Федеральное агентство по образованию

Федеральное государственное образовательное учреждение

среднего профессионального образования

Волгоградский государственный колледж управления

и новых технологий

# КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по учебной дисциплине: **Электролитическое получение алюминия**

на тему: **Расчет электролизера по заданным параметрам**

 Разработчик (выполнил):

 Алехин Иван Геннадьевич

 Курс 4 Группа № 100-ЦМ

 Специальность: 150102

Металлургия цветных металлов

Руководитель:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Волгоград 2010г.

**УТВЕРЖДАЮ**

 Начальник отдела УВР корпуса А

 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Л. П. Маринченко

 «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 200\_\_г.

**ЗАДАНИЕ**

НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Студенту \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 (фамилия, имя, отчество)

Специальность \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(код и наименование специальности)

Группа № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Курс \_\_\_\_\_\_\_\_

Учебная дисциплина \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Тема курсового проекта: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Содержание работы *(перечень вопросов, подлежащих разработке, исходные данные для разработки, рекомендуемая литература, перечень графического и/или наглядного материала и т.д.):*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель курсового проекта \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Срок представления работы (проекта) к защите « \_\_\_ »\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_200\_\_ г.

Дата получения студентом задания

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 200 \_\_г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Расчет основного металлургического оборудования (электролизера)

* 1. Материальный расчет ……………………………………………….
	2. Конструктивный расчет ……………………………………………..

Измм.

Лист

№докум

Подпись

Дата

Лист

 Разраб.

 Провер.

Лит.

Листов

* 1. Расчет ошиновки ………………………………………………………
	2. Расчет электрического баланса ……………………………………..

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ

ИСТОЧНИКОВ .............................................................…………………….

, каолинов и других горных пород. Наиболее ценная алюминиевая руда – бокситы, содержание Аl2O3 в бокситах достигает 50%.

Свободный алюминий впервые был получен датским физиком Эрстедом в 1825 г, но только в 1845г немецкий физик Веллер получил алюминий в количестве, достаточном для определения его свойств, эти свойства дали толчок для разработки промышленного получения алюминия.

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

В 1886г Поль Эру во Франции и Чарльз Холл в США подали заявку на получение алюминия путем электролитического разложения глинозема, растворенного в криолите.

С 1888г началось промышленное получение алюминия по этому способу, применяемому до настоящего времени.

**Алюминиевая промышленность России** До революции в России не было собственной алюминиевой промышленности, но теоретические исследования проводились профессором П.П. Федотьевым. В 1930г в Петербурге был пущен опытный завод, а в1931г создан научно- исследовательский и проектный институт « Гипроалюминий», в последствии « ВАМИ».Строительство алюминиевых заводов осуществлялось на базе мощных гидроэлектростанций, ввод которых был предусмотрен планом ГОЭЛРО, одновременно сооружались мощности по производству глинозема, электродной продукции, и фторидов.

14 мая 1932г выдал первый алюминий Волховский алюминиевый завод (ВАЗ).

В 1933г был пущен Днепровский ( г. Запорожье) на базе Днепрогэса (ДАЗ). В 1939г началось строительство Уральского – УАЗ (Г. Каменск-Уральский алюминиевого завода).

В 1943г ввели в эксплуатацию Новокузнецкий алюминиевый завод (НкАЗ).

9 мая 1945г. выдал первый алюминий Богословский алюминиевый завод (БАЗ), г. Краснотуринск.

В послевоенные годы построены алюминиевые заводы в г. Кандалакша-КАЗ, в 1951г, Канакере-КанАЗ - 1950г, Надвоецы-НАЗ - 1954, Сумгаите – САЗ - 1955г, Волгоград-ВгАЗ-1959г, Шелехове- ИркАЗ - и 1962г, Красноярске-КрАЗ - 1964г, Братске- 1966г, Турсу-Заде, ТадАЗ - 1975г, Саяногорске- СаАЗ - 1985г.

**Ведущими производителями алюминия** являются США, Россия, Канада, Австралия, Бразилия, Китай, на долю которых приходится 63% всего мирового производства алюминия.

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**Мировое производство первичного алюминия, тыс. т**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Производитель (основной)** | **1965 г.** | **1970 г.** | **1975 г.** | **1980 г.** | **1985 г.** | **1987 г.** | **1993 г.** | **1996 г.** |
| СССР (СНГ)СШАКанадаАвстрияБразилияНорвегияГерманияВенесуэлаИспанияФранцияЯпония | 10162499 7628730 276 234 -53 340 292 | 17073607 962 20656 522 30922 120 381 728 | 24503519 878 214 121  595676502103831013 | 2816465410743042616627313173864321092 | 302935001282852549724745403370293226 | 314033431540102484479873844034132241 | 30793695230513851170887552590356426- | 28713577228313661197859576635362349- |
| **Всего в мире** | **6410** | **10209** | **13129** | **16379** | **16168** | **17096** | **19609** | **20844** |

**Раздел 1. Основы электролитического получения алюминия**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**1.1 Свойства алюминия**

Алюминий представляет собой серебристо- белый металл с синеватым оттенком. Уникальное сочетание свойств – малая плотность, высокая теплопроводность и электропроводность, коррозионная стойкость, хорошая механическая прочность в сочетании с высокой пластичностью – обеспечили широкое применение как чистого металла , так и сплавов на его основе.

***Физические свойства***

**Плотность алюминия** 2,69 г/см3 при 200С. Зависимость между плотностью и его составом носит практически линейный характер, что позволяет определять плотность как сумму плотностей каждого элемента. С ростом температуры плотность алюминия снижается, и при 9650С составляет 2,35г/см3 . Удельный вес алюминия в 3,3 раза меньше меди, вследствие чего медные провода в линиях электропередач часто заменяются алюминиевыми

**Температура плавления**.Очень чувствительна к чистоте металла, для высокочистого алюминия (99,996%) она составляет 660,30С. Благодаря этому свойству алюминий высокой чистоты долгое время использовался для калибровки термопар .Температура плавления изменяется с изменением чистоты металла, а также зависит от содержания примесей, с их ростом она возрастает. С ростом внешнего давления температура плавления возрастает. Температура кипения алюминия -24970С.

