

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

Алимов А.А.

Проектирование цеха электролитического производства алюминия

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

специальность 5В070900 – Metallургия

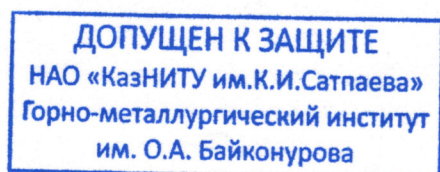
Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой
«Металлургия и обогащение
полезных ископаемых», к.т.н.
Барменшинова М.Б.
« 31 » 05 2022 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему: «Проектирование цеха электролитического производства алюминия»

по специальности 5В070900 – Metallurgy

Выполнил

Алимов А.А.

Рецензент
Доктор PhD,
СНС лаборатории редких
металлов РГП «НЦКПМС РК»



Малдыбаев Г.К.

« 31 » 2022 г.

Научный руководитель,
канд.техн.наук,
ассоциированный профессор
кафедры МиОПИ

Молдабаева Г.Ж.

« 31 » мая 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

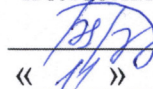
Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Горно – металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой
«Металлургия и обогащение
полезных ископаемых», к.т.н

 М.Б. Барменшинова
« 11 » 01 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Алимов А.А

Тема: Проектирование цеха электролитического производства алюминия

Утверждена приказом Ректора Университета №489-до от «24» декабря 2021 г.

Срок сдачи законченной работы: «25» мая 2022 г.

Исходные данные к дипломному проекту: _____

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

а) *вводная часть*

б) *основная часть*

в) *технологическая часть*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

представлены 12 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литературы: из 14 наименовани

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Вводная часть	1.02.2022-30.03.2022	Мт-
Основная часть	1.04.2022-30.04.2022	Мт-
Технологическая часть	1.05.2022-25.05.2022	Мт-

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписи	Подпись
Технологическая часть работы	Г.Ж. Молдабаева к.т.н., ассоциированный профессор	31.05.2022г.	Мт-
Нормоконтроль	С.К. Джуманкулова доктор PhD	31.05.2022.	К.Джуманкулова

Научный руководитель

Мт-

Г.Ж. Молдабаева

Задание принял к исполнению обучающийся

Алимов

Алимов А.А

Дата

«01» февраля 2022 г.

АННОТАЦИЯ

Ключевые слова: электролиз, алюминий, глинозем, криолит, электрическая ванна, катод, анод, сила тока.

Цель проекта – получение металлического алюминия путем электролиза.

Настоящий дипломный проект рассматривает вопрос процесса электролиза алюминия применительно к условиям ОАО «КЭЗ». На основании данных практики и литературных источников выбраны режимные параметры. Определены оптимальные условия получения первичного алюминия. В процессе проектирования выполнены технологические решения с расчетами процессов и аппаратов, выбрано необходимое вспомогательное оборудование.

АҢДАТПА

Түйінді сөздер: электролиз, алюминий, сазбалшық, криолит, электрлік ванна, катод, анод, ток күші.

Жобаның максаты — алюминийді электролиз процесімен алу болып табылады.

Осы дипломдық жоба ААҚ «КЭЗ» шарттарына сай алюминий электролизінің процессі жайында сұрақты қарастырады. Режимді параметрлер тәжірибе және әдеби мәліметтер негізінде таңдалған. Бастапқы алюминийді алудың ең қолайлы жағдайы анықталған. Жобалау процесі кезінде үрдістер және апараттардың техникалық шешімдері орындалды, қажетті қосымша жабдық таңдалды.

ANNOTATION

Key words: electrolysis, aluminum, alumina, cryolite, electric bath, cathode, anode, current intensity.

The purpose of this project is to obtain aluminum by electrolysis.

This graduation thesis considers electrolysis of alumina relating to the conditions of JSC “KEZ” Based on the data sources, practices and literature operational parameters are selected. The optimum conditions for production of primary aluminum. During the design process, technological solutions were made with calculations of processes and devices, the necessary auxiliary equipment was selected.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Исходные данные для проектирования цеха	6
1.1	Потребности в топливе, воде, тепловой и электрической энергии, вторичных энергоресурсах	5
1.2	Отходы производства	7
1.3	Технический уровень выпускаемой продукции	9
1.4	Сырьевая база предприятия	10
1.5	Технологический процесс электролиза алюминия	13
1.6	Устройство электролизёра	16
1.6.1	Состав и обоснование применяемого оборудования	17
2	Основы получения алюминия	25
3	Материальный баланс электролиза	31
3.1	Приход сырья	31
3.2	Расход сырья	31
3.3	Электрический расчёт электролизёра	33
3.3.1	Расчёт греющего напряжения	33
3.3.2	Расчёт напряжения разложения	34
3.3.3	Расчёт падения напряжения в анодном узле	34
3.3.4	Расчёт падения напряжения в подине	35
3.3.5	Расчёт падения напряжения в электролите	35
3.3.6	Расчёт падения напряжения от анодных эффектов	35
3.3.7	Расчёт среднего напряжения	37
3.3.8	Расчёт падения напряжения в ошиновке	37
	Заключение	44
	Список использованной литературы	46

ВВЕДЕНИЕ

Электролиз характеризуется непрерывным изменением технологических параметров, которые влияют на технико-экономические показатели производства: выход по току, производительность, расход электроэнергии и др. В этих условиях для управления производством целесообразно использовать автоматизированную систему управления процессом. Подобные системы, основанные на научных методах управления с максимальным применением автоматических устройств, для получения, передачи и переработки информации с целью обеспечения оптимизации производственных процессов, называют автоматизированной системой управления. Алгоритм управления, реализуемый АСУТП, начинается с опроса циклически контролируемого основного параметра оптимизации. В случае отклонения этого параметра от заданного значения схемой АСУТП предусмотрен анализ причин отклонения, осуществляемый вызовом контролируемых параметров и сравнением их с допустимыми значениями. Принятие решения на основе переработки полученной информации - очередное звено процесса управления. В последнее десятилетие в различных странах построены и введены в эксплуатацию заводы, оснащённые мощными электролизёрами с обожжёнными анодами на силу тока 300 кА (типа АР-30) с общей годовой производительностью порядка 2,2 млн.т. Несмотря на достижение высоких показателей производства, научно-технический прогресс в направлении повышения как единичной мощности электролизёра, так и серии электролизёра в целом продолжается. В текущем году появилась информация о создании электролизёра на 350 кА (V-350) фирмой «Веналюм» и на 500 кА (АР-500) фирмой «Пешине». Обращает на себя внимание тот факт, что по общим техническим решениям и габаритам (например, длине ванны, количеству и размерам анодов) электролизёры АР-30 и АР-350 близки к отечественной конструкции С-255, но работают в заметно более интенсивном режиме за счёт повышения плотности тока, что обеспечивается, в основном, оптимальной конструкцией ошиновки. Длина нового мощного электролизёра АР-50 (~18 м) мало изменилась в сравнении с конструкцией АР-30 (~16 м), что свидетельствует о применении в электролизёре АР-50 более длинных анодов и расширении катодного кожуха.

Оптимальная футеровка алюминиевых электролизёров способствует достижению высоких технико-экономических показателей их работы, например, низкого расхода электроэнергии, более высокого срока службы оборудования и получения качественного металла.

Известно свыше 60 вариантов применения алюминиевыми заводами мира технологии с использованием обожжённых анодов, хотя лишь немногие из них доведены или усовершенствованы до уровня, при котором они могут представлять коммерческий интерес для третьих лиц.

По мере совершенствования технологии обожжённых анодов последние 50 лет происходили другие значительные изменения. Ток серии электролиза увеличился до более чем 330 кА при выходе по току 95-96 %, потребление

технологической электроэнергии на уровне ниже 14 кВт•ч/кг стало нормой для наиболее продвинутых вариантов технологического процесса.

Эти позитивные изменения обусловили общее повышение эффективности алюминиевых заводов за счет снижения капитальных и операционных затрат и были обеспечены путем постепенного совершенствования конструкции электролизеров и таких сопутствующих аспектов, как:

- 1) Совершенствование магнитных характеристик электролизера.
- 2) Пробойники для точечного разрушения корки электролита и питатели автоматической подачи глинозема.
- 3) Системы автоматизированного управления электролизерами.
- 4) Усовершенствованные многоцелевые подъемные краны, применяемые для выливки металла, замены анодов и тому подобное.
- 5) Более крупные аноды улучшенного качества.
- 6) Электролизеры более крупных размеров.
- 6) Системы с жесткой синхронизацией подачи глинозема в ванну.
- 7) Усовершенствованные газоотводящие зонты электролизеров и системы сухой очистки газов.
- 8) Катоды усовершенствованной конструкции с применением графитизированных катодных блоков и материалов на основе SiC для футеровки боковых стенок электролизера.

Эти достижения конструкторской мысли обеспечивают увеличение срока службы катодов, позволяют использовать более длинные аноды и рабочие токи большей величины.

В длительной перспективе, возможно, в ближайшие десять лет, некоторые радикальные технологические новации, находящиеся в стадии серьезного изучения, например, применение химически нейтральных анодов и смачиваемых катодов могут выйти на уровень пригодности для отрасли, однако, независимым производителям не следует надеяться, что они станут доступными в ближайшие несколько лет.

Цель: изучить Проект электролизного цеха по производству металлического алюминия.

Задачи:

- Проанализировать исходные данные во время проектирования цеха;
- дать характеристику автоматизированной системе управления производством;
- изучить охрану труда в производстве металлического алюминия.

1 Исходные данные для проектирования цеха

Павлодарский электролизный завод был предусмотрен и построен в окрестностях г. Павлодара, в северной части Казахстана. От Павлодара в юго-восточном направлении завод отделяет расстояние в 13,5 километров. Рядом с выбранной площадкой на расстоянии 10 км находится завод по производству глинозема АО «Алюминий Казахстана» с годовой производительностью 1,46 млн. тонн.

Источник электроснабжения - Аксуская теплоэлектростанция, расположенная в 27 км к западу от Павлодара.

Ближайшая станция существующей железнодорожной сети - Павлодар-Южный на расстоянии 12 км от площадки строительства.

Средний уровень состояния атмосферы по г. Павлодару за последние 5 лет по содержанию примесей загрязняющих веществ изменяется незначительно и находится в допустимых пределах.

Основными источниками водоснабжения в Павлодарской области являются река Иртыш, которая в пределах области не принимает ни одного существенного притока и имеет длину 720 км, канал «Иртыш-Караганда», малые реки и подземные источники. Водоснабжение проектируемого завода предполагается осуществлять из подземных источников.

Основной источник рабочей силы проектируемого завода - город Павлодар. В г. Павлодаре сформированы довольно высокие показатели условий проживания населения. Жилищный фонд г. Павлодара (по данным Павлодарского управления статистики) по состоянию на 01.01.2001 г. составляет 6592,9 тыс.м² (по Павлодарской области 16009 тыс.м²). На одного жителя г. Павлодара приходится 22,7 м² жилой площади, что на 9,2% выше республиканского показателя. Кроме того, необходимо отметить высокий уровень обеспеченности жителей г. Павлодара благоустроенным жильем.

Производительность проектируемого завода при выходе на проектную мощность должна составить 200 000 т/год. Ввод завода в эксплуатацию предусмотрен в два этапа, мощностью 125 тыс. тонн в год каждый.

1.1 Потребности в топливе, воде, тепловой и электрической энергии, вторичных энергоресурсах

В районе Павлодара нет своего природного газа. Имеется сжиженный попутный газ, который можно привозить по железной дороге. Однако, это дорого, и поэтому его использование на новом алюминиевом заводе будет ограничено специальными применениями, такими как предварительный подогрев ковшей и формы литейной машины.

В качестве основного обогревающего топлива используется бессернистый мазут со следующими характеристиками:

- Теплотворная способность

- 1,9 Дж / кг (минимальная)
- 1,9 Дж / кг (максимальная)
- Удельный вес максимум 1,015 кг / литр при 20 °С
- Содержание серы 0,3 мг / м³

Для обслуживания печи для обжига, котельной установки парового отопления и литейных поворотных миксеров (вторая очередь строительства) будет построена полная система разгрузки и распределения жидкого топлива. Разгрузочная станция будет включать в себя установку для высокотемпературных материалов (НТМ), нагревающую мазут до состояния свободной текучести. Гибкий шланг установки НТМ по очереди присоединяется ко всем железнодорожным цистернам, и после того, как топливо нагреется в достаточной степени, его перекачивают из цистерн в один из трех наливных резервуаров для хранения жидкого топлива вместимостью 400 м³ каждый. Для этого используется пара рабочих/резервных электрических насосов.

Годовая потребность завода в мазуте оценивается в 10 тыс. т.

Система сжатого воздуха является важнейшей инженерной коммуникацией для алюминиевого завода, электролизеров, работа которых зависит от бесперебойной подачи чистого воздуха без примеси масла. Любые продолжительные перерывы в подаче сжатого воздуха будут иметь тяжелые последствия, и поэтому система сжатого воздуха должна иметь высокий уровень отказоустойчивости, с обеспечением достаточной степени резервирования, с тем, чтобы гарантировать постоянную бесперебойную подачу воздуха.

