**СОДЕРЖАНИЕ**

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Сущность процесса электролиза криолитоглиноземного расплава

1.2 Виды сырья для получения алюминия и требования к ним

2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Свойства и состав промышленного электролита

2.2 Влияние факторов и примесей

3. КПВО

3.1 Корректировка электролита CaF2

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Основные направления улучшения использования основных фондов

и производственных мощностей

5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Санитарно-гигиенические характеристики условий труда

5.2 Электробезопасность

5.3 Техника безопасности при обслуживание ванн

6. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1 Таблица. Влияние МПР на корректировки, на свойства электролита

6.2 Схема. Требования к электролиту

7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**1. ВВЕДЕНИЕ**

**1.1 Сущность процесса электролиза криолитоглиноземного расплава**

Современное произв6дство алюминия основано на электро­литическом разложении глинозема (Al20)) с выделением на катоде металлического алюминия, а на аноде - газообразных продуктов электролиза. Процесс электролиза криолитоглиноземных расплавов можно произвести в электролитической ячейки.

Все содержимое ячейки размещается в керамическом тигле. Со стороны дна установлена графитовая пластина, к которой подведен отрицательный полюс от источника постоянного тока (ка­тод). В верхней части ячейки помещается угольный анод, к которо­му подведен положительный полюс источника тока. Анод погружа­ется в расплавленный электролит*,* роль которого заключается, во-первых, в образовании токопроводящей среды между катодом и анодом, во-вторых, в растворении глинозема.

Последний фактор весьма важен, т.к. он позволяет раство­рить порошковый оксид алюминия в жидкой фазе, где становится возможным его электролитическое разложение. В электролите Al20) диссоциируют на положительные ионы алюминия (катионы) и отри­цательные кислородсодержащие ионы (анионы). Ниже слоя элек­тролита размещается расплавленный алюминий , фактически вы­полняющий роль катода.

Присоединим ячейку к положительному и отрицательному полюсам источника тока и в цепи появится прямой электрический ток, т.е. поток электрических зарядов. В металлических проводниках и графите ток переносится за счет электронов (проводники 1-ro ро­да), а в жидких электропроводящих средах (электролитах) - за счет ионов (проводники Н-го рода). Проводники 1-гo рода, подводящие ток к электролитам, называют электродами.

Электрический ток, проходящий через электролит, вызывает в электролите химические изменения. Этот процесс носит название электролиза. В нашей ячейке на катоде появляются избыточные электроны, которые захватываются катионами алюминия и при­водят к его восстановлению по реакции

*AI3+ + 3е-= Аl*

На аноде происходит поглощение электронов от отрицатель­но заряженных анионов. В суммарном виде анодная реакция может быть записана в следующем виде:



Образовавшийся на катоде алюми­ний, будучи по удельному весу тяжелее электролита, накапливается на дне ячейки и в последующем выполняет функции катода. Углекислый газ за счёт взаимодействия с углеродом анода частично восстанавливает­ся по реакции *С02* + С = *2СО* и свободно удаляется от анода в систему газоотсоса.

Образовавшийся на катоде алюми­ний, будучи по удельному весу тяжелее электролита, накапливается на дне ячейки и в последующем выполняет функции катода. Углекислый газ за счёт взаимодействия с углеродом анода частично восстанавливает­ся по реакции *С02* + С = *2СО* и свободно удаляется от анода в систему газоотсоса.

Добавим к этому, что в качестве электролита алюминиевой ячейки повсеме­стно используется криолит, имеющий фор­мулу смеси двух солей 3NaF· AIF3 или в суммарном виде NазАlF6

Криолит в расплавленном состоянии хорошо растворяет и достаточно электропроводен для использования в элек­тролизе. Электролит по удельному весу легче металла, поэтому он находится над поверхностью алюминия в виде расплавленного слоя.

В таком виде способ производства алюминия электролизом глинозема в расплаве криолита был изобретен одновременно двумя ерами П.Эру (Франция) и Ч.Холлом (США) в 1886г. и до на д настоящего времени в принципе сохраняется неизменным.

Агрегат для промышленного производства алюминия носит название алюминиевого электролизера или алюминиевой ванны. В инструкцию электролизера заложены те же основные принципы, что в элементарной ячейке. Содержимое электролизера - расплавленный электролит и алюминий находятся в ванне, ограниченн­ый угольной подиной и бортовой футеровкой. Ниже подины размещена футеровка из огнеупорного и термоизоляционного материалов. Ток в подину проводится с помощью стальных стержней (блюмсов), соединенных с катодной ошиновкой. Через анодную ошиновку ток проводится к анодному устройству и непосредственно к угольным анодам. Анод находится в полупогруженном состоянии в электролите, расстояние между анодом и расплавленным алюминием носит название междуполюсного расстояния (МПР)

**1.2 Виды сырья для получения алюминия и требования к ним**

***Глинозем*** АI2Оз является основным исходным материалом в производстве алюминия. Рудной базой для производства глинозема служат преимущественно бокситы, а также нефелины, алуниты и некоторые другие глинозёмсодержащие руды.