**Теплопроводность.** Теплопроводность отожженного алюминия в твердом состоянии снижается по мере роста температуры с 2,37 (при 2100С) до 2,08 Вт/см.К (при 6600С). При температуре выше 70,7 0С она малочувствительна к чистоте металла. В жидком состоянии теплопроводность алюминия резко падает до 0,907 Вт/см.К.

**Удельное электросопротивление** алюминия высокой чистоты ( 99,99%) при температуре 200С составляет 2,6548·10­8 Ом·м. С ростом

температуры удельное электросопротивление возрастает практически по линейной зависимости. Электросопротивление в значительной степени зависит от чистоты металла. Электропроводность технического алюминия составляет 62-65% от электропроводности меди. При переходе в жидкое состояние электросопротивление возрастает и достигает 3,8·10­8 Ом·м при 10000С.

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**Удельная теплоемкость** алюминия по мере увеличения температуры возрастает от 0,90 Дж·г­1·К­1 при 00С до 28,12 Дж·г­1·К­1  при 3270С.

**Поверхностное натяжение** имеет максимальное значение при температуре плавлении, и с ростом температуры оно снижается.

**Вязкость алюминия в** жидком состоянии с ростом температуры снижается и увеличивается с ростом твердых включений.

***Химические свойства***

Алюминий относится к третьей группе элементов Периодической системы Д.И. Менделеева, порядковый номер 13 , атомный вес 26,98. Алюминий трехвалентен, в химических соединениях он обычно является ионом АL+3, при определенных условиях атом алюминия становится одновалентным ионом АL+1,образуя субсоединения. Алюминий обладает большой химической активностью; энергия образования его соединений с кислородом, серой, углеродом весьма велика. В ряду напряжений он находится среди электроотрицательных элементов, его нормальный электродный потенциал равен ­1,67В. В обычных условиях при взаимодействии с кислородом воздуха алюминий покрывается прочной пленкой оксида алюминия (AL2O3) толщиной 2 ∙10-5см, которая защищает его от дальнейшего окисления, при наличии в алюминии или окружающей среде Na, Ca, Cu прочность оксидной пленки резко снижается.

 Высокая теплота образования AL2O3, позволяет использовать алюминий для восстановления других металлов из оксидов. При нагревании AL взаимодействует с S, образуя AL2 S3. При взаимодействии AL с F образуется AL F3, реакция идет с выделением тепла, при нагревании AL F3в присутствии алюминия, идет реакция с образованием субфторида (AL F). При охлаждении AL F разлагается с образованием AL.

 Алюминий при температуре 12000С взаимодействует с С, с образованием карбида алюминия (AL4С3) с большим выделением тепла. В присутствии расплавленных солей (криолит) взаимодействие С с алюминием протекает при температуре около 10000С.

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

 Алюминий не взаимодействует с водородом, но водород хорошо растворяется в жидком алюминии. Присутствие водорода отрицательно сказывается на механических свойствах алюминия.

 Алюминий взаимодействует с кислотами, образуя соли, а с щелочами – алюминаты.

Алюминий растворяется в серной и соляной кислотах и щелочах.

Азотная и органические кислоты на алюминий не действуют.

**Механические свойства** зависят от количества примесей, механической обработки, температуры. С ростом содержания примесей прочность алюминия растет, а пластичность уменьшается.

**1.2. Применение алюминия**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

Обладая такими свойствами как малая плотность, высокая теплопроводность, высокая электропроводность, высокая пластичность и коррозионная стойкость, высокие прочностные свойства, алюминий получил широкое использование в различных отраслях современной техники.

 Чистый технический алюминий используется в электротехнике и для производства фольги. Основная часть алюминия применяется в виде литейных и деформируемых сплавов и небольшое количество - в виде порошков.

 За последнее время Al широко используется в машиностроении, производстве строительных конструкций, химической, атомной и пищевой промышленности (в качестве упаковочного материала), электротехнической промышленности, авиастроении, ракетостроении, оборонной промышленности, в черной металлургии, для получения металлов методом алюмотермии.

 **Деформируемые сплавы.** Для повышения механических свойств изделий из алюминия изготавливаются сплавы, легированные различными элементами ( Cu, Mn, Si, Mg, Zn и др.)

 Изготовляются эти сплавы по ГОСТу, который регламентирует химический состав. Сплавы изготовляются в виде чушек или слитков в зависимости от того, для каких целей изготовляется сплав.

Сплавы, используемые для изготовления фольги, - это сплавы Al- Mn, Al- Mg.

Сплавы для автомобильной промышленности - это сплавы Al- Mg, Al- Mn , Al- Mg- Si.

Сплавы для авиационной промышленности - это сплавы Al- Cu, Al- Zn, Al- Mg-Li.

Сплавы для изготовления жестких контейнеров применяются для изготовления деталей донышек и обечаек консервных банок. Донышки изготавливают из сплава Al- Cu- Mn, Обечайки из сплава Al- Mn.

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

 **Литейные сплавы.**

Широкое применение получили сплавы, основной легирующей добавкой в которых является Si, сплавы с содержанием Si в 10-13% называются силумины. Помимо Si используются в качестве легирующих добавок Cu, Mn, Si, Mg, Zn. Такие сплавы применяются для изготовления деталей практически во всех отраслях

**Основные направления потребления первичного алюминия**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид продукции | Строи­тельство | Транс­порт | тнп | Элсктро техника | Машино­строение | Упаков­ка | Всего |
| Листы ПлитыШтамповкиПрессованные изделияТрубы Фольга Электропроводники | 13,6--10,2 0,30,2- | 4,2 1,9 0,8 3,2 0,3 0,2- | 3,4--1,0 1,0 0,5- | 1,60,1-1,7 0,50,27,7 | 1,80.30,21,31,10,2- | 17,9----5,8- | 43,22,51,218,33,27,17,7 |
| Всего... | 24,3 | 10,6 | 5,9 | 11,8 | 5,9 | 23,7 |  |

**1.3. Производство алюминия**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

Основным способом получения алюминия является электролиз криолитоглиноземных расплавов

Первые промышленные электролизеры были рассчитаны на силу тока до 0,6кА, и за последующие 100 лет используемая сила тока возросла до 300кА и более. Тем не менее, это не внесло существенных изменений в основы производственного процесса.

