачи ЭКГ-сигналов	161
Испулов Н. А., Жумабеков А. Ж., Кадилов К. К., Камашев С. А. Использование микроконтроллера Arduino для регистрации газовых паров в воздухе	168
Исупова Н. А., Серикбай Д. К. Способ защиты асинхронных двигателей электрических станций	174
Канаев А. Т., Богомолов А. В., Дычко И. Н., Вайнорюте В. В. Количественная оценка эффективности механизмов упрочнения сталей с различным структурным состоянием	181
Карабалина Ф. М. Определение реальных тепловых потерь в окружающую среду котла БКЗ-420-140	192
Карамбаев Д. Ж., Кишубаева Т. А. Управление энергией воздушного потока в работе ветродвигателя	199
Карбаев Н. К., Абишев К. К., Шонтаев Д. С., Оразалиев Б. Т., Сагатбекова А. Б. К вопросу о влиянии волнистости дороги на колебания самоходного бетоносмесителя	209
Келаманов Б. С., Жумагалиев Е. У., Самуратов Е. К., Акуев А. М., Абілберкіова А. А. Термодинамически-диаграммный анализ системы Ni-Fe-Cr-C	216
Кислов А. П., Бойко Г. Ф., Птицын Д. В. Зарубежный и отечественный опыт повышения эффективности работы крупных тепловых электростанций	226
Копишев Э. Е., Сулейменов И. Э., Матрасулова Д., Шалтыкова Д. Б., Ниязова Г. Б., Копишев И. Е. Новый подход к созданию искусственного интеллекта: моделирование творчества	236
Кошекос К. Т., Савостина Г. В., Ларгина И. А. Применение вейвлетного анализа для подавления высокочастотных помех в электрокардиосигнале	247

Кошекova Б. В., Кликушин Ю. Н., Савостин А. А.	
Компьютерные приборы идентификационных измерений сейсмограмм ..	257
Кошумбаев М. Б., Тілебалды С. Б.	
Разработка новой конструкции прямоточной гидротурбины с повышенной пропускной способностью отводящего участка	267
Марковский В. П., Шалкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Рахман К., Волгин М. Е.	
Нормирование электрических параметров предприятий и их подразделений	272
Матаев А. Г., Березуинов А. Н.	
Анализ современных технологий водоподготовки в условиях города Аксу Павлодарской области	281
Мухамедина М. Е., Булатбаева Ю. Ф., Булатбаев Ф. Н.	
Диагностирование – как метод повышения надежности электротехнического оборудования в электроэнергетических системах	294
Нукенов К. К.	
Комбинированная система солнечной энергии и тепловых насосов как способ снизить затраты на электроэнергию	302
Приходько Е. В., Дуйсенкенова А. Т.	
Определение надёжности работы энергетического оборудования	312
Приходько Е. В., Конкин Я. И.	
Анализ эффективности работы градирен	319
Серижтай М. К.	
Повышение экономичности энергоустановок путем оптимизации схем комплексного теплоснабжения за счет использования вторичных энергоресурсов	325
Сулейменов И. Э., Габриелян О. А., Пак И. Т., Мун Г. А., Копишев Э. Е., Игликов И. В.	
Принципы реализации технологий противодействия современным средствам манипуляции массовым сознанием	332
Танабаева А. Е., Есбенбетова Ж. Х., Серимбетов Б. А.	
Применение информационных технологий в управлении профессиональными рисками предприятий Республики Казахстан	347
Танжариков П. А., Амангелдиева Г. Б., Сейлбекова Ж. С., Султан К.	
Определение скорости коррозии при использовании жидкостных нефтяных эмульсионных трубопроводов	353
Тютебаева Г. М., Абишев С. Т.	
Совершенствование системы энергообеспечения г. Кокшетау	359
Тютебаева Г. М., Айдильдинов А. К.	
Применение бездеаэрационных систем на тепловых электрических станциях	370
Тютебаева Г. М., Алдиярова А. Н.	
Техническое перевооружение Алматинской ТЭЦ -1 с использованием газотурбинных установок и котлов утилизаторов	379

Тютебаева Г. М., Нуралина Н. М. Перспективы технического перевооружения энергокомплекса г. Актау ...	388
Уразалимова Д. С., Нурманов М. М. Развитие процесса непрерывной прокатки труб	395
Шанов И. В., Приходько Е. В. Повышение качества обожженных анодов, как важный этап в создании сверхмощного электролизера	399
Шорманов С. Т., Толеугали С. Т., Абдрахманова Н. Б. Охрана труда в строительном секторе Республики Казахстан	406
Правила для авторов	416