Павлодарский электролизный завод будет снабжен специально построенной установкой сжатого воздуха, которая будет состоять из центробежных воздушных компрессорных агрегатов (рабочих и резервных), каждый из которых рассчитан на обеспечение максимальной производительности при номинальном манометрическом давлении на выходе из компрессора, равном 10 атм.. Компрессоры будут размещаться в здании центральной компрессорной станции, расположенной в непосредственной близости от серии электролизеров, и будут оборудованы воздушными сушилками влагопоглощающего или холодильного типа.

В здании будет предусмотрено место для установки дополнительных агрегатов, которые будут обслуживать всю серию электролизеров второй очереди. Средняя суммарная потребность предприятия в сжатом воздухе составит 58380 м³/час, а максимальная - в 59160 м³/час.

Сжатый воздух будет подаваться по трубам через кольцевую магистраль, работающую, номинальное манометрическое рабочее давление в которой составляет 8 атм. на всех участках.

Водоснабжение завода предусматривается от сети подземных скважин располагаемых на территории прилегающей к северной стороне завода. Расположение водозабора исключает возможность химического и бактериального загрязнения подземного источника. Количество скважин - 8 шт.

с суммарным дебитом 85,95 л/сек и глубиной 450...600 м. Качество воды источника водоснабжения удовлетворяет требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Потребность завода в воде из источника водоснабжения составляет 3806 м³/сут. Объем водопотребления питьевого качества составляет 632,4 м³/сут. Вода из источника водоснабжения подается на очистные сооружения (ВОС). Производственное водоснабжение завода осуществляется по оборотной схеме. Свежая вода из источника используется на подпитку узлов водооборота, восполнение потерь в технологии, на противопожарные нужды и полив территории. Потребность завода в свежей производственной воде составляет 3173,6 м³/сут. Общая потребность завода в оборотной воде составляет 69048 м³/сут.

Потребление электроэнергии Павлодарским электролизным заводом для производства 300 000 тонн алюминия в год, включая участок производства анодов и вспомогательные производственные мощности, оценивается следующим образом (таблица 1.1)

Таблица 1 - Потребление электроэнергии Павлодарским электролизным заводом для производства 300 000 тонн алюминия в год

Участок	Потребляемая мощность
Средняя нагрузка, требуемая для электролиза	~582,75 МВт
Максимальная нагрузка, требуемая для электролиза	~607,8 МВт
Дополнительная силовая нагрузка	~88,9 МВт
Максимальная нагрузка, требуемая для всего завода	~696,75 МВт
Годовое потребление электроэнергии	~5606,25 ГВт-ч

1.2 Отходы производства

Проектом Павлодарского электролизного завода предусмотрено образование отходов производства и потребления на следующих объектах:

- электролизный цех (ЭЦ);
- цех обожженных анодов (ЦОА);
- анодно-монтажное отделение (АМО);
- литейное отделение (ЛО);
- отделение капитального ремонта (ОКР);

- блок вспомогательных отделений (БВО);
- энерго цех (ЭЦ);
- административно-бытовой комплекс (АБК).

К категории отходов производства на Павлодарском электролизном заводе относятся:

- отработанная огнеупорная футеровка электролизеров, миксеров и ковшей;
- алюминиевый лом в виде застывших «козлов»;
- угольная пыль отделения «зеленых» анодов.

При периодичном сборе отходов используются промышленные пылесосы (глиноземная и угольная пыль) либо сбор отходов осуществляется вручную (кирпичный бой, «козлы» алюминиевые).

Отходы производства в полном объеме возвращаются в производственный процесс:

- угольная пыль отделения обжига зеленых анодов возвращается в строго дозированных количествах в дозаторы шихты в цехе обожженных анодов;
- отработанная огнеупорная футеровка электролизеров, миксеров и ковшей после дробления в конусных дробилках и шаровых мельницах превращается в огнеупорную засыпку, добавляемую в насыпной слой огнеупорной футеровки электролизеров;
- алюминиевый лом («козлы») разрезаются на отдельные куски с помощью газо-резательных устройств и периодически загружаются в электролизеры.

Таким образом, по категории «отходы производства» на Павлодарском электролизном заводе предусматривается полностью замкнутый цикл утилизации отходов.

К категории «отходов потребления», получаемых на Павлодарском электролизном заводе, относятся:

- отработанная футеровка катодных устройств электролизеров (угольная и огнеупорная);
- шлаки литейного производства (шлаки с литейных ковшей, миксеров, литейных машин);
- отработанная футеровка литейных ковшей и миксеров;
- отработанная огнеупорная футеровка камерных печей обжига анодов;
- осадки застывшего пека в виде кусков;
- бой обожженных анодов из анодно-монтажного отделения;
- бой угольной футеровки отделения капитального ремонта;
- лом цветных металлов со всех производств завода;
- лом черных металлов со всех производств завода;
- застывший электролит (куски) цеха электролиза;
- огарки обожженных анодов цеха электролиза;
- отработанные масла (нефтепродукты) энергоцеха и транспортных подразделений.

Нормативный объем образования твердых отходов производства и

потребления по Павлодарскому электролизному заводу составляет 72411,8 тонн в год. Из данного объема 54951,3 тонны (76 %) используются на собственном предприятии, а 17460,5 тонн (24 %) передаются для потребления на другие предприятия.

Всего на Павлодарском электролизном заводе, согласно проектным решениям, предусмотрено для временного размещения отходов (ВРО) - 67211,8 тонн в год. Норматив предельного накопления твердых отходов на территории Павлодарского электролизного завода составляет 118027,5 тонн, т.е. на 43,1 % больше, чем объем отходов предусмотренный для временного хранения.

К категории отходов производства относятся 2150 тонн, а отходов потребления - 70261,8 тонн. Весь объем отходов производства используется на собственном предприятии. Из отходов потребления 17460,5 тонн (25 %) используется на специализированных предприятиях, а 52801,3 тонны (75 %) используется на собственном предприятии.

Из отходов потребления 257,9 тонны (0,37 %) предназначено для отправки для захоронения на другие предприятия, а 70261,8 тонн перед использованием временно размещается на территории предприятия.

Из отходов потребления к I классу опасности относятся только отходы от люминесцентных ламп (1,9 т).

К 3 классу опасности относится 5035,8 тонны, которые целиком перерабатываются на собственном предприятии.

К 4 классу опасности относится 37541,5 тонн, из которых 27454 т (73 %) используется на собственном предприятии, а 10091,5 т (27 %) используется на специализированных предприятиях.

На производимый Павлодарским электролизным заводом объем продукции, равный 200 тысяч тонн первичного алюминия в год, приходится всего 72411,8 тонн твердых отходов производства и потребления, то есть 36 %. Объем твердых отходов подлежащий захоронению составляет 257,9 тонны, то есть 0,1 % от общего объема полезного производства.

Объем твердых отходов производства, предназначен для использования в цикле производства в качестве сырьевых материалов, составляет 2150 тонн, то есть 0,8 % от объема производства.

1.3 Технический уровень выпускаемой продукции

При выходе на полную проектную мощность и освоении гарантируемых технологических параметров объем производства Павлодарского электролизного завода достигает 300 000 тонн первичного алюминия в год. Весь объем произведенного первичного алюминия, благодаря современной технологии и конструкции применяемых электролизеров с обожженными анодами на силу тока 320 кА, будет относиться к категории высшего качества с содержанием основного компонента алюминия 99,7...99,8%. Технический уровень выпускаемого первичного алюминия отражается уровнем котировок

цен на Лондонской бирже металлов. Для первичного алюминия с содержанием 99,7...99,8% основного компонента устанавливается максимальное значение котировок.

содержание алюминия	Германия	Германия	Евросоюз	Евросоюз	Франция
%	DIN 1712-3	DIN 17007-4	Chem ENAW	EN-AW	
99,7	Al99,7	3.0275	Al997	1070A	A7
99,8	Al99,8	3.02285	Al998	1080A	A8

Окончание таблицы 1.2

Италия	Швеция	Канада	Япония	Россия	Казахстан
4508	4005	9970	Alx0	A7	A7
4509	404	9980	AlxS	A8	A8

Таблица 2 - Обозначение марок первичного алюминия по стандартам

Диапазон изменения марок первичного алюминия равный 99,7...99,8 % определяется тем, что в определенные периоды на Павлодарском электролизом заводе будут осуществляться плановые и внеплановые капитальные ремонты электролизеров. Регламентом после пускового периода предусматривается получение в течение 10...15 дней первичного алюминия с содержанием основного компонента 99,0...99,6 %. Ввиду того, что капитальные ремонты осуществляются редко, то металл низких марок (A0...A6) разбавляется в литейном отделении маркой A8 до марки A7. Таким образом, получаются незначительные количества первичного алюминия марки A7. В результате нехарактерных для современных заводов нарушений в технологии обслуживания или качестве поступающего сырья и материалов, возможны непродолжительные периоды снижения сортности первичного алюминия, однако в общем объеме производства поддерживается уровень сортности не ниже A7.

1.4 Сырьевая база предприятия

Обеспечение глиноземом предусматривается с близ расположенного глиноземного завода ОАО "Алюминий Казахстана", который в настоящее время имеет производительность 1,2 млн. т/год и располагается на окраине города. Поставка фторисуноктых солей, кокса нефтяного, пека

каменноугольного и прочих сырьевых ресурсов предусматривается с предприятий Российской Федерации, КНР и Республики Казахстан.

Глинозем (оксид алюминия) является исходным материалом, из которого путем электролиза получают металлический алюминий. Для получения 1 т алюминия требуется 1,93 т глинозема. Перед подачей на электролиз глинозем используется в качестве адсорбирующего компонента для сухой очистки дымовых газов благодаря способности глинозема адсорбировать фторисунуктые соединения.

Первичный глинозем проходит через газоочистные установки обоих корпусов электролиза и печи для обжига анодов, насыщаясь фторсодержащими составляющими из удаляемых газов, перед его загрузкой в электролизеры в качестве «вторичного» или «обогащенного» глинозема.

Качество глинозема должно соответствовать данным таблицы 1.3

Наименование	Показатели (по данным за 2000г.)
Содержание $\square$ - Al_2O_3 , не более, %	35
Содержание примесей, не более, %:	
Na_2O	0,5
SiO_2	0,02
Fe_2O_3	0,03
TiO_2	0,005
V_2O_5	0,003
P_2O_5	0,003
ZnO	0,005
Потери при прокаливании, %, не более	0,48-0,52
Удельная поверхность, m^2/g , не менее	35
Угол естественного откоса, град	33
Содержание фракции -325 меш, %, не более	12

Таблица 3 - Основные характеристики глинозема

Годовая потребность Павлодарского электролизного завода в глиноземе составит после реализации I этапа строительства 243,1 тыс. тонн, после реализации II этапа строительства 482,5 тыс. тонн.

Прокаленный нефтяной кокс (кокс) является сухой составляющей (около %) угольных анодов. Годовой расход нефтяного кокса составляет около 97120 т. На алюминиевый завод кокс доставляется по железной дороге в 70-т вагонах с донной разгрузкой; обычная ежемесячная партия кокса уместается в 120 вагонах.

Кокс должен иметь следующие характеристики:

- Влагосодержание 0,3 % (макс.)
- Летучие 0,5 % (макс.)
- Зольность 0,45 % (макс.)
- Железо 350 ppm (макс.)
- Кремний 350 ppm (макс.)

- Никель 100 ppm (макс.)
- Ванадий 200 ppm (макс.)
- Сера 2 % (макс.)
- Натрий + Кальций 200 ppm (макс.)
- Фактическая плотность 2,05-2,10 г/см³
- Кажущаяся плотность >1,70 г/см³
- Насыпная плотность >0,8 г/см³
- Электр. сопротивление <400 мкОм
- Типовой ситовый анализ:
- Фракция -20 мм +6,5 мм 45~50 %
- Фракция -6,5 мм +1,5 мм 35~40 %
- Фракция -1,5 мм 15 %

Кокс потребуется на заводе после ввода в эксплуатацию цеха обожженных анодов, т.е. после II этапа строительства. Годовая потребность в коксе составит 95,4 тыс. тонн.

Каменноугольный пек, содержание которого в аноде составляет 15 %, является связующим. После выгорания летучих в процессе обжига анодов пек становится для кокса связующим, и при качественном управлении процессом аноды получаются однородными по структуре.

Жидкий пек должен иметь следующие характеристики:

Точка размягчения (R & B) 105-113 °C

Коксовое число 54 % (мин.)

QI 7-12 %

VI 30-37 %

смола 20-24 %

Удельная плотность 1,15-1,30 г/см³

Зольность 0,5 % (макс.)

Влагосодержание 0,5 % (макс.)

Натрий 400 ppm (макс.)

Железо 200 ppm (макс.)

Сера 0,7 % (макс.)

Вязкость(140 °C) 2×10⁴ сПуаз

(160 °C) 3×10³ сПуаз

Так же, как и кокс, пек потребуется на заводе после ввода в эксплуатацию цеха обожженных анодов, т.е. после II этапа строительства. Годовая потребность в пеке составит 24 тыс. тонн.

Фтористый алюминий необходим для поддержания требуемого химического состава электролита. Требования к качеству фтористого алюминия следующие:

Содержание Al, %, не менее 30

Содержание F, %, не менее 61

Содержание примесей, не более, %:

Na ≤ 0,5

$$\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 0,38$$

$$\text{SO}_4 \leq 0,5$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 \leq 0,04$$

Фторид алюминия доставляется на алюминиевый завод по железной дороге в контейнерах или мешках.