Общую схему производства алюминия можно представить в виде:

**Основным агрегатом в этой схеме является электролизер**

Принципиальная схема электролизера с самообжигающимся анодом (Содерберга)

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

Электролит представляет собой расплав криолита с небольшим избытком фтористого алюминия, в котором растворен глинозем. Процесс протекает при переменных концентрациях глинозема от1% до 8%. Сверху в ванну опущен угольный анод, частично погруженный в электролит. Существует два основных типа расходуемых анодов самообжигающиеся и предварительно обожженные.

Самообжигающиеся аноды используют тепло электролиза для обжига анодной массы, состоящей из смеси кокса-наполнителя и связующего – пека. Сам угольный анод находится в стальной рубашке.

Обожженные аноды представляют собой предварительно обожженную смесь кокса и пекового связующего

К аноду подводится положительный полюс электрической цепи постоянного тока. Для самообжигающихся анодов - посредством запеченных в угольную часть анода стальных или сталь-алюминиевых токоподводов (штырей). Штыри посредством зажимов крепятся к анодной раме, подвешенной на домкратах. Домкраты перемещают анодную раму и весь анод.

Расплавленный алюминий при температуре электролиза 950-9600С тяжелее электролита и находится на подине электролизера. К подине подводится отрицательный полюс цепи постоянного тока.

Криолитоглиноземные расплавы очень агрессивны, противостоять им могут углеродистые материалы или некоторые новые материалы. Из них и выполняется внутренняя футеровка электролизера. В нижнюю часть угольной футеровки заделаны стальные стержни, через которые производится токоподвод. Для поддержания тепла в электролизере за углеродистой футеровкой ванны располагается огнеупорная и теплоизоляционная футеровка. Вся футеровка размещается в стальном кожухе.

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

Для преобразования переменного тока в постоянный применяются полупроводниковые выпрямители с напряжением 850В и коэффициентом преобразования 98,5%, установленные на кремниевой преобразовательной подстанции (КПП). Один агрегат дает ток силой до 63кА. Число таких агрегатов зависит от необходимой силы тока, т.к они включены параллельно.

Процесс, протекающий в электролизере, состоит в электролитическом разложении глинозема, растворенного в электролите.

**Al2O3 → 2Al+3 +3О-2**

 Положительно заряженные катионы **Al+3** присоединяют свободные электроныкатода

**Al+3 +3е- = Al ,**

превращаются в нейтральные атомы и выделяются на жидком алюминиевом катоде. По мере накопления жидкого алюминия он выливается с помощью вакуум ковша. Вылитый металл направляется в литейное отделение для разливки в товарную продукцию.

Отрицательно заряженные анионы на положительно заряженном аноде превращаются в кислород:

**О-2-2е-→О2**

Выделяющийся на угольном аноде кислород окисляет уголь до **СО и СО2**, эти газы и выделяются из -под анода.

Электролизеры оборудуются укрытиями, отводящими выделяющиеся газы в систему газоочистки. В отходящих от электролизёров газах преобладает СО2 ( большая часть СО дожигается над электролитом либо в горелках), азот, кислород, газообразные и твердые фториды, частички глиноземной пыли. В системе газоочистки по определенной технологической схеме происходит очистка от вредных примесей и возврат фторидов в производство.

 Суммарная реакция, происходящая в электролизере, может быть представлена уравнением

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**Al2O3 + хС = 2 Al + (2х – 3) СО + (3-х) СО2**

Таким образом, теоретически на производство алюминия расходуется глинозем, углерод анода, электроэнергия для разложения глинозема и поддержания рабочий температуры.

Практически - расходуются фтористые соли, которые испаряются и впитываются в футеровку.

Производство алюминия - одно из самых энергоемких производств, расход электроэнергии достигает 14500-1800кВт-час на получение 1т алюминия.

Для получения 1т алюминия расходуется :

 глинозема - 1925-1930 кг/т;

углерода анода - 500-600кг/т;

фтористых солей - 50-70кг/т.

Все материалы , поступающие на электролиз, должны иметь минимальное количество примесей, более электроположительных чем алюминий ( железо, кремний, медь и др.), т.к они переходят в метал.

**Расчёт электролизёра заданной мощности**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**Выбор плотности тока. Материальный баланс.**

Плотность тока выбирается по графику зависимости плотности тока от силы тока для электролизёра заданной мощности. Для данного электролизёра с ВТ в соответствии с графиком плотность тока составляет 0,70А/см2.



1 *-* верхний токоподвод; 2— обожженные аноды.

**Расчёт материального баланса**

**Приход материалов.** Рассчитывается по расходу сырья на 1кг алюминия и производительности электролизера в час. Для расчета используем данные, сложившиеся на основании опыта эксплуатации алюминиевых электролизеров.

**Расход сырья (кг/кг AI) и выход по току (%) для различных типов электролизеров**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Материал | Обожженные аноды | Боковой токоподвод | Верхний токоподводд |
| Глинозем | 1,92-1,93 | 1,92-1,93 | 1,92-1,93 |
| Аноды, анодная масса | 0,560 | 0,540 | 0,590 |
| Фториды | 0,052 | 0,045 | 0,090 |
| В том числе; |  |  |  |
| криолит свежий | 0,011 | 0,030 | 0,019 |
| криолит регенерационный | 0,015  | ­ | 0,026  |
| фторид алюминия | 0,025 | 0,020 | 0,043 |
| фторид кальция | 0,001  | 0,001 | 0,002 |
| Выход по току | 87-92 | 85-87 | 84-86 |

**Производительность электролизера рассчитываем по формуле:**

РАl ═ I×g×hт×10-3, где I- сила тока в амперах,

g-0,3354 г/А.час – электрохимический эквивалент Al,

hт – выход по току (доля единицы)