ГРНТИ 44.31.35

И. В. Шанов¹, Е. В. Приходько²¹магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстанe-mail: ¹john1380@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ, КАК ВАЖНЫЙ ЭТАП В СОЗДАНИИ СВЕРХМОЩНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

В настоящей статье производится анализ путей решения снижения затрат на электролитическое производство алюминия за счёт проектирования и внедрения в производство эффективных электролизеров большой единичной мощности. В проектах новых заводов по производству алюминия сохраняется устойчивая тенденция использования в качестве основного агрегата – электролизера с предварительно обожжёнными анодами. Проработка альтернативных способов пока не даёт обнадеживающих результатов.

Повышение качества обожжённых анодов, важный этап для снижения производственных затрат на производство алюминия. Повысить качество обожжённых анодов за счёт применения высококачественного сырья для производства анодов (нефтяной кокс, пек), в настоящее время не представляется возможным, и не только из-за увеличения затрат, наблюдается устойчивая тенденция к снижению качества сырья. В сложившейся ситуации одним из путей повышения качества обожжённых анодов может стать рационализация тепловых процессов в печах обжига анодов. На сегодняшний день самыми современными считаются кольцевые печи с открытым верхом, так как они наиболее приспособлены для контроля и регулирования режима обжига «зеленых» анодных блоков.

Ключевые слова: электролизёр, обожжённые аноды, режимы обжига, производство алюминия.

ВВЕДЕНИЕ

Снижение затрат на электролитическое производство алюминия является актуальной проблемой алюминиевой промышленности. Один из

путей решения этой проблемы проектирование и внедрение в производство эффективных электролизеров большой единичной мощности (более 300 кА) [1].

Процесс развития технологии получения алюминия в период с 1950 по наше время условно можно поделить на три этапа, охватывающих периоды 1950–1970, 1970–1990 и с 1990 г. по настоящее время.

В 1950-1970 годах в алюминиевой промышленности эксплуатировались преимущественно электролизеры с малой силой тока (40–120 кА), расходующие до 17000 кВт·ч на тонну алюминия. Электролизеры характеризовались малой мощностью. Удельный расход анода (нетто) достигал 500–550 кг на тонну алюминия, удельные выбросы фторида водорода – 5 кг на тонну алюминия.

1970–1990 годы характеризуются созданием и эксплуатацией электролизеров на силу тока 120–280 кА с автоматическим точечным питанием глиноземом и расходом электроэнергии менее 15 000 кВт·ч на тонну алюминия.

С начала 1990-х годов ведутся разработки и внедрение электролизеров силой тока 300–500 кА и более. Удельное потребление электроэнергии в постоянном токе современными электролизерами составляет 12 500–13 800 кВт·ч на тонну алюминия, удельные выбросы фтористого водорода – 0,4–0,6 кг на тонну алюминия. При этом ужесточение энергетических и экологических требований заставляет снижать удельный расход электроэнергии и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При этом повышение производительности действующих электролизеров за счет повышения силы тока, позволяет увеличить производительности алюминиевого завода в качестве быстрого реагирования на рыночные изменения. Однако, это требует, упорной работы в части сведения к минимуму изменений энергопотребления.

Повышение мощности электролизеров позволило не только снизить расход удельный электроэнергии, тем самым снизив затраты на производство, но и значительно снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

В проектах новых заводов по производству алюминия сохраняется устойчивая тенденция использования в качестве основного агрегата – электролизера с предварительно обожженными анодами (ОА). Проработка альтернативных способов пока не дает обнадеживающих результатов [2].

В настоящее время алюминиевые заводы оснащаются электролизёрами с обожженными анодами на силу тока 275–350 кА. На электролизёрах этого типа при анодной плотности тока от 0,85 до 0,88 А/см² достигнут выход

по току – 95 %, удельный расход электроэнергии –13,3 кВт·ч на тонну алюминия, расход анодов 515/415 кг (брутто/нетто).