Годовая потребность во фтористом алюминии составит после I этапа - 2,7 тыс. тонн, после II этапа - 5,4 тыс. тонн.

На этапе I алюминиевый завод использует привозные аноды. Размеры и физические свойства обожженных анодов:

Размеры обожженного анодного блока

- Длина 1600 мм

- Ширина 700 мм

- Высота 550 мм

Вес обожженного блока 872 ± 10 кг

Сопротивление сжатию 32 МПа

Удельное электрическое сопротивление $50 \dots 55 \times 10^{-4}$ Ом•см

Содержание золы, не более 0,5 %

Потери на окисление в токе СО 45 мг/см²•ч

Плотность истинная, не менее 2 г/см³

Плотность кажущаяся, не менее 1,55 г/см³

Аноды доставляются по железной дороге в контейнерах на платформах.

Годовая потребность завода в обожженных анодах после реализации I этапа строительства - 68,1 тыс. тонн.

1.5 Технологический процесс электролиза алюминия

Технологический процесс электролиза алюминия включает в себя следующие элементы. Корпус электролиза, складирование подача и распределение глинозема, укладка и замена футеровки, универсальный технологический кран, литейная, компьютерная система управления и т.д. Подробнее технологический процесс электролиза алюминия представлен на рисунке 1.

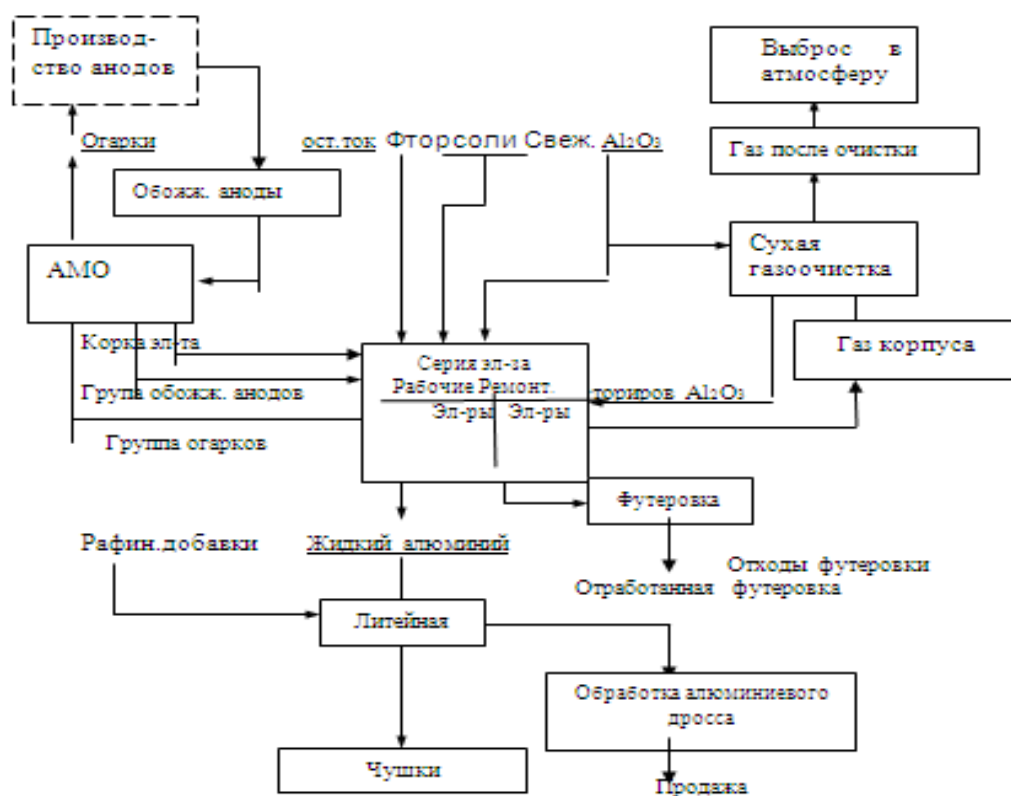


Рисунок 1 - Технологический процесс электролиза алюминия

Основой технологического процесса получения первичного алюминия на Павлодарском электролизном заводе является электролиз криолитоглиноземного расплава.

Электролиз осуществляется в электролизерах.

Электролизер состоит из катодного и анодного устройств.

Катодное устройство представляет собой металлический кожух, футерованный угольными подовыми и бортовыми блоками

Сверху в электролизере подвешиваются обожженные аноды, которые закрепляются на анодном устройстве.

Обожженные аноды представляют собой предварительно обожженную при температуре приблизительно 1100 °С смесь кокса и пекового связующего. Катодом служит расплавленный алюминий.

Электролит представляет собой расплавленный криолит (Na_3AlF_6) с небольшим избытком AlF_3 , в котором растворен глинозем (Al_2O_3). Электролиз ведут при переменных концентрациях глинозема приблизительно от 1 до 8 % масс. Температура процесса близка к температуре плавления этой смеси и составляет 950-960 °С. Расплавленный алюминий при температуре электролиза тяжелее электролита и находится на подине электролизера.

По существу, электролит не расходуется во время электролиза, но определенные потери все-таки происходят, в основном из-за испарения.

Электролит в современных электролизерах обычно содержит следующие

компоненты:

- от 6 до 13 % (по весу) фторида алюминия (AlF_3).
- от 4 до 6 % (по весу) фторида кальция (CaF_2).
- от 2 до 4 % (по весу) глинозема (Al_2O_3).

Глубина слоя электролита в электролизере не изменяется сколько-нибудь значительно, и обычно равна примерно 20 см. Межполюсное расстояние, другими словами, расстояние по вертикали между нижней частью анода и поверхностью слоя жидкого металла обычно составляет от 4 до 5 см. Таким образом, помимо своих основных функций быть растворителем для глинозема и способствовать его электролитическому разложению с образованием алюминия, электролит обеспечивает физическое разделение между образующимся на катоде металлическим алюминием и выделяющимся на аноде газообразным диоксидом углерода.

Важно поддерживать концентрацию глинозема (Al_2O_3) в электролите на уровне от 2 до 4 % по массе. Слишком низкая концентрация глинозема, вызванная недостаточной его загрузкой, может привести к анодному эффекту, который нарушает нормальное течение процесса электролиза, вызывая рост напряжения в электролизере. В этом случае происходит электролитическое разложение фтористых соединений электролита, и под анодом образуется электроизолирующий слой газа, который увеличивает электрическое сопротивление и, следовательно, напряжение в электролизере. Последствиями анодного эффекта являются значительные нарушения теплового баланса в электролизере, увеличение фтористых выбросов, снижение коэффициента использования тока и электроэнергии.

Процесс, протекающий в электролизере, состоит в электролитическом разложении глинозема, растворенного в электролите. Глинозем расходуется, поэтому его необходимо непрерывно подавать в питающие бункеры электролизеров, для чего используется жестко синхронизированная система конвейерного транспорта. Затем глинозем через питатели точечной подачи, входящие в состав металлоконструкции электролизеров, поступает в электролит. Когда система управления устанавливает, что в электролизер необходимо ввести порцию глинозема, вниз опускается пробойник, который разрушает корку ванны, после чего открывается заслонка и в электролизер поступает дозированное количество глинозема.

На жидком алюминиевом катоде выделяется алюминий, который периодически из-под слоя расплава в ванне выливается сифонным методом в ковш с огнеупорной футеровкой для последующей доставки металла в литейное отделение на разливку или в миксер.

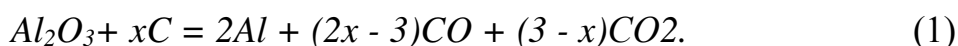
На аноде происходит окисление углерода выделяющимся кислородом. Отходящий анодный газ представляет собой смесь CO_2 и CO . Вследствие этого анодные блоки расходуются. По мере расходования анодов в процессе восстановления глинозема траверса с анодами постепенно опускается к ванне, пока не будет достигнута предельная точка хода траверсы. Время от времени необходимо перемещать траверсу вверх с помощью устройства, называемого

подъемным механизмом.

Электролизер работает при температуре около 960 °С, и при такой температуре углерод в присутствии воздуха выгорает с образованием двуокиси. Для предотвращения выгорания важно защитить от контакта с воздухом верхние части анодов, не погруженные в электролит. Машина для обслуживания электролизеров наносит сверху на аноды слой смеси глинозема и материалов, образующих расплав в ванне. Машина для обслуживания электролизеров выполняет также функции разрушения корки на поверхности ванны, замены анодов, вскрытия летки для выливки расплавленного металла, заполнения бункеров фторида алюминия и загрузки в электролизер материалов, образующих покровный слой в ванне.

Предварительно обожженные аноды должны заменяться с равными интервалами, как правило, через 22-26 дней, когда они срабатываются до одной третьей или одной четвертой части своего исходного размера. То, что осталось от анодов, называют «огарками» и удаляют из корпуса электролиза. Их перевозят в анодно-монтажное отделение, где они остывают, после чего огарки подвергают очистке для удаления остатков налипшего электролита. После этого очищенные огарки дробят и повторно используют в качестве сырья для изготовления новых анодов. Обратный электролит используется в корпусах электролиза для формирования защитного слоя на анодах при выполнении операций обслуживания электролизеров.

Суммарная реакция, происходящая в электролизере, может быть представлена уравнением:



Таким образом, теоретически на процесс электролиза расходуется только глинозем и углерод анода, а также электроэнергия, необходимая не только для осуществления электролитического процесса - разложения глинозема, но и для поддержания высокой рабочей температуры. Практически расходуется и некоторое количество фтористых солей, которые испаряются и впитываются в футеровку. Для поддержания требуемого состава электролита в электролизер необходимо периодически вводить фторид алюминия.

Электролизеры снабжены укрытиями, отводящими отходящие газы, и системой очистки. Это снижает выделение вредных веществ в атмосферу. Технологический процесс требует, чтобы укрытие было герметично для обеспечения отсоса газа в коллектор с помощью вентиляторов. В удаляемых газах от электролизеров содержатся диоксид углерода, азот, кислород, газообразные и твердые фториды и частицы глиноземной пыли. Для их удаления и возвращения в процесс применяется система сухой газоочистки.

При сухом способе газоочистки отходящие от электролизера газы проходят через слой глинозема, который адсорбирует фтористый водород, а вторичный глинозем, насыщенный фтором, возвращается в производство алюминия. Таким образом, утилизируются практически все фторсодержащие

газы и никаких отходов при газоочистке не образуется.

Получаемый в электролизере алюминий - сырец транспортируется в литейное отделение, где разливается в чушки весом 20 кг. Сама продукция называется первичный алюминий.

Изымаемые из электролизеров анодные огарки (остатки анодов после электролиза) направляются в анодно-монтажное отделение, где от них отделяют оборотный электролит.

Оборотный электролит после очистки и дробления возвращается в электролизеры. Угольные дробленые анодные огарки возвращаются в цех обожженных анодов для повторного использования при изготовлении обожженных анодных блоков.

Отходящие из электролизера газы направляются в сухую газоочистку. Очищенный газ выбрасывается в атмосферу, а извлеченные из него фтористые соли, которые адсорбировались на глиноземе, вместе с ним подаются обратно в электролизеры.

В качестве исходного сырья в электролизеры подаются фтористые соли, глинозем. В процессе электролиза расходуются обожженные аноды и электроэнергия.

1.6 Устройство электролизёра

Устройство электролизера. Электролизер включает следующие основные блоки: катодное устройство, где протекает электролиз; анодный узел, где на подошве угольного анода происходит выделение анодных газов (реакция: $2\text{O}_2 - 4\text{e} + \text{C} = \text{CO}_2$); систему подвода тока (ошиновка); систему газоотсоса (рисунок 1.3).

Катодное устройство размещается в стальном кожухе длиной 9-14 м, шириной 3-4,5 м и высотой 1-1,2 м. Кожух футеруется теплоизоляционными и затем огнеупорными материалами. Внутренняя часть катодного устройства выкладывается угольными блоками. Заделанные в нижние (подовые) блоки стальные стержни служат для отвода тока.

Анодный узел включает собственно угольный анод (со стальной рубашкой для анода Содерберга) и систему сталеалюминиевых токоподводов. Постоянное напряжение поддерживается за счет перемещения анода домкратами, опускающими или поднимающими анодную раму, к которой зажимами крепятся анодные токоподводы.

В общую цепь (серию) последовательно включается 150 - 200 электролизеров, которые соединяются ошиновкой. Напряжение на ванне в зависимости от типа и конструкции меняется от 3,9 до 4,5 В.

Ряд заводов разрабатывают меры, направленные на повышение конкурентоспособности и экологической состоятельности электролизёров ВТ.

В их числе:

1. Укрытие верха анода;
2. Система точечного питания;
3. Реконструкция ошиновки;
4. Усовершенствование компьютерного управления;
5. Перепроектирование катода;
6. Использование солей лития;
7. Переход на технологию «сухого» анода;
8. Применение систем сухой газоочистки.