Задаемся выходом по току (из сложившихся данных- 86%) и вычисляем производительность электролизёра:

**РАl = 300000 × 0,3354× 0,86 ×10-3 = 41,824 кг/час**

**Зная производительность и расход материалов( данные из таблицы), рассчитываем приход материалов:**

РAl2O3 ═ рAl2O3 × РАl = 1,93 × 41,824 = 80,72 кг/час – глинозёма;

Ра ═ ра × РАl = = 0,560 × 41,824 = 23,421 кг/ час – анодной массы;

Ркр.св ═ ркр.св × РАl = 0,011 × 41,824 = 0,460 кг/час – криолита свежего;

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

Ркр.рег ═ ркр.рег × РАl = 0,015 × 41,824 =0,627 кг/час – криолита регенерационного;

Рф.ал. ═ рф.ал × РАl = 0,025 × 41,824 =1,046 кг/час – фторида алюминия;

Рф.кал.. ═ рф.кал × РАl = 0,001 × 41,824 =0,042 кг**/**час – фторида кальция.

**Вычислим расход материалов:**

**Алюминий.** Количество полученного алюминия определяется производительностью ванн:

**РАl = 46,151 кг/час**

**Анодные газы.**

Количество анодных газов рассчитывают, исходя из их состава и суммарной реакции по формуле: **Al2O3+ XC= 2Al+ (3- X)CO2+ (2X- 3)CO**, где Х – объёмное содержание СО2  в процентах.

Мольные доли газов определяем из формулы:

**NСО2 =2 (hт - 50),** где hT – выход по току.

**NСО2 = 2 × ( 86 - 50) = 72 % = 0,72**

**NСО = 100 – 72= 28%=0,28**

Количество СО2 и СО (кмоль/час) определяем по формулам:

**Мсо═Nсо РАl /[18(2- Nсо)]**

**Мсо2 ═ Nсо2РАl /[18(1+ Nсо2)]**

**Мсо= 0,28 ×**41,824/ 18(2-0,28)=11,711/30,96= 0,378 кмоль/час

**Мсо2 = 0,72×**41,824/ 18(1+0,72)=30,113/30,96=0,973 кмоль/час

 Рассчитаем весовые количества СО2 и СО (кг/час)

**Рсо = 28× 0,378=10,584 кг/час**

**Рсо2 = 44× 0,973=42,812 кг/час,** где 28 – молекулярная масса СО,

44 – молекулярная масса СО2

**Потери углерода.**

**▲Рс**═ Ра -­ Рс ,где **Ра**- приход анодной массы или обожжённых анодов,

**Рс** – количество углерода, израсходованного с газами.

Рс ═12×(**Мсо + Мсо2)=12×(0,378+0,973)=12 ×1,315= 15,78 кг/час**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**▲Рс=**23,421 – 15,78 = 7,641кг/час

**Потери глинозема.**

***▲*** **PAl2O3**═ **PAl2O3**–­ **P**Al2O3(теор),где **PAl2O3**—приход глинозёма в электролизёр, а **P**Al2O3(теор) – теоретический расход глинозёма.

РAl2O3(теор)═**102**РАl/54═**102**×41,824/54=**4266,048/**54=79,001 **(кг/час),**  где:

54- молекулярная масса алюминия

102- молекулярная масса глинозема

***▲*** РAl2O3 = 80,72- 79,001 = 1,719 кг/час

**Потери фторидов :** принимаются равными приходу.

**Таб. Материальный баланс**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Приход | Един. изм.кг/час | Расход | Един. изм.кг/час |
| Глинозем, РАl2O3 | 80,72 | Получено алюминия, **РАl**  | 41,824 |
| Криолит свежий, Ркр | 0,460 | Получено **со, Рсо** | 10,584 |
| Фторид алюминия, Рф.ал. | 1,046 | Получено **со2, Рсо2** | 42,812 |
| Фторид кальция, Рф.кал | 0,042 | Криолит свежий, Ркр | 0,460 |
| Криолит регенерационный, Ркр.рег. | 0,627 | Фторид алюминия, Рф.ал. | 1,046 |
| Анодная масса(аноды), Ра | 23,421 | Фторид кальция, Рф.кал | 0,042 |
| *Изм**Лист**№докум..**Подпись**Дата**Лист* |  | Криолит регенерационный, Ркр.рег | 0,627 |
|  Потери углерода, **▲Рс** | 7,641 |
| Потери глинозема, ***▲*** РАl2O3 | 1,719 |
| ИТОГО | **106,316** | ИТОГО | **97,755** |

**Конструктивный расчёт.**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

Конструктивный расчёт электролизёра необходим для определения его основных размеров.

**Определение площади анода.**

 По заданной силе тока 300000 А и выбранной в соответствии графиком зависимости анодной плотности тока от силы тока, величины плотности тока - 0,70 А/см2, определим площадь анода по формуле:

**J=l/S , откуда : Sа= I/ja ;**

**S= 300000А: 0,70А/см2= 207142,85 см2**

**Определение длины анодных блоков**

На практике для электролизёров с ВТ, средней мощности тока 145 кА, **ширина анода** принимается приблизительно равной **285 см** ( **Ва**).

**Определение внутренних размеров шахты**

Зная размеры анода, можно определить внутренние размеры шахты катодного узла. Установлено, что расстояние от продольной стороны анода до боковой футеровки **С** следует выбирать в пределах 550-600 мм,а от торца анода до боковой футеровки **d** - в пределах 500 – 600 мм.