Реакции, протекающие в электролизере, вносят вклад в расход анода. Те из них, которые не связаны с восстановлением алюминия определяют избыточный расход, который вреден и экологически, и экономически. Теоретический минимум, необходимый для производства составляет 334 кг углерода на тонну металла. С учетом выхода по току расход увеличивается до 355 кг на тонну алюминия. В зависимости от уровня технологии реальный расход обычно составляет от 395 до 425 кг на тонну алюминия, но может достигать и 480 кг. [3].

Стабильный выпуск первичного алюминия электролитическим способом зависит от применяемых технологий и конструкции электролизеров с обожженными анодами (ОА). Особое внимание требуют к себе следующие показатели: производительность, выход по току, технологическая эффективность, расход электрической энергии и сырья.

Перед крупными алюминиевыми производителями ставится цель достичь максимальных показателей на единицу производственной площади. Использование технологий мощного электролиза позволяют кардинально улучшить показатели удельного расхода электроэнергии и выхода по току.

Планируется строительство опытных заводов с электролизерами на силу тока 500 кА.

В настоящее время нет технических ограничений для создания ещё более мощного электролизёра. Например, моделирование МГД, термоэлектрических и механических параметров показывает, что электролизёры могут работать при силе тока 740 кА и выше [4].

Наиболее характерная для мирового рынка структура затрат при получении первичного алюминия электролизом криолитоглиноземных расплавов, выглядит следующим образом:

- глинозем – 39 %;
- электроэнергия – 28 %;
- трудозатраты – 18 %;
- аноды – 12 %;
- фторсоли – 3 %.

Производство качественного алюминия методом электролиза напрямую связано с анодным производством. Значительную часть себестоимости выплавки алюминия занимает производство анодов. По существующим технологиям с использованием предварительно обожженных анодных блоков в электролизерах, расходуется 0,4–0,5 т анода на тонну алюминия. Данное производство нуждается в качественных анодах, от которых зависит чистота и себестоимость выплавляемого металла.

Качественный анод должен соответствовать следующим требованиям:

- высокая стойкость к окислению, позволяющая минимизировать избыточный расход углерода;
- высокая плотность и малая газопроницаемость, сильно влияющие на расход анода, ценообразование и длительность рабочего цикла;
- достаточная механическая прочность, обеспечивающая структурную целостность и возможность проведения транспортных и технологических операций;
- высокая чистота, исключая загрязнение алюминия и уменьшающая расход анода;
- высокое сопротивление термоудару, обеспечивающее нормальную работу ванны.

Исходными материалами для анода служат нефтяной кокс-наполнитель и каменноугольный пек, являющийся связующим. В качестве добавок к электродной массе при изготовлении обожженных анодов используются огарки после электролиза и зеленый скрап. Обычно в состав массы входят приблизительно 65 % кокса, 15 % пека и 20 % скрапа и огарков.

Применение низкокачественных анодов приводит к увеличению затрат на производство металла, доходящих до 60 долларов США на тонну, а также увеличению выброса парниковых газов, достигающему 60 %.

На заводе с годовой производительностью 800000 т/год выбросы парниковых газов при использовании некондиционных анодов увеличиваются более чем на 1 миллион тонн эквивалентных выбросов углекислого газа, или 30 миллионам долларов США по паспорту источника выбросов CO₂.

Поэтому повышение качества обожженных анодов, важный этап для снижения производственных затрат на производство алюминия. Повысить качество обожженных анодов за счет применения высококачественного сырья для производства анодов (нефтяной кокс, пек), в настоящее время не представляется возможным, и не только из-за увеличения затрат, наблюдается устойчивая тенденция к снижению качества сырья:

- увеличивается содержание примесей (серы и ванадия) в нефтяных коксах и одновременно наблюдается ухудшение их механических и химических свойств;
- пеках на фоне увеличения температуры размягчения происходит увеличение содержания веществ не растворимых в хиолине.

Среди всех сырьевых материалов, необходимых для производства первичного алюминия, сырье для производства анодов отличается самым большим разбросом параметров свойств, определяющих качество.

В сложившейся ситуации одним из путей повышения качества обожженных анодов может стать рационализация тепловых процессов

в печах обжига анодов. На сегодняшний день самыми современными считаются кольцевые печи с открытым верхом. Так как они на наиболее приспособлены для контроля и регулирования режима обжига «зеленых» анодных блоков.

Ведение температурного режима обжига «зеленых» анодных блоков.