Рассматривая совершенствование конструкции алюминиевых электролизеров за весь период развития алюминиевой промышленности, можно сделать основной вывод, что доминирующим на всех его этапах является рост единичной мощности электролизера и одновременно сокращение трудовых затрат на его обслуживание, снижение расхода электроэнергии, улучшении условий труда и уменьшение вредных промышленных выбросов в окружающую среду. Все это становится возможным, проектируя электролизеры с предварительно обожженными анодами большей мощности. Эти электролизеры обладают лучшими показателями работы по сравнению с ваннами, имеющими анод Содерберга. Они более экологичны, имеют меньшие затратные коэффициенты и большее поле для маневра (оснащение различными типами АПП, автоматизация процесса). В мировой промышленности 70 % всего получаемого алюминия способом Эру-Холла производят в электролизерах этого типа.

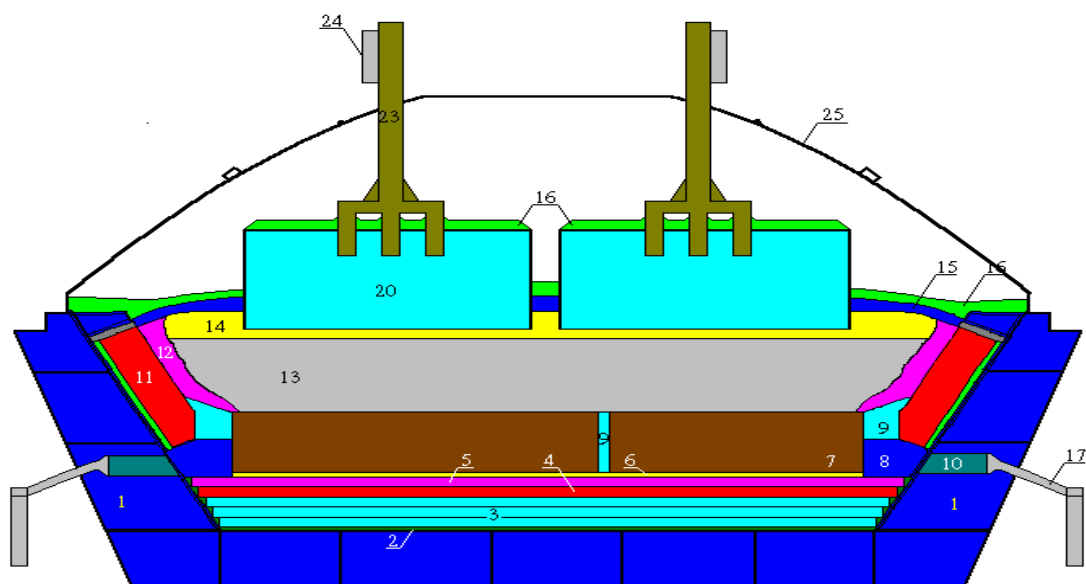
1.6.1 Состав и обоснование применяемого оборудования

Производство первичного алюминия осуществляется на электролизерах, расположенных в корпусах электролиза.

Проект Павлодарского электролизного завода предусматривает строительство двух корпусов электролиза шириной 27 м и длиной 1043 м, объединенных в одну серию электролиза. Количество установленных в серии электролизеров равно 288 шт.

Первая очередь строительства включает ввод в эксплуатацию двух полукорпусов длиной 525 м каждый с установленными в них 144 электролизерами.

Электролизеры с обожженными анодами на силу тока 320 кА являются основным видом оборудования проектируемого Павлодарского электролизного завода



1-стальной катодный кожух; 2-засыпка дна; 3-диатомитовые кирпичи; 4-шамотные кирпичи; 5-шамотные кирпичи на цементе; 6-подушка из глинозема; 7-угольные подовые блоки; 8-жаростойкий бетон; 9-подовая масса; 10-катодный стержень; 11-угольные бортовые блоки; 12-гарнисаж; 13-расплавленный алюминий; 14-электролит; 15-корка; 16-глинозем; 17-катодная ошинка; 18- колокол; 19-стальной анодный кожух; 20-анодная масса; 21-сталеалюминевый штырь; 22-анодная ошинка; 23-штанга; 24-анодная шина; 25-анодное укрытие

Рисунок 2- Устройство электролизера с обожженными анодами

Конструкция электролизера на силу тока 320 кА, технология его сборки, обжига, пуска и эксплуатации разработаны китайским институтом GAMI, расположенном в г. Гуйян. Конструкция электролизера состоит из катодного и анодного устройства.

Катодное устройство состоит из металлоконструкции катодного кожуха шпангоутного типа, огнеупорной и угольной футеровок. Внутренние габариты металлоконструкции катодного кожуха - 4180x16130 мм. Толщина стенок обечайки составляет 20 мм. К обечайке приварено 26 шпангоутов. В нижней части обечайки имеется угловой скос для снижения концентрации напряжений на углах шпангоутов.

Между шпангоутами расположены по два окна для выхода блюмсов от двухпазовых подовых блоков. Размеры подовых угольных блоков 450x515x3420 мм. Сечение блюмсов 50x180 мм, их закрепление в пазу осуществляется с помощью заливки чугуном. Количество подовых блоков - 27 штук. Глубина шахты катодного устройства - 550 мм.

Огнеупорная футеровка состоит из одного слоя плит из силиката кальция толщиной 66 мм, двух слоев высококремнеземистого и высокоглиноземистого

кирпичей толщиной по 65 мм каждый, и насыпного слоя из сухой барьерной смеси толщиной 185 мм. Сухая барьерная смесь позволяет облегчить выравнивание верхней поверхности подовых блоков. Она также служит барьерным слоем для криолитоглиноземного расплава. В результате взаимодействия сухой барьерной смеси с компонентами криолитоглиноземного расплава, проникающими через неплотности в швах и трещины в подовых блоках, образуются тугоплавкие соединения типа альбит и нефелин, которые и служат барьерным слоем для дальнейшего проникновения расплава.

Подовые блоки сплошные и швы между подовыми блоками набиваются холоднабивной подовой массой.

Бортовая футеровка состоит из графитовых угольных блоков толщиной 120 мм. Сверху футеровка закрыта карбидкремниевыми плитами толщиной 120 мм.

По продольным сторонам от уровня сухой барьерной смеси до верхней кромки подовых блоков установлены компенсаторы из плит на основе полулёгковесного огнеупора. Колодец между бортовыми угольными блоками заполнен по продольным сторонам высокоплотным бетоном, а в торцах - угольными вставками. Поверх бетона и угольных вставок производится набойка холоднабивной подовой массой с таким расчетом, чтобы она в виде откоса доходила до карбидкремниевой вставки. Верхняя часть металлоконструкции шпангоутного кожуха имеет составной пояс. Он опоясывает весь периметр металлоконструкции кожуха и болтами крепится фланцем к основной части кожуха. Данный пояс усиливает прочностные характеристики катодного устройства и облегчает демонтаж футеровки при выходе электролизера на капитальный ремонт.

Катодный кожух устанавливается на подкатодной балке, выполненной из двутавров высотой 300 мм. Между подкатодной балкой и опорными столбиками устанавливается узел электроизоляции, состоящий из двух металлических и одной текстолитовой пластин. Опорные столбики в торцах катодного устройства имеют по два узла опоры и изоляции. Вдоль катодного устройства располагаются еще по 5 опорных столбиков с каждой стороны электролизера.

Анодное устройство состоит из балки-коллектора для отсоса газовой воздушной смеси от электролизера. Отсос газа осуществляется через патрубок диаметром 600 мм, расположенный в одном торце электролизера.

В балке - коллекторе расположены бункеры автоматической подачи глинозема (АПГ) с шестью пробойниками. Пробойники имеют привод от пневмочилиндров диаметром 125 мм. Дозаторы объемного типа приводятся в движение от пробойников диаметром 80 мм. Глинозем в объемные дозаторы поступает самотеком за счет создания уклона в днище металлических бункеров. Угол наклона днища бункеров составляет 50 °.

На балке - коллекторе располагаются приводы для перемещения анодной ошиновки. С каждой стороны балки - коллектора подвешивается на винтах

домкратов анодная шина сечением 180x550 мм и длиной 7300 мм. На анодных шинах закреплены анодные зажимы кулачкового типа. С помощью винта кулачок прижимает алюминиевую анодную штангу к анодной алюминиевой шине.

Всего в электролизере устанавливается 40 обожженных анодов с габаритами 520x700x1600 мм. Аноды имеют четырех ниппельные стальные траверсы с диаметром ниппелей 140 мм. С телом угольного обожженного анода ниппеля соединяются с помощью чугунной заливки. Стальная траверса крепится к алюминиевой штанге с помощью биметаллических пластин (сталь - алюминий), расположенных горизонтально.

Алюминиевая анодная шина с каждой стороны балки - коллектора имеет разрыв, а стыки шин соединены с помощью гибкого алюминиевого пакета. Каждая половина анодной шины имеет свой независимый механизм подъема. Он состоит из основного электродвигателя, редуктора, четырех домкратов и круглых передающих валов.

Анодные шины, расположенные с каждой стороны балки-коллектора, между собой соединены пятью перемычками, проходящими через балку - коллектор. Перемычки предохраняют анодные шины от «развала» в разные стороны и обеспечивают равномерное токораспределение по анодам.

Ток к анодным шинам подводится с одной стороны с помощью пяти анодных стояков. Анодные стояки имеют гибкие части, набранные из алюминиевых листов. Вокруг катодного устройства располагается катодная ошиновка. Под днищем катодного устройства проложены катодные перемычки. Соединение катодных шин с блюмами производится с помощью гибких алюминиевых спусков. Спуски крепятся к блюмам с помощью стыковой сварки.

Анодная плотность тока на электролизере составляет 0,72 А/см². Объем газоотсоса от одного электролизера составляет 13600 м³/час.

Пространство между катодным и анодным устройством электролизера закрыто алюминиевым укрытием, состоящим из секций. Съём секции укрытия осуществляется вручную. Каждая секция укрытия имеет две ступени электроизоляции. Коэффициент полезного действия укрытия составляет 98%.

Глинозем к течкам бункеров АПГ подводится с помощью аэрожелобов.

Расположение электролизеров в корпусе однорядное, поперечное с межосевым расстоянием 6400 мм. Поперечное расположение электролизеров в корпусе по сравнению с двухрядным, позволяет существенно снизить магнитогидродинамические возмущения на слой металла в катодном устройстве, т.к. отсутствует влияние соседнего ряда электролизеров.

При поперечном расположении электролизеров за счет одностороннего подвода тока к анодным шинам, наличия пяти перемычек между анодными шинами, двухстороннего секционированного съема тока катодной ошиновкой, наличия катодных перемычек под днищем катодного устройства удастся создать близкое к симметричному магнитное поле и снизить волнение расплавленного алюминия под действием магнитных полей.

Глинозем в электролизер поступает по системе централизованной раздачи глинозема (ЦРГ). Особенность этой системы состоит в том, что транспортировка глинозема осуществляется в плотной фазе. В специальных коллекторах с диафрагмами перемещение глинозема происходит над диафрагмами под действием импульсов воздуха, проталкивающего глинозем вдоль коллектора. В отличие от транспортировки глинозема в трубах с помощью сжатого воздуха, транспортировка в «плотной» фазе имеет значительные преимущества, т.к. нет существенного истирания металлических труб, а следовательно, нет излишнего попадания железа в электролизную ванну и далее в первичный алюминий. Это также позволяет снизить затраты на ремонт системы транспортировки. Кроме того, для транспортировки в «плотной» фазе не требуется компрессоров с высоким давлением, которые сложны и дорогостоящи. Решающим преимуществом транспортировки в «плотной» фазе является отсутствие дополнительного измельчения глинозема и образования мелкодисперсных фракций. Это улучшает эффективность работы сухой газоочистки, стабилизирует технологию электролиза, снижает транспортные потери глинозема и уменьшает загрязнение воздуха рабочей зоны корпуса электролиза.

Стабилизации и улучшение технологических показателей электролиза способствует и система автоматизированной корректировки криолитового отношения за счет подачи фтористого алюминия через отдельные дозаторы. В процессе электролиза в первую очередь происходит испарение фтористого алюминия, и криолитовое отношение электролита увеличивается. Подача фторированного глинозема из сухой газоочистки способствует снижению криолитового отношения. Для того, чтобы эти два процесса не нарушали динамического равновесия криолитового отношения в электролите, в электролит в определенное время подается строго дозированная порция фтористого алюминия или смеси фтористого алюминия с глиноземом. Дозирование порций регулируется частотой срабатывания дозаторов. Частота срабатывания дозаторов контролируется АСУТП.

Отсасываемая через балку - коллектор газо-воздушная смесь направляется по системе корпусных и межкорпусных газоходов на рукавные фильтры сухой очистки газов. Преимущество сухой очистки газов перед мокрой состоит в том, что процесс адсорбции фторидов на глиноземе, т.е. непосредственная очистка газов, позволяет вместе с глиноземом возвращать в электролиз фтористые соединения. За счет этого резко снижается общий расход свежих фтористых солей.

При мокрой очистке газов затраты на ремонт оборудования существенно выше, чем на сухой газоочистке, т.к. растворенные в водной среде и водных массопотоках фтористые соли имеют сильно выраженные кислотные свойства, что приводит к значительной коррозии оборудования. Кроме того, при мокрой очистке газов продуктами извлечения являются регенерационный криолит, который сильно загрязнен примесями. При введении такого материала в электролизер резко ухудшается качество получаемого алюминия.