**Длина шахты: Аш=Аа +2d = 7270мм+ 2. 500 мм = 8270 мм**

**Ширина шахты : Вш= Ва + 2С = 2850 мм+2.550 мм = 3950 мм**

**Глубина шахты : Нш**- определяется суммой столба жидкого металла, электролита и толщиной корки электролита, чаще всего глубину шахты принимают в пределах **500 – 550 мм.**

**Конструкция подины**

 На отечественных предприятиях применяются сборно-блочные (двухсекционные) подины. Катодные блоки выпускаются высотой

**hб – 400 мм**  и шириной **dб – 550 мм.**

Число блоков определяется исходя из длины шахты :

 **nб = 2Аш/( dб + 40) = 2.8270/( 550+40) = 28,03 шт.**

Количество секций должно быть чётным, принимаем **28 шт.**

**Ширина шва между блоками 40 мм**. Ширина периферийного шва (**l)**составит:

по торцам -

**lтор ═{ Аш­-[( nб dб/2)+( nб/2­-1)40] }/2={8690-[(28.550/2)+(28/2 – 1).40]}/2=(8270-8220)/2=25мм**

по продольным сторонам -

**lпрод** ═**[ Вш­-(Lб.к**+ **Lб.д** +**40)]/2=[ 3950-­(1600**+ **2200**+**40)]/2= (3950-3840)\2=55мм,** здесь:

**Lб.к** – длина короткого блока, 2200 мм.

**Lб.д –** длина длинного блока, 1600 мм

Выпускаются блоки длинной 600, 800, 1200, 1400, 1600, 2000, 2200мм.

**Внутренние размеры кожуха**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

Внутренние размеры кожуха определяются геометрическими размерами шахты ванны и толщиной теплоизоляционного слоя. Боковая футеровка имеет толщину угольных блоков 200мм и теплоизоляционного слоя из засыпки 50мм. Тогда длина и ширина составят.

**Акож═Аш+2·(200+50)=8270+500=8770мм**

**Вкож═Вш+2·(200+ 50)= 3950+500=4450мм**

По высоте подина шахты **(Нп )** набирается из:

**Катодных блоков** высотой -400мм

**Защитной подушки**- 30-50мм

**Теплоизоляционного слоя** из пяти рядов кирпича по- 65мм

**Шамотной засыпки** -20-50мм

**Высота кожуха** вычисляется по формуле : **Нк= Нш** + **Нп** ;

где Нш- глубина шахты;

Нп – высота подины : **Нп= 400+ 50+ 65х 5 + 50 = 825мм, тогда**

**Нк = 550мм+825мм = 1375 мм**

Полученные данные сведём в таблицу.

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Ед. измер. | Велич. |
| **Анод:**  **длина** **ширина** **высота**  | **мм****мм****мм** | **7270****2850****1700** |
| **Габариты анодного кожуха** **высота** **длина** **ширина** | **мм****мм****мм** | **1250****7270****2850** |
|  |  |  |
| **Габариты шахты:** **высота** **длина** **ширина** **количество катодных блоков** | **мм****мм****мм****шт** | **550****8270****3950****28** |
| **Габариты катодного узла****высота****длина****ширина** | **мм****мм****мм** | **775****8270****4450** |
| **Габариты катодного кожуха:** **высота** **длина** **ширина** | **мм****мм****мм** | **1375****8270****4450** |

**Расчёт ошиновки**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

Ошиновка служит для подвода электрического тока к электролизёру.

Сечение шинопровода и спусков определяется исходя из величин силы тока и экономической плотности тока, которые для элементов токоподвода составляют ( А/мм2 ).

Алюминиевые шины 0,20- 0,35

Алюминиевые спуски 0,50-0,70

Медные спуски 0.8-1,2

Стальные части штырей и блюмсов 0,15-0,20

**Определяем количество шин.**

При расчете количества шин и спусков берутся их типовые промышленные размеры.

Принимаем экономически выгодную плотность тока для алюминиевых шин **iэк** = 0,30 А/мм2 и заданную силу тока 300000А. Сечение шинопровода будет равняться:

**Sш═I/iэк =300000/0,30=483333,33**(мм2)

Определяем число шин в шинопроводе (шт). В промышленности используются шины сечением 430×60 - 800×100 мм2

Выбираем шину сечением **S1ш =**580×70 и определяем количество шин :

**n═Sш/S1ш = 483333,33/(580×70)=483333,33/40600=11,9**

округляем **до 12 шт.**

Реальная плотность тока при выбранном сечении шины и количества шин тогда получается :

**iэк = I/ S1ш×n=300000/(580×70)×12=300000/40600×12=0,298**А/мм2

округляем до 0,30 А/мм2

**Определим количество штырей.**

Число штырей для электролизеров определяется из выражения

**k═So / Sср ,** где

**Sср-** среднее сечение штыря, мм2(т.к . штыри имеют коническую форму);

**So-** общая площадь штырей, мм2

 **Sср= π (dб2 + dм2 )/8,** где

**dб –**максимальныйдиаметр конической части штыря, мм.

**dм -** минимальный диаметр конической части штыря, мм.

На электролизерах с ВТ используются штыри двух типов:

Цилиндрические штыри с медной рубашкой **(dб = 120мм, dм =90мм)**

Составные ( сталь-алюминиевые) штыри **(dб = 138мм, dм =100мм)**

В настоящее время все электролизеры с силой тока более 130кА используют составные штыри. Для заданной силы тока выбираем составные штыри.

**Sср= π (dб2 + dм2 )/8= π ( 1382 +1002 )/8= π(19044+10000)/8=(3,14 ×29044)/8=11399,77мм2**

**So= I/iэк.шт**

Выбираем **iэк.шт =0,20** А/мм2

**So= I/iэк.шт = 300000/0,2=725000мм2**

**k═725000 / 11399,77=63,60 шт.**

Так как штыри располагаются в 4 ряда, то число штырей принимается кратным 4-м., т. е. количество штырей принимаем равным **64 шт.**

Фактическая плотность тока получается.

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

 **iф =300000/64×11399.77=300000/729585,3=0,199А/мм2**

**Определим количество лент в пакете стального блюмса.**

Стальные блюмсы катодных блоков соединяются с катодными шинами при помощи гибких пакетов алюминиевых лент (спусков), приваренных к катодным блюмсам и шинам.

Число лент в пакете стального блюмса **n**л ( шт)

**nл═ I/( iэк nб S1л)**

**S1л –** сечение одной ленты, мм2, на практике применяются ленты сечением **200×1,5 - 200×0,8 мм2**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**iэк -**  экономическая плотность тока , которая для алюминиевых спусков составляет **0,5 – 0,7 А/мм2.**

Выбираем ленту сечением **200×0,8 мм2,**тогда

**S1л** =  **0,8×200=160мм2**

**iэк – 0,6 А/мм2**

**n**л = **3000000/ ( 0,6 ×28 ×160 )= 300000/2688= 54шт**

Фактическая плотность тока в одной ленте.