Температурный режим обжига анодов определяется графиком обжига. Графиком обжига задается значение температуры в греющих простенках камеры в определенный момент времени. Обжиг производится с целью придания «зеленым» анодным блокам необходимых физико-химических свойств: высокой механической прочности, электропроводности и химической стойкости за счет коксования пека под воздействием высоких температур, образующих от сгорания мазута и летучих продуктов обжига. Конечная температура в греющих простенках 1150 ± 50 °С.

Любое отклонение, превышающее ± 50 °С от заданных по графику обжига температур, приводит к выпуску обожженных анодных блоков, не соответствующих физико-химическим свойствам: высокой механической прочности, электропроводности и химической стойкости, что ведет к экономическим потерям и является нерациональным использованием энергоресурсов.

ВЫВОДЫ

Вероятность повреждения анодов в процессе электролиза напрямую зависят от параметров обжига. Обжиг является самой затратной стадией производства анодов. Соответственно, оптимизация процесса обжига, включающая рационализацию тепловых процессов производства обожженных анодов играет чрезвычайно важную роль в создании эффективных электролизеров большой единичной мощности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Бажин, В. Ю.**, Обоснование ресурсосбережения в технологии производства алюминия в высокоамперных электролизерах с обожженными анодами / Материалы конференции «Актуальные научные вопросы : реальность и перспективы» – Тамбов, 2011, 26 декабря. – С. 27.

2 **Николаев, И. В., Москвитин, В. И., Фомин, Б. А.** Металлургия легких металлов. – М. : Metallurgia, 1997. – 432 с.

3 **Халле, К. Л.**, Производство анодов. – Красноярск : «Классик-центр», 2004. – 452 с.

4 **Янко, Э. А.** Производство алюминия. – СПб., 2007. – 189 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

*I. V. Shanov¹, E. V. Prihod'ko²***Аса қуатты электролизерді құрудағы маңызды кезең ретінде күйдірілген анодтардың сапасын арттыру**^{1,2}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 19.12.18 баспаға түсті.*I. V. Shanov¹, E. V. Prihod'ko²***Upgrading of burnt anodes as the important stage in the creation of super-power electrolyzer**^{1,2}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 19.12.18.

Осы бапта үлкен бірі-жарым қуатты тиімді электролизерлерді жобалау және өндіріске енгізу есебінен алюминийдің электролиттік өндірісіне шығындарды азайтуды шешу жолдарына талдау жүргізіледі. Алюминий өндіретін жаңа зауыттардың жобаларында алдын ала күйдірілген анодтары бар негізгі агрегат – электролизер ретінде пайдаланудың тұрақты үрдісі сақталуда. Баламалы тәсілдерді тысықтау өзінге үміт күттіретін нәтижелер бермейді.

Күйдірілген анодтардың сапасын арттыру, алюминий өндірісіне өндірістік шығындарды төмендету үшін маңызды кезең. Анодтарды (мұнай коксы, тек) өндіру үшін жоғары сапалы шикізатты қолдану есебінен күйдірілген анодтардың сапасын арттыру қазіргі уақытта мүмкін емес және шығындардың ұлғаюына байланысты ғана емес, шикізат сапасының төмендеуіне тұрақты беталыс байқалады. Қалыптасқан жағдайда күйдірілген анодтардың сапасын арттыру жолдарының бірі анодтарды күйдіру пештерінде жылу процестерін ұтымды ету болуы мүмкін. Бүгінгі күні ең заманауи болып ашық үстіңгі сақина пештері саналады. Өйткені олар "жасыл" анодты блоктарды күйдіру режимін бақылау және реттеу үшін неғұрлым бейімделген.

In the article, the cost cutout analysis is projected on the electrolytic production of aluminium that is achieved due to planning and applying effective electrolyzers of unit power in the industry. In the projects of new aluminium production plants, the steady tendency of using electrolyzer

with preliminary burnt anodes as a basic aggregate is saved. Alternative methods do not give encouraging results.

Upgrading the quality of burnt anodes is an important stage for a productive cost cutout on the production of aluminium. Presently it is not possible to improve the burnt anodes quality through the application of high-quality raw material for the production of anodes (petroleum coke, pitch) due to not only the increase of expenses, but there is also a steady tendency to the decline of quality of raw material. In the current situation, the rationalization of thermal processes in the stoves for anodes burning can become one of the ways of burnt anodes upgrading. To date, circular stoves with an open top are considered the most modern, since they are the most accommodated for control and adjustment of the mode of «green» anodes burning.