Проектом Павлодарского электролизного завода предусмотрена сухая очистка газов, основным оборудованием которой являются реакторы и рукавные фильтры. Каждый модуль сухой газоочистки обслуживает 72 электролизера и состоит из 12 рукавных фильтров, совмещенных с реакторами адсорберами. Такое совмещение позволяет первичную адсорбцию производить в реакторе, окончательную - на рукавных фильтрах. При этом не увеличивается напорное сопротивление на рукавах. При постоянном напорном сопротивлении двигатели дымососов работают в более стабильном режиме, и экономится значительное количество электроэнергии.

Составной частью технологии Павлодарского электролизного завода является использование в корпусах электролиза комплексных технологических кранов. Имеющиеся на кране устройства позволяют автоматически захватывать головку штанги анододержателя, разбалчивать зажим анододержателя, переносить анододержатель с обожженным анодом или огарком анода, производить обрубку корки электролита вокруг анода, производить подсыпку глинозема на поверхность анода.

Выполнение столь большого количества операций возможно только на комплексном кране при поперечном расположении электролизеров. В этом случае мост крана расположен параллельно длинной оси электролизера и достаточно места для расположения на кране всех названных устройств.

Комплексный кран позволяет также осуществлять операцию по установке рамы для перетяжки анодной ошиновки. На раме устанавливаются автоматические захваты головки анодных штанг. На комплексном кране имеются крюки для транспортировки вакуум - ковшей и различных грузов.

Анодные штанги с огарками извлекаемые из электролизеров, направляются в анодно-монтажный цех. Наличие конвейерной системы выполнения различных операций позволяет существенно сократить ручной труд и количество обслуживающего персонала.

Операция по снятию налипшего и застывшего на анодах электролита позволяет собрать оборотный электролит и отправить его в ванны. Этим снижается расход фтористых солей на технологию электролиза, и уменьшаются удельные выбросы фтористых солей в атмосферу.

Механизация процессов съема огарков, их дробления и обработки позволяют вернуть в оборот значительное количество анодного материала.

Применение оборудования для механизированной чистки анодных траверс, анодных штанг создает условия для лучшего контакта при дальнейшей заливке чугуном ниппелей и прижиме анодных штанг к анодным шинам. Это позволяет экономить электроэнергию при электролизе.

Наличие установки для предварительного нагрева гнезд ниппелей анодных блоков, покрытие гнезд коллоидной графитовой смазкой и механизированная заливка чугуном снижают степень растрескивания анодов при установке в электролизер. Это позволяет снизить расход анодов, электроэнергии и увеличить выход по току.

Склад двухпролетный, закрытого типа, оснащен кранами - штабелерами с

захватами на 10 анодов. Хранение анодов - в штабелях по 5 рядов по высоте.

Склад обеспечивает запас хранения продукции на 10 суток.

Котельная высокотемпературного органического теплоносителя (ВОТ) предназначена для нагрева теплоносителя, используемого для обогрева технологического оборудования отделения "зеленых" анодов (подогревателя кокса, смесителей, дозаторов пека, пекопроводов).

Общая потребность в тепле составляет 3000 кВтч. Исходя из указанной потребности, в котельной предусмотрена установка двух нагревателей ВОТ мощностью по 1500 кВт.

С целью исключения воздействия на окружающую среду в котельной устанавливаются электронагреватели, что исключает выброс вредных веществ в атмосферу.

Рабочая температура нагрева теплоносителя в электронагревателях 20-260 °С. В качестве теплоносителя предлагается использовать теплоноситель импортного производства. Система нагрева - циркуляционная двухконтурная.

Заполнение системы нагрева теплоносителем осуществляется насосами из расходных баков.

Прием теплоносителя, доставляемого в бочках или в контейнерах, может быть осуществлен в баки аварийного слива или в расходные баки.

Циркуляция теплоносителя в первом контуре осуществляется насосами, установленными группами непосредственно у каждого из электронагревателей. Из двух насосов каждой группы в работе находится по одному насосу, вторые насосы - резервные.

После обогрева технологических установок отделения "зеленых" анодов и пекопроводов охлажденный теплоноситель возвращается в сборные коллекторы котельной и далее на вход циркуляционных насосов. Компенсация увеличения объема теплоносителя при его нагреве обеспечивается установкой расширительного бака. Учитывая пожароопасность теплоносителя, для его слива в случае возникновения пожара в состав комплекса котельной, в соответствии с действующими нормами, включено здание с баком аварийного слива.

В бак аварийного слива осуществляется слив теплоносителя от оборудования и трубопроводов, а также сброс теплоносителя от предохранительных клапанов контуров нагрева. Горячие газы от печей обжига анодов поступают в охладители, где охлаждаются до $t_0 = 90$ °С. Охлажденные газы подаются в модули «реактор - рукавный фильтр», куда одновременно поступает глинозем, в качестве адсорбента, и происходит адсорбция фтористого водорода и возгонов каменноугольного пека на его поверхности. В рукавном фильтре улавливаются глинозем с адсорбированными загрязняющими веществами и коксовая пыль.

Очищенные газы дымососами через дымовую трубу выбрасываются в атмосферу. Глинозем возвращается в производство алюминия пневмоаппаратом.

Эффективность очистки: от HF- 98,5 %; от смолистых веществ (возгоны

каменноугольного пека) - 98 %; от пыли - 99,9 %

Газы от технологической линии, содержащие коксовую пыль и возгоны каменноугольного пека, поступают в реактор, куда одновременно подается кокс, на поверхности которого происходит адсорбция смолистых веществ. После реактора газы попадают в рукавный фильтр, где обеспыливаются. Очищенные газы дымососом через свечу выбрасываются в атмосферу. Уловленный кокс возвращается в основное производство. Эффективность очистки: от возгонов каменноугольного пека - 98 %; от коксовой пыли - 99,9 %.

Установка очистки газов склада пека состоит из термokatалитического реактора, дымососа и свечи. Количество резервуаров - 1 шт.; объем газов, поступающих на очистку (при 0 °С и 101,3 кПа), - 1000 м³/ч; температура газов, поступающих на очистку - 120 °С

Газы от установки плавления твердого пека поступают в термokatалитический реактор, где на катализаторе происходит окисление возгонов каменноугольного пека до воды и диоксида углерода. Очищенные газы дымососом через свечу выбрасываются в атмосферу.

Эффективность очистки от возгонов каменноугольного пека - 98 %.

Предусмотренный проектом Павлодарского электролизного завода перечень оборудования и технология очистки газов отделений цеха обожженных анодов позволяют гарантированно обеспечить требуемые предельно допустимые концентрации выделения вредных веществ от производства обожженных анодов на границе санитарно-защитной зоны. Тем самым, обеспечивается сочетание экономических преимуществ расположения производства обожженных анодов на территории электролизного завода и минимизация воздействия этого производства на окружающую среду.

Заключительный передел производственного цикла Павлодарского электролизного завода заключается в разливке алюминия - сырца в литейном отделении в чушки весом 20 кг. Выбранный состав оборудования позволяет механизировать все основные операции этого передела. Наличие 60-ти тонных поворотных миксеров позволяет равномерно вести процесс выливки расплавленного алюминия. В отличие от стационарных миксеров у поворотных миксеров нет застойных зон, не происходит образование шламов и не обрушаются подвесные своды. В результате срок службы футеровки и качество металла в поворотных миксерах выше.

Литейный комплекс обеспечивает непрерывную автоматическую разливку чушек в штабели и их автоматическую обвязку.

Применение данного оборудования обеспечивает высокое товарное качество выпускаемой продукции и снижение трудоемкости производства.

2 Основы получения алюминия

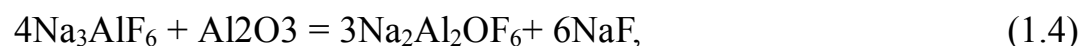
Электролиз криолит-глиноземных расплавов является доминирующим способом получения алюминия. Получение алюминия электролизом глинозема, растворенного в расплавленном криолите, было предложено в 1886 году одновременно французом П. Эру и американцем Ч. Холлом. С тех пор метод Эру-Холла не претерпел принципиальных изменений, сущность его состоит в следующем.

В ваннах, футерованных с применением углеродистых или инертных материалов, на подине находится слой расплавленного алюминия, выше – слой электролита, т.к. расплавленный алюминий при температуре электролиза тяжелее электролита. Сверху в ванну опущен угольный анод, частично погруженный в электролит. Электролитом служит расплавленный криолит с избытком фторида алюминия, в котором растворен глинозем. Температура процесса (945-960⁰С) превышает температуру плавления этой смеси на 7-15⁰С, концентрация глинозема в электролите меняется в диапазоне от 2% до 4% (по массе) и зависит от режима питания глинозёмом. Процесс заключается в электролитическом разложении глинозема, растворенного в электролите. На жидком алюминиевом катоде выделяется алюминий, на аноде происходит окисление выделяющимся кислородом углерода с образованием CO₂ по реакции (1):



Известно, что криолит-глиноземный расплав не полностью удовлетворяет современным требованиям к производству алюминия, но другого растворителя глинозема для практического применения не найдено. В состав криолит-глиноземного расплава входят такие компоненты, как криолит (Na₃AlF₆), фторид алюминия (AlF₃) и глинозем (Al₂O₃). Кроме того, в электролит вводятся искусственно или поступают с исходным сырьем фториды кальция, магния, лития и другие. Растворителем глинозема в электролите является криолит. Глинозем, поступающий в расплав, вступает во взаимодействие с криолитовыми комплексами и образует оксифторидные комплексы переменного состава по реакциям (1.2-1.6). Основной ионный состав расплава следующий: Na⁺, AlF₆³⁻, AlF₄⁻, F⁻. С ростом концентрации глинозема растет число оксифторидных комплексов и повышается доля ионов O²⁻ в окружении ионов Al³⁺.





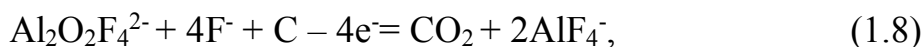
При электролизе криолит-глиноземных расплавов на катоде происходит восстановление ионов алюминия (AlF_6^{3-} , 2AlF_4^-). В катодный процесс входят следующие последовательные стадии:

- транспорт оксифторидных и фторидных комплексов из глубины расплава к катоду;
- распад комплексов с образованием свободных ионов алюминия; разряд ионов алюминия.
- Катодный процесс сводится к разрушению оксифторидных ионов, выделению алюминия и накоплению в прикатодном слое ионов F^- :

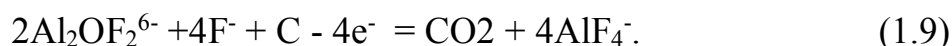


Анодный процесс можно представить как протекание следующих реакций:

- предшествующая химическая реакция



или



Реакции (1.8) и (1.9) включают несколько стадий:

- доставку оксифторидных комплексных ионов диффузией;
- разрушение комплексов;
- окисление ионов кислорода на поверхности анода до состояния атомов;
- химическую реакцию с образованием поверхностных оксидов;
- распад промежуточных комплексов и выделение молекул углекислого газа, образующих пузырьки;

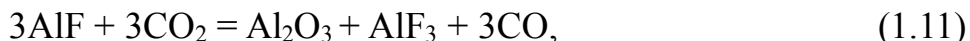
Существование на аноде хемисорбированного кислорода приводит к тому, что парциальное давление кислорода на аноде становится выше, чем упругость диссоциации CO_2 на углерод и кислород. В этих условиях первичным газом может быть только CO_2 . Если бы образовалось CO , оно немедленно окислилось бы избыточным хемосорбированным кислородом до CO_2 .

Практически анодные газы промышленных электролизеров содержат в среднем 80 % CO_2 и 20 % CO . Такое изменение состава газа происходит в результате вторичных реакций:

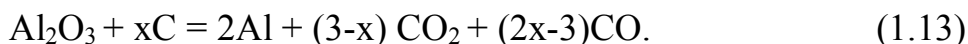
– взаимодействия первичного CO_2 с углеродом анода – реакция Будуара (1.10):



– восстановления CO_2 растворенным в электролите алюминием (субфторидами натрия и алюминия), по реакции (11) и (12):



Реакция Будуара идет лишь на поверхности анода (вне зоны поляризации). Кроме того, CO_2 взаимодействует с угольной пеной на поверхности электролита. Так как анодные газы содержат и CO_2 , и CO , суммарную реакцию при электролизе можно представить уравнением, обозначив через (x) число молей углерода, участвующих в суммарной реакции:

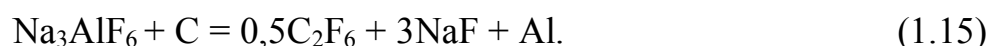


Коэффициент (x) подчеркивает переменный характер расхода углерода, который зависит от многих факторов: гидродинамики электролита, состояния и качества анода, состава и температуры электролита и других. Минимальный расход углерода на один грамм – атом алюминия получается при $x=1,5$, максимальный – при $x = 3$.

Теоретически при электролизе должны расходоваться глинозем, углеродистый анод, а также электроэнергия, необходимая не только для осуществления электрохимического процесса, но и для поддержания высокой рабочей температуры. На самом деле расходуется, и некоторое количество фтористых солей, которые испаряются и впитываются в футеровку. Для поддержания уровня и состава электролита загружают криолит, оборотный электролит, фторид алюминия, а при пуске ванн и кальцинированную соду.