**iф** = **I/ nб × n**л× **S1л =300000/ 28×54×160=300000/241920=0,6 А/мм2**

**nб –** число катодных блюмсов равно числу подовых катодных секций, шт

При проведении конструктивного расчёта было вычислено количество катодных секций, которое оказалось равным 28.

Плотность тока в катодном блюмсе.

**iбл** = **I/ Sбл× nб**

Для выбранных катодных секций используются стальные блюмсы, сечением **230×115мм2**

**iбл** = **300000/ 230×115×28=300000/740600=0,196А/мм2**

**Полученные данные сведём в таблицу:**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**Характеристика токоподводящих элементов электролизера**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование токоподводящих элементов** | Един.измер. | Величина |
| **Шинопровод:****количество шин****сечение шины****плотность тока фактическая** | **шт****мм×мм****А/мм2** | **12****580×70****0,298** |
| **Анодные штыри, количество****Максимальный диаметр конической части****Минимальный диаметр конической части****плотность тока фактическая** | **шт****мм****мм****А/мм2** | **64****138****100****0,199** |
| **Катодные спуски:****количество спусков****количество лент в спуске****сечение ленты** **плотность тока фактическая**  | **шт****шт****мм×мм****А/мм2** | **28** **54****200×0,8****0,6** |

**Вычислим количество шин по стоякам**:

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

Длину элементов ошиновки рассчитывают по геометрическим размерам электролизера.

Распределения тока по ветвям токоподвода принимаем одинаковой. Нагрузку по стоякам используют ассиметричную, для выравнивания воздействия магнитных полей на металл. При ассиметричной ошиновке нагрузка на глухой стороне- на входном стояке -составляет 40% всего тока, и на выходном стояке -10%. На лицевой стороне- на входном стояке - 33%, на выходном -17%. Общее количество шин было вычислено ранее и оказалось равным **14 шт.**

**Число шин по стоякам**:

**глухая сторона**, **входной стояк** **n ш.вх.г.= 12×0, 4= 4,8** принимаем **5 шин**

**глухая сторона, выходной стояк** **n ш.вых.г.= 12×0, 1= 1,2**  принимаем **1 шина**

**лицевая сторона, входной стояк** **n ш.вх.г.= 12×0,33= 3,96** принимаем **4 шины**

**лицевая сторона, выходной стояк** **n ш.вых.г.= 12×0,17= 2,04**  принимаем **2 шины**

**Длина анодной шины.**

**Lа.ш.= Акож+(580+100×2)=8770+780=9550мм**

**580-** ширина шины, мм;

**100-** расстояние от кожуха до анодного стояка**, мм(** принимается из сложившейся практики).

**Определим длину анодного стояка.**

**Длина анодного стояка.** Рассчитывается следующим образом. Принимаем за нулевую отметку- верхнюю грань катодного кожуха «0».

Высота анода **На=1700мм.**

Погружение анода в электролит **h п.а.эл =100мм**

Расстояние от верхней поверхности анода до нижней части анодной шины **1200мм,** при максимально верхним положением анодной рамы ( принимается по практическим данным).

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**L 1ан.ст.= На+1200 ­ h п.а.эл +580=1700+1200-100+580=3380мм (выше «0» отметки);**

**L 2ан.ст = 580+ Нш +** **hб -115=580+550+400-115=1415мм (ниже «0» отметки);**

**115мм-** высота катодного блюмса;

**L 3ан.ст -**горизонтальная часть анодного стояка;

**L 3ан.ст= 380+(6×70)+0,5×Вкож=380+420+0,5× 4450 = 380 +420 +2225 =3025мм,**  где -

**380-** расстояние от катодного кожуха до катодного пакета шин**,мм (** принимается по практическим данным);

**6**- количество шин в пакете,шт;

**70 –** толщина одной шины**,мм.**

**Lан.ст= L 1ан.ст+ L 2ан.ст+ L 3ан.ст = 3380+1415+3025=7820мм**

**Вычислим длину катодной ошиновки.**

**Длина катодной ошиновки.** Складывается из длины катодной ошиновки на входной стояк и выходной стояк. Длина лицевой и глухой ветвей ошиновки одинаковы. Рассчитываем одну ветвь.

Рассчитываем расстояние между торцами кожухов двух рядом стоящих ванн.

**Ав-в= (100×2)+(580×2)+300=200+1160+300=1660мм**

**300мм-** расстояние между входными и выходными анодными стояками, соседних ванн, принимаем по практическим данным

Рассчитываем расстояние от торца кожуха до оси первого блюмса.

**Б1 тр-бл= 250 +lтор + dб/2=250+235+550/2=250+235+275=760мм**

**250мм-** толщина бортовой футеровки

Длина катодной ошиновки на входной стояк. Этот пакет шин тающий

**Lк.ош.вх.ст = Акож – Б1 тр-б+ Ав-в-100=9550-720+1660-100 = 10390 мм**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

Длина катодной ошиновки на выходной торец. Этот пакет постоянного сечения с равномерно распределенной нагрузкой

**Lк.ош.вых.ст = Ав-в + Акож +100+580+ Б2 тр-б**

**Б2 тр-бл -** расстояние от торца кожуха до оси третьего блюмса

**Б2 тр бл=250+235+(2×550)+(2×40)+(0,5×550)=250+235+1100+80+275 =1940мм**

**Lк.ош.вых.ст=1660+8770+100+580+1900= 13010мм**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование токоподводящих элементов** | Един.измер | Величина |
| **Число шин по стоякам:**глухая сторона, входной стояк глухая сторона, выходной стояк лицевая сторона, входной стояк лицевая сторона, выходной стояк  | **шт****шт****шт****шт** | **6****1****5****2** |
| **Длина анодного стояка** | **мм** | **7720** |
| **Длина анодной шины** | **мм** | **8770** |
| **Длина катодной ошиновки:**длина катодной ошиновки на входной стоякдлина катодной ошиновки на выходной торец | **мм****мм** | **10390****13010** |

**6. Электрический баланс**

Расчёт электрического баланса состоит в определении падений напряжения в конструктивных элементах электролизёра, электролите и напряжения поляризации. Рассчитанные или принятые по практическим данным падения напряжения на отдельных элементах электролизёра сводятся в таблицу, которую принято называть электрическим балансом электролизёра.