Как упоминалось, концентрация глинозема в промышленных электролизерах колеблется от 1 до 4 %. Больше количество глинозема вводить бессмысленно, так как растворимость глинозема в криолите ограничена, и образование осадков на подине приведет только к нарушению технологического режима. Если концентрация глинозема опускается ниже 1%, то наблюдается нехватка ионов кислорода у поверхности анода, следствием чего является ухудшение смачивания анода электролитом, что ведёт к резкому увеличению напряжения на ванне, и разряду других ионов (анодный эффект). При анодном эффекте протекают следующие реакции:





Для устранения анодного эффекта в электролит под анодом вводят такие окислители, как глинозем, растворенный алюминий или органические соединения. Возникновение анодных эффектов увеличивает расход электроэнергии и фтористых солей, но на практике с целью контроля нормальной работы электролизера допускают их периодическое возникновение. На современных заводах частота анодных эффектов поддерживается на уровне 0,05-0,5.

В заводской практике широко используется понятие «криолитовое отношение» электролита» (К.О.), характеризующее отношение числа молей фторидов натрия и алюминия. Для чистого криолита оно равно 3. Отечественные заводы работают на К.О. порядка 2,45-2,75. При пуске ванн электролит может иметь избыток фторида натрия. Такие электролиты имеют $\text{К.О.} \geq 3$ и называются «щелочными» в отличие от «кислых», имеющих избыток фтористого алюминия, то есть $\text{К.О.} \leq 3$.

Применение кислых электролитов обусловлено более низкой растворимостью в них натрия, что способствует снижению потерь алюминия.

На современных заводах, оснащенных электролизерами с обожженными анодами криолитовое отношение поддерживается на уровне 2,1-2,3. По литературным данным температура плавления таких электролитов (при содержании CaF_2 – 6%, MgF_2 – 1,5%, $\text{Al}_2\text{O}_3 \approx 3\%$ составляет менее 940°C). При температуре электролиза плотность электролита равна 2,02-2,05 г/см³, а плотность алюминия 2,303 г/см³. Целесообразно подбирать лёгкие электролиты, чтобы разница между плотностью металла была достаточно большой, чтобы алюминий находился на подине ванны под слоем электролита. При длительных остановках электролиза, например, при отключении тока, происходит частичная кристаллизация электролита и общая плотность смеси жидкой и твердой частей солевого расплава может быть больше, чем у алюминия, в этом случае металл всплывает на поверхность электролита, что может привести к замыканию электродов при включении тока.

В состав промышленного электролита, кроме криолит-глиноземного расплава, входят и примеси, которые в значительной мере влияют на свойства электролита.

Уменьшение электропроводности и повышение вязкости промышленного электролита объясняется отрицательным влиянием примесей, поступающих с сырьем, и углеродистых частичек, всегда присутствующих в промышленном электролите.

Введение различных добавок в промышленные электролиты связано со стремлением снижения температуры его плавления и улучшения других его физико-химических свойств. Применяемые соли должны иметь катионы более электроотрицательные, чем Al^{3+} , а анионы более электроположительные, чем O^{2-} . В противном случае будет происходить восстановление катионов

добавок на катоде с загрязнением алюминия и окисления анионов на аноде с получением нежелательных продуктов. При содержании в электролите 0,5 % (по массе) углерода снижается его электропроводность на 6-7 %. Обычно при нормальной работе в электролите находится 0,05-0,1 % (по массе) углерода. Практически постоянными добавками в электролит являются CaF_2 и MgF_2 , которые попадают вместе с глинозёмом. Фторид кальция понижает температуру плавления электролита меньше, чем другие солевые добавки и его содержание в электролите колеблется в пределах 3-7 %. Он снижает растворимость глинозёма, понижает электропроводность, увеличивает плотность и вязкость электролита, это является отрицательным его качеством. К положительным качествам относится то, что CaF_2 снижает давление пара, снижает растворимость металла в электролите, делает мягкой корку, способствует не смачиванию угольной пены электролитом, благоприятствует созданию устойчивых гарнисажей и настелей и повышает выход по току. Суммарное содержание фторидов кальция и магния обычно не должно быть больше 7-8 %. Добавки фторида лития - при взаимодействии с натриевым криолитом образует литиевый криолит, температура плавления которого 800 °С.



Добавки существенно снижают температуру плавления расплава, однако в литиевом криолите растворимость глинозёма приблизительно в 4 раза меньше, чем в натриевом. Поэтому необходимо учитывать, что добавки LiF в электролит приводят к резкому снижению растворимости глинозёма. Главная ценность добавок литиевых солей - сильное увеличение электропроводности электролита, что связано с малым, по сравнению с ионами Na^+ , радиусом иона Li^+ . В целом добавки солей лития позволяют значительно интенсифицировать процесс электролиза. Основное препятствие для использования солей лития в качестве добавок - высокая их стоимость и дефицитность, хотя уже наблюдаются улучшения в этом плане.

Концентрация глинозема в электролите ванн является одним из наиболее важных параметров в процессе электролиза. В зависимости от технологического режима его концентрация может как уменьшаться так и увеличиваться. Изменения концентрации глинозема влияют на температуру ликвидуса (каждый 1% процент глинозема изменяет температуру ликвидуса на 6 °С), электропроводность (ухудшается на $0,05 \text{ мОм}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$), изменяется анодное перенапряжение, межфазное натяжение и другие параметры. Скорость растворения глинозёма при его подаче в электролизер зависит как от физико-химических свойств самого глинозема и состава криолит-глиноземного расплава, так и от технологических условий (перемешивания в зоне растворения, типа загрузки и так далее). В зависимости от того, в какое место попал глинозём, скорость его растворения может меняться в 50 раз. На скорость растворения также влияют тип электролизеров, наличие систем автоматического питания глинозёмом или других способов подачи этого сырья.

Поэтому глинозём с большим содержанием $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ является источником образования осадка на подине электролизёра. Осадок медленно растворяется в расплаве, так как он отделён от электролита слоем катодного металла. Длительное нахождение осадка на подине электролизёра приводит к образованию плотных осадков — «коржей». В этом случае нарушается распределение тока в катодном устройстве, увеличивается падение напряжения в подине, нарушаются технологические и энергетические режимы работы электролизеров, увеличиваются трудовые затраты на их обслуживание, снижаются технико-экономические показатели электролиза. Поэтому из существующих типов глинозема («песчаный» и «мучнистый») предпочтительнее использовать песчаный глинозём, который менее склонен к образованию осадков. Уменьшению осадков способствует установление на электролизерах автоматического питания глиноземом точечного типа.

3 Материальный баланс электролиза

3.1 Приход сырья

- глинозёма: $1,92 \cdot 100,4 = 192,77 \text{ кг / ч}$;
- анодов: $0,54 \cdot 100,4 = 52,44 \text{ кг / ч}$;
- свежих фторсолей: $(0,0091 + 0,00494) \cdot 100,4 = 1,41 \text{ кг / ч}$;
- выход огарков: $0,14 \cdot 100,4 = 14,06 \text{ кг / ч}$;

3.2 Расход сырья

Глинозём

Иностранные фирмы «Pechiney», «Kaiser» (США), «VAW» (Германия) в своих предложениях по переводу корпусов БрАЗа, ИркАЗа, НкАЗа на обожжённые аноды определяют удельный расход глинозёма равным 1930 кг на 1 т алюминия-сырца. В настоящем проекте принимается удельный расход Al_2O_3 равный 1920 кг (на 1 т алюминия-сырца), согласно практике зарубежных заводов. Однако повышаются требования к глинозёму при применении АПГ точечного типа. В частности, рекомендуется использовать глинозём «песчаного» типа, к которому относятся зарубежные глинозёмы.

Обожжённые аноды

На зарубежных заводах электролизёры с ОА имеют общий удельный расход анодов 565 – 580 кг (с огарками) и расход без огарков – 415 – 453 кг. На отечественных электролизёрах с ОА самый низкий удельный расход обожжённых анодов (с огарками) имеют корпуса № 7,8 КрАЗа (≈ 580 кг), в том числе 140 кг – выход огарков.

В настоящем проекте удельный расход обожжённых анодов принимается равным 540 кг, в том числе 140 кг – выход огарков.

Фтористые соли

При использовании «сухой» газоочистки, широко и успешно применяемой на зарубежных алюминиевых заводах, часть поступающего на процесс электролиза криолитоглинозёмного расплава фтора возвращается обратно в электролит виде фторированного глинозёма. Данная система газоочистки также успешно используется в корпусах САЗа, УАЗа, в корпусах № 19,20 КрАЗа.

В проекте принимаем удельный расход фтористого алюминия на 1 т алюминия-сырца равным 9,1 кг. Удельный расход свежего криолита на пуск электролизёров после капитального ремонта – 4,94 кг.

Составление материального баланса процесса электролиза

Материальный баланс электролиза представляет собой соотношения поступивших продуктов в процесс и их расход на получение алюминия-сырца в час.

Расчёт ведется на 1 час работы электролизёра.

Для ведения технологического процесса электролиза и получения 100,4 кг в час алюминия-сырца ($2409 \text{ ч } 24 = 100,4 \text{ кг}$) в электролизёр требуется загрузить:

- глинозёма: $1,92 \cdot 100,4 = 192,77 \text{ кг/ч}$;
- анодов: $0,54 \cdot 100,4 = 52,44 \text{ кг/ч}$;
- свежих фторсолей: $(0,0091 + 0,00494) \cdot 100,4 = 1,41 \text{ кг/ч}$;

Расчёт расхода сырья

1) Теоретический расход Al_2O_3 на производство 1 кг алюминия составляет 1,89 кг. Однако на практике расходуется больше глинозёма, тогда его потери составят: $(1,92 - 1,89) \cdot 100,4 = 3,01 \text{ кг/ч}$.

2) Расход обожжённых анодов в основном связан с реакциями, протекающими у анода. Для расчёта количества углерода, который окисляется кислородом, выделяющимся в результате электрохимического разложения глинозёма, принимается состав анодных газов (по факту), % (объёмный) для выхода по току 95%: CO_2 – 70%; CO – 30%

При получении 100,4 кг алюминия выделится кислорода:

где: 48, 54 – количество кислорода и алюминия в глинозёме (молекулярный вес кислорода и алюминия в Al_2O_3).

Из этого кислорода перейдет:

в состав CO_2 :

$$\frac{89,2 \cdot 2 \cdot 70}{2 \cdot 70 + 30} = 73,5 \text{ кг/ч}$$

в состав CO :

$$\frac{89,2 \cdot 30}{2 \cdot 70 + 30} = 15,7 \text{ кг/ч}$$

где: $2 \cdot 70 + 30$ – содержание кислорода в $\text{CO}_2 + \text{CO}$, %;

$2 \cdot 70$ – содержание кислорода в CO_2 , %;

30 – содержание кислорода в CO , %.

Тогда количество углерода связанного:

$$\text{– в } \text{CO}_2: \frac{73,5 \cdot 12}{32} = 27,6 \text{ кг/ч}$$

$$\text{– в } \text{CO}: \frac{15,7 \cdot 12}{16} = 11,8 \text{ кг/ч}$$

где: 12, 16 – молярные веса углерода, кислорода, соответственно.

Таким образом, при получении 100,4 кг алюминия-сырца в 1 час выделяется:

$$\text{– в } \text{CO}_2: 73,7 + 27,6 = 101,1 \text{ кг/ч};$$

– в СО: $15,7 + 11,8 = 27,5 \text{ кг/ч}$

Выход огарков: $0,14 \cdot 100,4 = 14,06 \text{ кг/ч}$.

Потери обожжённых анодов связаны с окислением, механическими потерями и составляют:

$$OA_{\text{потери}} = 0,54 \cdot 100,4 - (14,06 + 27,6 + 11,8) = 0,76 \text{ кг/ч}.$$

Расход фтористых солей равен приходу фтористых солей (см. баланс фтора).

По расчётным данным составляется материальный баланс процесса электролиза на 1 электролизёр.

Таблица 4 - Материальный баланс процесса электролиза

Приход	кг/ч	%	Расход	кг/ч	%
Глинозём	192,77	77,6	Алюминий	100,4	40,42
Обожжённые аноды	54,22	21,83	Анодные газы:		
Фтористые соли	1,41	0,57	– СО ₂	101,1	40,7
			– СО	27,5	11,07
			Потери:		
			– глинозём	3,01	1,21
			– фторсоли	1,41	0,57
			– аноды	0,76	0,31
			– огарки	14,06	5,66
			– невязка	0,16	0,06
Итого:	248,4	100	Итого:	248,4	100

3.3 Электрический расчёт электролизёра

На электролизёрах с ОА $\approx$ на 2 000 кВт•ч/т меньший удельный расход электроэнергии, чем на электролизёрах с самообжигающимся анодом и верхним токоподводом [4]. Значение удельного расхода электроэнергии W зависит от величины среднего напряжения на электролизёре. Для этого проводят электрический расчёт алюминиевого электролизёра, чтобы определить величины потерь напряжения в основных узлах металлургического агрегата и найти значения греющего ($U_{гр}$), среднего ($U_{ср}$) и рабочего ($U_{раб}$) напряжений.

Для составления баланса

напряжения используются данные

конструктивного расчёта проектируемого электролизёра, справочные данные и практические результаты эксплуатации электролизёров с ОА на САЗе, ТадАЗе.