 На практике различают три вида напряжения:

**Uср ═Е +▲ Uэл +▲ Uа +▲ Uк +▲ Uош +▲ Uан.эф +▲ Uс.ош.**

среднее напряжение определяет средний расход электроэнергии на производство алюминия, его величина рассчитывается по показаниям счетчика вольт-часов.

**Uг ═Е +▲ Uэл +▲ Uа +▲ Uк +▲ Uан.эфк**

греющее напряжение используется для расчета теплового баланса, непосредственно замерить невозможно.

**Uр ═Е +▲ Uэл +▲ Uа +▲ Uк +▲ Uош**

Рабочее напряжение измеряется вольтметром, установленным на ванне, характеризует технологический режим электролиза в стационарном режиме , т.е. при отсутствии на нём выливки металла, перетяжки анодной рамы, обработки и анодного эффекта.

**Е-напряжение поляризации** ( Э.Д.С. поляризации ), обратная ЭДС 1,4-2,0 В, его можно рассчитать по эмпирической формуле. При температуре электролиза на электролизерах с ВТ:

**Е=1,13+0.37 i а =1,13+(0,37×0,73)=1,13+0,2701=1,4001В=1,40В**

**i а – 0,73** анодная плотность тока, А/см2 .

▲ Uэл –падение напряжения в электролите, зависит от состава электролита, от чистоты электролита . Рассчитывается по уравнению:

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**▲ Uэл = Ip*l*/ [ Sa+2(Aa+Ba)(2,5 + *l*)]=300000×0,54×5,5/[ 219178,08 +2 ( 769,04 +285) (2,5 +5,5) ]= 475200 /[ 219178,08+16864,64] =475200 /236042,72 =2,013 В,**где

 **I –** сила тока, **300000А;**

 **p –** удельное электросопротивление электролита, принимаем из справочных данных 0,540 Ом×см, для состава электролита КО=2.4, содержание глинозема- 8%, фтористого кальция -6-8%;

 ***l* –** межполюсное расстояние, принимаем из практических данных 5,5см;

 **Sa -** площадь сечения анода , **207142,85** см2 ;

 **2(Aa+Ba)** -длина и ширина анода , **726,81** ×285см.

▲ Uа - **падение напряжения в аноде**, определяется конструкцией анода, рассчитывается по уравнениям.

Для электролизеров с ВТ:

**▲ Uа = {26000-(16000-10,9 Sa/k-805lср - *l*ср Sa/6,85 k) i а}q**

**▲ Uа -** падение напряжения в аноде на участке от подошвы анода до контакта штырь- анодная шина, мВ;

**Sa –** площадь анода,**219178,08**;

**k-** число штырей(**64**шт);

***l*ср –**среднее расстояние от всех токоподводящих штырей до подошвы анода, см;

**i а –** анодная плотность тока( **0,70А**/см2 );

**q –** среднее удельное сопротивление анода в интервале температур 750-9500С , принимаем **0,0070** Ом .см;

**lср =lmin + (nr – 1)∆ l/2=23+(4-1)10/2=23+3×5=38см**

**lmin -**минимальное расстояние от конца штыря до подошвы анода, принимаем из практики **23**см;

**nr –** число горизонтов, принимаем наиболее оптимальную на сегодня 4**-х** -горизонтную;

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**∆ l –** расстояние между горизонтами, при 4-х горизонтной схеме, **10 см**

**▲ Uа = {26000-(16000-10,9× 219178,08/64 – 805 ×38- 38× 219178,08 /6,85×72) × 0,75}0,007={26000-(16000 -33181,126- 30590 – 16887,2) ×0,73} 0,007={26000-(16000 -33181,126- 30590 – 16887,2)×0,75} 0,007=732 мВ**

**▲ Uк** – **падение напряжения в катоде**, рассчитывается по уравнению. Падение напряжения в металле в балансе не учитывается, т.к удельное электросопротивление жидкого алюминия при температуре процесса очень низкое, ниже чем в электролите в 15000раз.

 **▲ Uк ={Lпр ×q ×103 + (3,83 ×10-2 ×А2 +2,87а ×а1/3 ) В/S}ia**

**Lпр –** приведенная длина пути по блоку, см;

 **Lпр= 2,5 + 0,92Н - 1,1h + 132/b**

**q-** удельное сопротивление блока, Ом×см ;

**А-** половина ширины шахты,395/2= **197,5 см;**

**В**- ширина блока с учетом шва, 55+4= **59 см;**

**S-** площадь поперечного сечения катодного блюмса с учетом чугунной заливки, 26,5×14,5=**384,25см2;**

**а-** ширина настыли, 55+10=**65**см ( равно расстояние борт – анод плюс 10-15см);

**Н-** высота блока, **40**см;

**h-** высота блюмса,**11,5**см**;**

**b-** ширина блюмса,**23 с**м;

**q= 0,006(1-0.00025tср)=0,006(1-0,00025×900)= 0,006(1-0,225)=0,00465** Ом×см

**tср –** средняя температура блока, принимаем из практических замеров 9000С

**Lпр= 2,5 + 0,92Н - 1,1h + 132/b= 2,5+0,92×40 -132/11,5=2,5+36,6-11,48 = 27,62см**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

 **▲ Uк ={62 ×0,00465 ×103 + (3,83 ×10-2 ×197,52 +2,87×65×651/3 ) 59/384,25}0,73={27,62×0,00465×1000 + (3,83×0,01×39006,25 + 2,87×65×4,021) ×0,154}×0,73={127,052+( 1493,94+750,12)×0,154}×0,73= 345,03мВ**

**▲ Uош** – **падение напряжения в ошиновке** рассчитывают по отдельным элементам ошиновки и прибавляют падение напряжения в контактах.