3.3.1 Расчёт греющего напряжения

Расчёт $U_{гр}$ производится по формуле:

$$U_{гр} = U_p + \Delta U_{a.y.} + \Delta U_n + \Delta U_{эл} + \Delta U_{aэ}, \text{ В,}$$

где: U_p – напряжение разложения глинозёма, В;

$\Delta U_{a.y.}$ – падение напряжения в анодном узле, В;

ΔU_n – падение напряжения в подине, В;

$\Delta U_{эл}$ – падение напряжения в электролите, В;

$\Delta U_{aэ}$ – падение напряжения от анодных эффектов, В.

Электрический расчет выполняется согласно действующим «Нормам технологического проектирования алюминиевого производства» ВНТП 25-86 [1].

3.3.2 Расчёт напряжения разложения

Определяется по эмпирической формуле:

$$U_p = A + 0,37 \cdot i_a, \text{ В,}$$

где: A – коэффициент ($A = 1,13$).

Таким образом: $U_p = 1,13 + (0,37 \cdot 0,74) + 0,2 = 1,604 \text{ В,}$

где: 0,2 – поправочный коэффициент для электролизёров с ОА.

3.3.3 Расчёт падения напряжения в анодном узле

складывается из потерь напряжения в угольной части анода потерь напряжения в контакте «анод - ниппель», потерь напряжения в ниппеле, потерь напряжения в контакте “ниппель – кронштейн – штанга – анодная шина”.

1) определяется по формуле:

$$\Delta U_{ye} = \Phi \cdot \rho_a \cdot l_{cp} \cdot S_a, \text{ В,}$$

где: Φ – форм-фактор электрического поля анода;

ρ_a – удельное сопротивление угольного анода, Ом·см;

l_{cp} – среднее расстояние от дна ниппельного гнезда до подошвы анода, см;

Φ определяется по уравнению:

$$\Phi = 1 + 0,142 \cdot K_2,$$

$$K_2 = \frac{a \cdot x \cdot b}{F_{нг} \cdot x \cdot (l_{cp} + \Delta l)},$$

где:

$a \cdot x \cdot b$ – площадь подошвы анодного блока, см²;

$F_{нг}$ – площадь полной поверхности ниппельного гнезда (диаметр гнезда равен 16 см, глубина – 10 см), см²;

l_{cp} , – $(50 + 2) \cdot 2 = 26$ см (50 см – расстояние от дна ниппельного гнезда до подошвы нового анода, 2 см – до подошвы огарка);

$$\Delta l = \frac{h_{нг}}{2} \cdot \frac{F_{бок.нг}}{F_{нг}},$$

где: $h_{нг}$ – глубина ниппельного гнезда, см (= 10 см);

$F_{бок.нг}$ – площадь боковой поверхности ниппельного гнезда, см².

Подставив данные, находим $K_2 = 0,488$. Следовательно, $\Phi = 1,07$.

$\rho_a = 0,007 \cdot (1 - 0,00025 \cdot t) = 58,8 \cdot 10^{-4}$ Ом·см при средней температуре анодных блоков 640°C.

Тогда:

$$\Delta U_{yz} = 1,07 \cdot 58,8 \cdot 10^{-4} \cdot 26 \cdot \frac{315\,000}{145 \cdot 70 \cdot 42} = 0,121 \text{ В}$$

2) Падение напряжения в контакте «анод-ниппель» рассчитывается по формуле:

где: ρ_n – удельное электросопротивление, Ом·см;

K – количество ниппелей (= 4).

На основе промышленных испытаний $\rho_n = 50$ мВ. Тогда:

$$F_{нг} = 3,14 \cdot 16 \cdot 10 + \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} = 703,36 \text{ см}^2$$

Следовательно,

$$\Delta U_{a-n} = \frac{0,05 \cdot 315\,000}{703,36 \cdot 42 \cdot 4} = 0,133 \text{ В}$$

3) определяется следующим образом:

$$\Delta U_n = \frac{I \cdot \rho_n \cdot l}{K \cdot S_n}, \text{ В}$$

где: ρ_n – удельное электросопротивление ниппеля при $t = 70^\circ\text{C}$, Ом·см² (по практическим данным $\rho_n = 68 \cdot 10^{-6}$ Ом·см, $l = 10$ см, $S_a = (3,14 \cdot 11^2)/4 = 95$ см²;

l_n – длина запеченной части ниппеля, см;

S_n – сечение ниппеля, см.

$$\text{Тогда } \Delta U_n = \frac{315\,000 \cdot 68 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{42 \cdot 4 \cdot 95} = 0,013 \text{ В}$$

4) Падение напряжения на участке “ниппель – кронштейн – штанга – анодная шина” принимается по практическим данным (ТадАЗ, САЗ):

$$\text{Итого: } \Delta U_{a.y.} = 0,121 + 0,133 + 0,013 + 0,05 = 0,317 \text{ В.}$$

3.3.4 Расчёт падения напряжения в подине

Падение напряжения в катодном устройстве ΔU_n рассчитывается по эмпирической формуле:

$$\Delta U_n = \left(0,96 + \frac{2,14 \cdot b + 140}{B_{ин}} \right) \cdot \frac{I}{L_a} \cdot 10^{-3} \cdot 1,098 =$$

$$\left(0,96 + \frac{2,14 \cdot 36 + 140}{378} \right) \cdot \frac{315000}{1550} \cdot 10^{-3} \cdot 1,098 = 0,342 \text{ В,}$$

где: 1,098 – коэффициент, учитывающий увеличение напряжения по сравнению с практическими данными (выведен ВАМИ экспериментально).

3.3.5 Расчёт падения напряжения в электролите

На электролизёрах с ОА эта составляющая греющего напряжения на 400 мВ меньше, чем на электролизёрах с ВТ [4].

Падение напряжения в электролите определяется по уравнению Форсбло-ма-Машовца [2]:

$$\Delta U_{эл} = \frac{I \cdot \rho_{эл} \cdot l}{S_a + P_a \cdot (1 + 2,5)} =$$

$$= \frac{315\,000 \cdot 0,51 \cdot 5,0}{306 + 1\,550 + 2 \cdot (306 + 1\,550) \cdot (5,0 + 2,5)} = 1,6 \text{ В,}$$

где: $\rho_{эл}$ – удельное электросопротивление электролита, Ом·см;

P_a – периметр анодного массива, см.

Промышленные электролиты имеют $\rho_{эл} = 0,4 \pm 0,63$ Ом·см, принимаем $\rho = 0,51$ Ом·см.

На основании многочисленных исследований, проведенных институтом ВАМИ, лучшие технико-экономические показатели на электролизёрах с обожжёнными анодами достигаются при работе на межполюсном расстоянии, равном 5-5,5 см. [5] В проекте принимается $l = 5,0$ см.

3.3.6 Расчёт падения напряжения от анодных эффектов

Составляющая греющего напряжения от анодных эффектов определяется по формуле:

$$\Delta U_{aэ} = \frac{(U_{aэ} - U_p) \cdot t_{aэ} \cdot k}{60 \cdot 24}, \text{ В},$$

где: – превышение напряжения на электролизёре во время анодного эффекта, В (может достигать 60 В, но принимается 25 В);

$60 \cdot 24$ = количество мин в 1 сутках;

$t_{aэ}$ – 1 мин;

k – 0,2.

Тогда:
$$\Delta U_{aэ} = \frac{25 \cdot 0,2 \cdot 1}{60 \cdot 24} = 0,003 \text{ В}.$$

Итого:
$$U_{зр} = 1,604 + 0,317 + 0,342 + 1,6 + 0,003 = 3,866 \text{ В}.$$

3.3.7 Расчёт среднего напряжения

Расчёт $U_{ср}$, ведется по следующей формуле:

$$U_{ср} = U_{зр} + \Delta U_{ош}, \text{ В}$$

где: – падение напряжения в ошиновке (с учётом общесерийной).

3.3.8 Расчёт падения напряжения в ошиновке

Исходные данные для расчёта:

- температура катодных шин – 50°C;
- температура катодного стержня – 204°C;
- температура катодного спуска – 127°C;
- температура анодных шин – 80°C.

Удельное электросопротивление катодных, анодных шин, катодных спусков определяется по формуле:

$$\rho = 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 0,0038 \cdot t), \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

Удельное электросопротивление катодных шин:

$$\rho_{кш} = 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 0,0038 \cdot 50) = 3,33 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

Удельное электросопротивление анодных шин:

$$\rho_{ан.ш} = 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 0,0038 \cdot 80) = 3,65 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

Удельное электросопротивление катодных спусков:

$$\rho_{сн} = 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 0,0038 \cdot 127) = 4,15 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

В настоящем проекте для электролизеров с обожженными анодами на 315

кА, поперечно расположенных в корпусе, применяется усовершенствованная схема катодной ошиновки для предотвращения искривления зеркала металла.

Подвод к электролизеру осуществляется через 5 стояков, расположенных на входной (по ходу тока) стороне электролизера. Все 5 стояков расположены за катодным кожухом и выходят из шинного проема в проекции анода. Четыре стояка равномерно нагружены (76100 А), а пятый стояк нагружен меньше (45600 А). Ток от стояков подводится к передней анодной шине (входная сторона), а к задней шине -токоведущими перемычками, расположенными у мест подключения стояков. Часть тока от катодных стержней направляется под днищем на отметке +1,03 м к трем центральным стоякам следующей ванны. При этом с входной стороны на каждую из двух ветвей ошиновки, привариваются 7 спусков и 14 спусков с выходной стороны (всего 21 спусков на ветви ошиновки) (6 на центральный стояк с обеих сторон). Часть тока от катодных стержней идет по двум ветвям ошиновки на отметке +2,35 м вдоль торцевых сторон к двум крайним стоякам следующей ванны. При этом к одной ветви ошиновки с входной стороны электролизера приваривается 14 спусков, а с выходной 7 спусков (всего 21 спусков на стояк). Схема катодной ошиновки прилагается (см. рис. 3.).

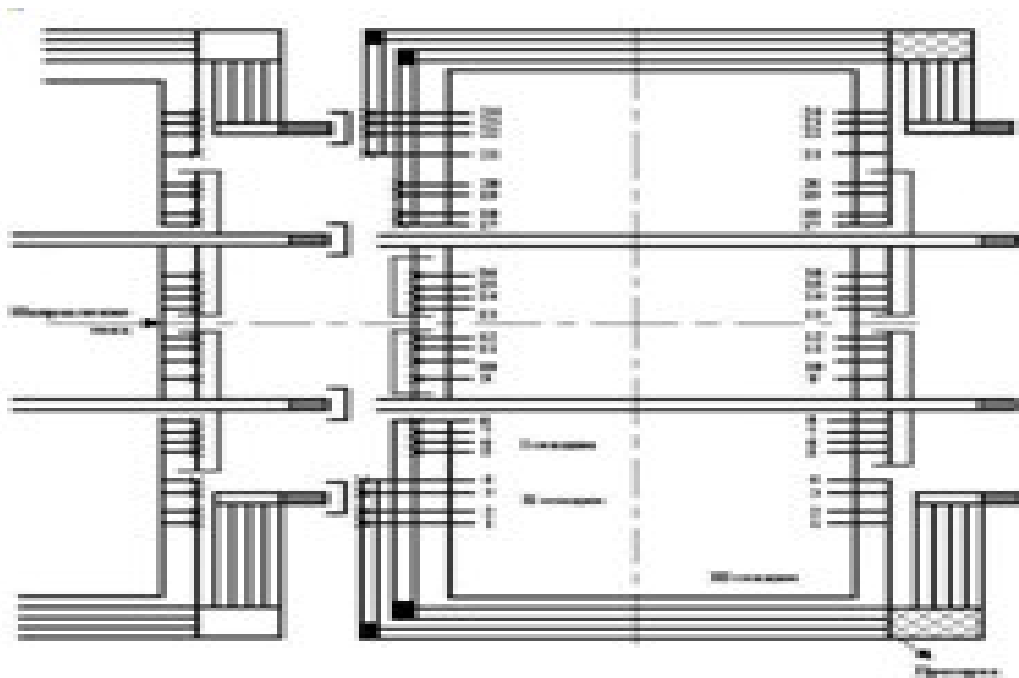


Рисунок 3 - Схема катодной ошиновки электролизёра с ОА на 315 кА

Расчёт падения напряжения в ошиновке (анодной и катодной) ведется по одной из сторон электролизёра – по входной стороне.

Падение напряжения ошиновки находится по потере мощности в замкнутом контуре, в котором оно равно 0.

Тогда:

где: I_1, I_2 – сила тока в 1-ой и 2-ой ветви ошиновки, А;
 R_1, R_2 – сопротивление в 1-ой и 2-ой ветви ошиновки от катодных стержней до нулевой точки на анодной ошиновке, Ом;
 I_c – сила тока на одной стороне электролизёра, А.

Новизна работы состоит в следующем: кислород, образующийся при разложении глинозема, во время электролиза криолито-глиноземного расплава связывается в основном не с углеродом самого анода, а оксидом углерода, который направляется под подошву анода через каналы под давлением 1,1-1,2 атм. Диаметр каналов в теле анода должен обеспечить подачу около 1000-1100 м³ СО на одну тонну алюминия. Образующиеся после электролиза отходящие газы, состоящие из СО и СО₂, после газоочистки, фторирования и отмывки от СО₂ вновь направляются на процесс электролиза в виде СО (рис.1). При этом циркулярном процессе существенно уменьшается расход твердого анодного углерода и создаются условия для значительного улучшения экологической обстановки вблизи самого электролизера.

То есть в при применении таких каналов существенно уменьшается расход углерода, удешевляется процесс электролиза и улучшается экология окружающей среды

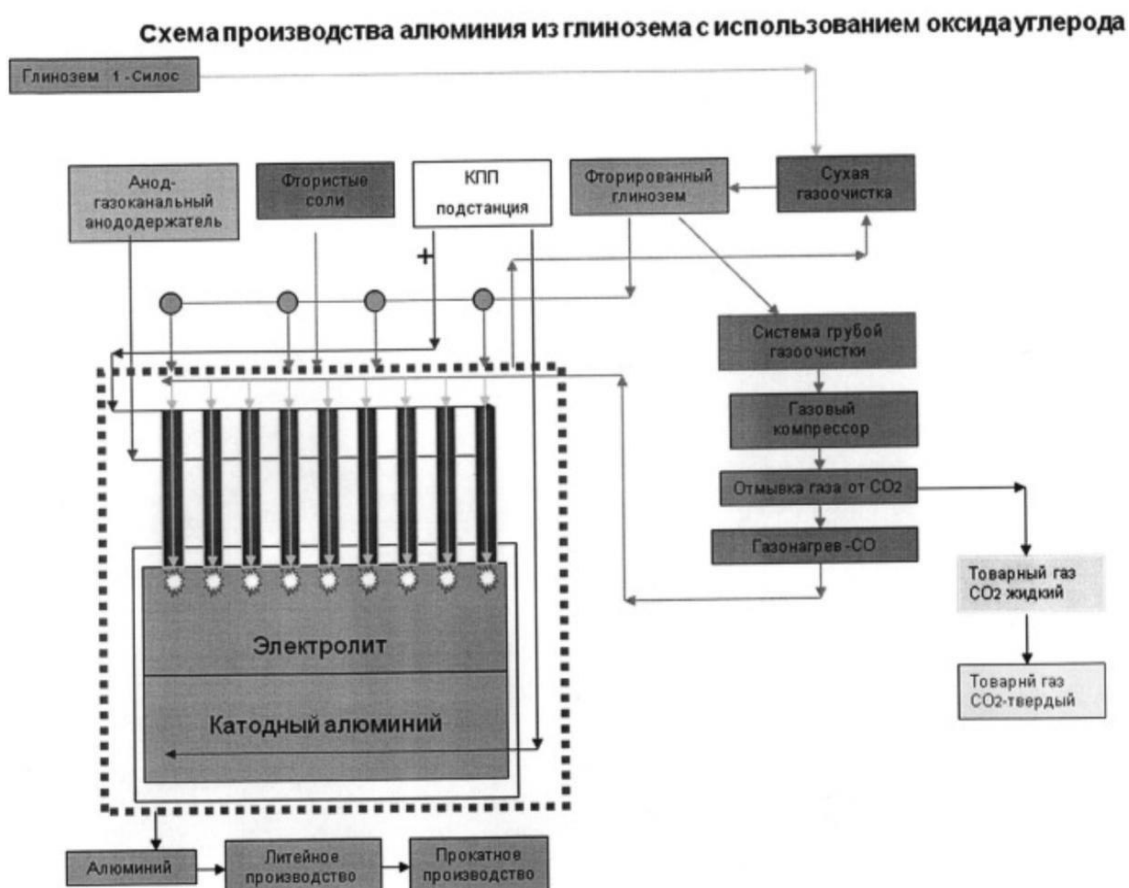


Рис. 1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализации проекта строительства Павлодарского электролизного завода способствовала на следующие факторы:

- устойчивый прогнозный рост мирового производства алюминия с ежегодным приростом 3...4 % в год;
- устойчивое прогнозное превышение мирового потребления алюминия над производством с дефицитом спроса над предложением около 1%;
- устойчивый прогнозный рост цен на первичный алюминий до 2015 года со средним уровнем цен за прогнозируемый период 1600...1700 у.е./т;
- высокое качество производимого на заводе первичного алюминия (99,8%), соответствующее стандартам стран Евросоюза, Северной Америки, Японии, и котировкам Лондонской биржи металлов;
- наличие производства глинозема, интегрированного в рамках одной компании ОАО «Алюминий Казахстана», позволяющее обеспечить объемы производства на уровне 1,46 млн. тонн (в перспективе 1,5 млн. тонн) с качеством соответствующим маркам Г00, Г0;
- наличие устойчивого обеспечения электроэнергией от Аксуйской тепловой электростанции с объемом потребления 3737 ГВтч, поставляемой по ЛЭП 500 КВТ;
- наличие развитой транспортной инфраструктуры г. Павлодара, обеспечивающей возможность железнодорожного и автомобильного сообщения с проектируемым заводом за счет строительства 12 км железнодорожной ветки и автомобильной дороги длиной 10,2 км;
- наличие земельного участка размером 220,2 га, обеспечивающего строительство завода и возможность его дальнейшего расширения с выполнение комплекса работ по инженерной защите и возможностью строительства любых зданий и сооружений;
- отсутствие на площадке строительства завода и на прилегающих к площадке землях особо охраняемых природных и селитебных территорий, а также мест постоянного проживания населения;
- наличие трудовых ресурсов, благоприятный прогноз по возрастному составу населения в г. Павлодар, численность которого составляет 289,7 тысяч человек, в том числе 192,1 тысяча трудоспособного населения, при этом процент незанятого трудоспособного населения от всего трудоспособного населения составляет 43,6 %;
- возможность обеспечения водозабора от подземных вод, с помощью 10-ти скважин, расположенных в 500 м севернее площадки проектируемого завода, для создания замкнутого водооборота;
- отсутствие влияния проектируемого производства на подземные источники и поверхностные воды, попадающие в зону влияния (река Иртыш, озера Карабиданк, Жетекши, Моролды, Муялды,);

- наличие детальной предпроектной проработки проекта строительства завода, включая альтернативные технико-экономические обоснования, выполненные институтом ОАО «ВАМИ» (Санкт-Петербург) и фирмой НАТСН (Великобритания);

- использование в проекте современной технологии производства первичного алюминия, основанной на достижениях ведущих мировых фирм и практическом опыте последних лет по внедрению технологий электролиза на электролизерах с обожженными анодами в Китае институтом GAMI (Гуйан);

- использование в проекте оборудования и технологий, позволяющих минимизировать воздействие производства на окружающую среду; с проектными показателями по удельным выбросам фтористоводородного водорода равным 0,25 кг/т, твердых фторидов - 0,62 кг/т, оксида серы - 12,2 кг/т алюминия, позволяющими отнести создаваемое производство к числу самых экологически чистых производств среди мировых алюминиевых заводов;

- использование в проекте способов утилизации отходов, позволяющих из общего количества твердых отходов 72% переработать на собственном предприятии, и 24 % - передать на утилизацию на другие предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Минцис М.Я., Поляков П.В., Сиразутдинов Г.А. Электрометаллургия алюминия. - Новосибирск: Наука, 2001. - 368 с.
- 2 Борисоглебский Ю.В., Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я., Сиразутдинов Г.А. Metallургия алюминия. - Новосибирск: Наука, 2000. -438 с.
- 3 Троицкий Н.А., Железнов В.А. Metallургия алюминия., М. Metallургия. 1977.-392с.
- 4 Борисоглебский Ю.В. Расчет и проектирование алюминиевых электролизеров. Ленинград, М.: Metallургия, 1981. - 78 с.
- 5 Технологическая инструкция АО «Алюминий Казахстана», 1990.
- 6 Воскобойников В. Г., Кудрин В. А., Якушев А. М. Общая metallургия. - М.: Metallургия. 2000. – 765 с.
- 7 Ибрагимов А.Т., Пак Р.В. Технология производства алюминия на электролизерах АО «Казахстанский электролизный завод». – Монография. – Павлодар: ТОО «Дом печати», 2012. – 288 с.
- 8 Николаев А. Ю., Суздальцев А. В. Расчет цеха электролитического получения алюминия. - Екатеринбург, 2015 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Алимов Адильхан

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование цеха электролитического производства алюминия

Научный руководитель: Гульнар Молдабаева

Коэффициент Подобия 1: 6

Коэффициент Подобия 2: 5

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

2022-05-31

Дата

Заведующий кафедрой

М.О.И.
Бэрменшинов М.Б.
[Подпись]

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Алимов Адильхан

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование цеха электролитического производства алюминия

Научный руководитель: Гульнар Молдабаева

Коэффициент Подобия 1: 6

Коэффициент Подобия 2: 5

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата

30.05.2022

ГЧм-

проверяющий эксперт

Молдабаева Г.Ж



Метаданные

Название

Проектирование цеха электролитического производства алюминия

Автор

Алимов Адильхан

Научный руководитель

Гульнар Молдабаева

Подразделение

Г_М_И

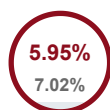
Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		2
Интервалы		0
Микропробелы		1
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		18

Объем найденных подобиий

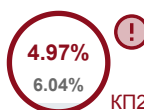
Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобиия 2



КП2

3361

Количество слов



КЦ

23348

Количество символов

Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника ("криптоцитаты").

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635b3bc68b5d43a89421316d36_1.html	88	2.62 %
2	https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635b3bc68b5d43a89421316d36_1.html	51	1.52 %
3	https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635b3bc68b5d43a89421316d36_1.html	36	1.07 %
4	https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635b3bc68b5d43a89421316d36_1.html	28	0.83 %
5	https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635b3bc68b5d43a89421316d36_1.html	18	0.54 %

6	https://www.deepdyve.com/lp/royal-society-of-chemistry/aluminium-phosphate-behaviour-in-na-3-alf-6-al-2-o-3-melts-a-new-aaMOkux50Q	8	0.24 %
7	https://www.deepdyve.com/lp/royal-society-of-chemistry/aluminium-phosphate-behaviour-in-na-3-alf-6-al-2-o-3-melts-a-new-aaMOkux50Q	7	0.21 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из программы обмена базами данных (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (7.02 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635b3bc68b5d43a89421316d36_1.html	221 (5)	6.58 %
2	https://www.deepdyve.com/lp/royal-society-of-chemistry/aluminium-phosphate-behaviour-in-na-3-alf-6-al-2-o-3-melts-a-new-aaMOkux50Q	15 (2)	0.45 %

Список принятых фрагментов

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
	https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b656...	36 (1.07%)
1	кокса, смесителей дозаторов пека, пекопроводов общая потребность в тепле соста...	36 (1.07%)

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект
(наименование вида работы)

Алимов Адильхан Аблаевич
(Ф.И.О. обучающегося)

5B070900 - Metallurgia
(шифр и наименование специальности)

На тему: Проектирование цеха электролитического производства алюминия

Выполнено:

- а) графическая часть на 12 листах
б) пояснительная записка на 50 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Алюминий отличается высоким сродством к кислороду. СО и Н₂ не в состоянии восстановить алюминий из Al₂O₃. Восстановление же углеродом может идти только при температурах выше 2000 °С. В связи с этим наиболее эффективным способом массового получения металлического алюминия является электролиз из расплавленных солей, основой которых является криолит – 3NaF·AlF₃.

В данном дипломном проекте изложены вопросы технологии производства алюминия применительно к электролизерам Казахстанского электролитного завода. Приведена характеристика основных видов сырья, рассмотрены конструкции электролизеров, в соответствии с которыми разработан цех электролитического получения алюминия в условиях ОАО «КЭЗ». Подробно проанализированы технологические параметры процесса электролиза, приведены тепловые и энергетические балансы электролизеров. По расчетам представлены технологические схемы.

Алимов А.А. при выполнении дипломного проекта сумел показать достаточно хороший уровень подготовки и готовность стать бакалавром в области металлургии.

Замечания к работе: недостаточно подробно проанализированы способы получения алюминия на различных типах электролизеров.

Оценка работы

Дипломный проект, выполненный на актуальную производственную тему и соответствующий квалификации бакалавра, оцениваю на «хорошо» (87 %) и считаю возможным присвоить звание бакалавра в области металлургии Алимову Адильхану Аблаевичу.

Рецензент

Доктор PhD,

СНС лабораторий редких металлов РГП «НЦКПМС РК»

(должность, уч. степень, звание)


(подпись)

Малдыбаев Г.К.

«31» мая 2022 г.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломный проект
(наименование вида работы)

Алимов Адильхан Аблаевич
(Ф.И.О. обучающегося)

5B070900 - Metallurgy
(шифр и наименование специальности)

Тема: Проектирование цеха электролитического производства алюминия

Настоящий дипломный проект рассматривает процесс получения алюминия применительно к условиям ОАО «Казахстанский электролизный завод». На основании данных практики и литературных источников выбраны режимные параметры и определены оптимальные условия получения первичного алюминия.

В проекте произведен расчет электролизера с предварительно обожженными анодами, приведены материальные потоки, электрический и тепловой балансы.

При выполнении дипломного проекта Алимов Адильхан проявил способность к принятию самостоятельных решений и показал достаточно хорошие знания.

Дипломный проект, выполненный на актуальную производственную тему и соответствующий квалификации бакалавра, оцениваю на «хорошо» (88 %) и считаю возможным присвоить звание бакалавра в области металлургии Алимову Адильхану Аблаевичу.

Научный руководитель

канд. техн. наук, ассоц. проф. каф. МиОПИ
(должность, уч. степень, звание)

Молдабаева Г.Ж.

«31» мая

2022 г.