На пакете шин постоянного сечения, в которых сила тока не изменяется по длине, падение напряжения может быть вычислено по закону Ома:

**Анодные стояки**. Рассчитываем перепад одной ветви.

**▲ Uош.ст = q l iош = q l I/ S=3,332×10-6×15,64×0,28×104 =16,154×10-2 =0,16154в=161,54мВ**

**l-** длина участка шинопровода, 782×2=**15,64 м**

**q –**удельное электросопротивление в стояках,Ом∙см:

**q =2,80(1+0,0038×t) 10-6 =2,8(1+ 0,0038×50)10-6 =2,8×1.19×10-6 = 3,332 ×10-6 Ом**∙см;

**t –**принимаем температуру стояка среднегодовую **500С,** практические данные;

**iош –** плотность тока, **0,28А/мм2**;

Для пакета шин постоянного сечения при достаточно большом числе подводов и отводов тока при условии, что они равномерно распределены по длине пакета и ток в них одинаков ( к такому пакета шин относится анодная ошиновка):

**▲ Uош.ан = q l iош.мак /3= q l I/3 S=3,332×10-6×9,3×0,28×104 /3 =9,606×10-2 /3 =3,202×10-2 = 0,0320в=32мВ**

**l -** длина анодной шины **9,3м**

Для тающего пакета шин при достаточно большом числе подводов и отводов тока при условии, что они равномерно распределены по длине пакета и ток в них одинаков ( к такому пакета шин относится катодная ошиновка идущая на входной торец следующей ванны):

 **▲ U1ош.к = q l iош. /2= q l I/2 Sмак =3,332×10-6×(9×0,59)×0,28×104 /2=3,332×5,31×0,28×10-2 /2=2,74×10-2=0,0274в=27,4мВ**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**9×0,59=5,** **31м** длина участка подключения спусков.

**▲ U2ош.к = q l iош=3,332×10-6×(9,36-5,31)×0,28×104 =3,332×10-6×4,05×0,31×104= 4,183×10-2=0,04183в=41,83мВ**

Падение напряжения в катодной ошиновке идущей на выходной торец следующей ванны

 **▲ U1ош.к = q l iош.мак /3= q l I/3 S** на участке подключения спусков

**▲ U1ош.к =3,332×10-6×0,59×0,28×104 /3=0,61×10-2/3=0,002в=2мВ**

**▲ U2ош.к= q l iош** на участке от последнего подключенного спуска, до выходного торца следующей ванны.

**▲ U2ош.к =3,332×10-6×(12,760-0,59)×0,28×104 =3,332×12,17×0,31×10-2 =0,126в=126мВ**

**▲ Uош.к=27,4+41,83+2+126=197,23мВ**

**Uош.= ▲ Uош.к +▲ Uош.а+▲ Uош.ст =197,23+32+161,54=390,77мВ**

Падение напряжения в контактах принимаем по практическим данным

Катодный блюмс- катодный спуск -0,006**В**

Катодный спуск –катодная шина -0,003**В**

Катодный спуск -0,033**В**

Катодная шина- стояк - 0,003**В**

Анодная шина- стояк - 0,002**В**

Штырь-анодная шина -0,008**В**

Контакт стояк- гибкая шина - 0,002**В**

 ИТОГ -0,057**В**

**▲ Uош = 390,77мв +57мв = 447,77мв= 0,44777В**

**▲ Uан.эфк** – **падение напряжения от анодных эффектов** зависит от числа эффектов, продолжительности, напряжения вспышки.

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

 **▲ Uан.эфк = ( Uан.эфк - Uраб** ) **∙n ∙ t / 1440**

**Uан.эфк –** напряжение анодного эффекта, ( 30-40В), принимаем 30В

**n –** количество анодных эффектов на один электролизер( частота вспышек), принимаем1,2 шт

**t –** продолжительность анодного эффекта, (2-3) мин, принимаем 2,5мин

**1440 –** количество минут в сутках

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

**▲ Uан.эфк = ( Uан.эфк - Uр** ) **∙n ∙ t / 1440= (30-4,792) ×1,2× 2,5/1440 = 25,206 ×1,2× 2,5/1440=0,0525В**

**Uр ═Е +▲ Uэл +▲ Uа +▲ Uк +▲ Uош = 1,41 +2,153 +0,43+ 0,35448 + 0,45434 = 4,79182В**

**▲ Uс.ош.** – **падение напряжения в общесерийной ошиновке** рассчитывают исходя из длины шинопроводов, проходящих по торцам корпуса, средним проездам внутри корпуса и между корпусами. Она составляет 0,03-0,05в на ванну. **Принимаем 0,04В.**

**Электрический баланс электролизера**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Статьи** | **Uср** | **Uр** | **Uгр** |
| **Напряжение поляризации (разложения),в** | **1,41** | **1,41** | **1,41** |
| **Падение напряжения в электролите, в** | **2,153** | **2,153** | **2,153** |
| **Падение напряжения в катоде, в** | **0,354** | **0,354** | **0,354** |
| **Падение напряжения в аноде, в** | **0,43** | **0,43** | **0,43** |
| **Падение напряжения в ошиновке, в** | **0,391** | **0,391** | **-** |
| **Падение напряжения в контактах, в** | **0,057** | **0,057** | **-** |
| **Падение напряжения от анодного эффектов, в** | **0,053** | **-** | **0,053** |
| **Падение напряжения в общесерийной ошиновке, в** | **0,04** | **-** | **-** |
| **ИТОГ** | **4,888** | **4,795** | **4,4** |

**Список литературы**

*Изм*

*Лист*

*№докум..*

*Подпись*

*Дата*

*Лист*

1. Металлургия алюминия / Ю.В. Борисоглебский , Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис, Г.А. Сиразутдинов. – 2-е изд. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000.
2. Расчёт и проектирование алюминиевых электролизёров/ Ю.В.Борисоглебский.- Л.: ЛПИ, 1981.