Можно назвать несколько опреде­ляющих требований к качеству глинозёма:

- повышенная скорость растворения в электролите и доста­точная адсорбционная (поглащающяя) активность поверхности от­носительно летучих фтористых соединений;

- хорошая текучесть при возможно меньшем пылении;

- удовлетворительные теплофизические свойства.

В промышленных условиях следует стремиться к макси­мальному совмещению этих свойств в используемом глинозёме.

Также глинозем подразделяется на следующие типы:

- мучнистый (пылевидный);

- с пониженной степенью кальцинации (слабопрокаленный);

- песчаный (крупнозернистый).

Второй тип глинозема производится для некоторых отечественных предприятий с учетом использования его в установках «сухой» очистке газа.

*Скорость растворения* являются наиболее значимым показателем качества глинозёма. Промышленный опыт пока­зывает, что узкий диапазон частиц глинозёма +45-100 мкм со сдвигом крупности ближе к 100 мкм И содержание a-А12Оз не более 10% (остальное 'У- А12Оз) обеспечивают хорошую смачи­ваемость и удовлетворительную скорость растворения глино­зёма в электролите.

Это достигается за счёт большого содержания в глинозёме частиц y-АI2Оз, имеющих развитую ультрапористую структуру, дос­таточно большую удельную поверхность (более 60-80 м2/г), опреде­лённую методом гелиевой адсорбции или сокращенно «по БЭТ», и высокую степень насыщения структуры не скомпенсированными химическими связями. Особенно велико их химическое сродство к фтору, что и придаёт им свойства повышенной растворимости в электролите. Химическое сродство глинозёма· к фтору проявляется также в эффективном улавливании фтористых соединений в сухой газоочистке.

Не менее важным свойством глинозёма является его способ­ность образовывать устойчивую корку на поверхности электролита. Мягкая, но достаточно плотная корка с хорошим сцеплением частиц образуется при использовании глинозёма с теми же характеристика­ми по содержанию a-А12Оз и класса менее 45 мм, которые указаны выше для песчаного глинозёма.

Такая корка хорошо пропитывается электролитом и содер­жит больше глинозёма, легче поддаётся разрушению при обработке электролизёров и при ударе пробойника АПГ, чем корки, образую­щиеся при использовании мучнистого глинозёма. Следует также от­метить, что устойчивая корка образуется при условии, когда глино­зем хорошо смачивается электролитом. Мучнистый глинозём, в от­личие от песчаного, смачивается значительно хуже, и корка состоит преимущественно из застывшего электролита, поверх которого на­ходится глинозём. Прочность такой корки очень высока.

*Теплопроводность и объёмная плотность* *глинозема* играют большую роль в тепловом балансе электролизёра, в том числе в регулировании тепловых потерь через глинозёмную засыпку или ук­рытие анодного массива у электролизёров ОА, в поддержании ста­бильного уровня электролита и защите боковых поверхностей анода от окисления.

*Текучесть глинозёма* определяется в основном грануломет­рическим составом материала, а также содержанием в нём а- АI2Оз. Материалом с хорошей текучестью можно считать глинозём с по­ниженной степенью прокалки. Он имеют крупность зерна более 45 мкм, высокую степень однородности гранулометрического соста­ва и угол естественного откоса 30-400. Однако в наибольшей степе­ни требованию высокой текучести удовлетворяет песчаный глинозем, содержащий фракцию < 45 мкм не более 10% и а- А12Оз в пре­делах 5%, с углом естественного откоса менее 350.

Глинозёмы со слабой текучестью и углом естественного откоса >40-450 комкуются при контакте с электролитом. Образовав­шиеся комки обволакиваются электролитом и, имея больший удель­ный вес, оседают через границу металл-электролит, образуя осадок.

Кроме того, на электролизёрах ВТ глиноземы с плохой текучестью при перемещении анода зависают, образуя пустоты, но которым воздух проникает до боковых граней анода и окисляет их. Однако если текучесть глинозема будет слишком велика, то надежное укры­тие анодов будет затруднено, что особенно важно для электролизё­ров с обожженными анодами.

Потери глинозема за счет уноса с анодными газами в виде пыли зависят, главным образом, от его гранулометрического состава (от содержания фракции менее 10-20 мкм), от технологии обработки электролизёров, настройки АПГ и частоты анодных эффектов. Сум­марные потери мучнистого глинозёма составляют 17-25 кг/т алюми­ния, что на ~ 10-15 кг/т выше по сравнению с результатами для пес­чаного глинозёма.

В глинозёме, используемом для производства алюминия, должно содержаться минимальное количество соединений железа, кремния, тяжелых металлов с меньшим потенциалом выделения на катоде, чем алюминий, т.к. они легко восстанавливаются и перехо­дят в катодный алюминий. Нежелательно также присутствие в гли­нозёме избытка оксидов щелочных металлов, поскольку они всту­пают во взаимодействие с фтористым алюминием электролита по реакции

3 Na20 + 2 АlFз = 6 NaF + Аl2Оз

разлагают его и тем самым нарушают установленное криолитовое отношение. Для восстановления к.о. требуется корректировка элек­тролита фтористым алюминием, что удорожает стоимость первич­ного алюминия. В случае содержания Na20 в глинозёме 0,3 % и бо­лее при работе на кислых электролитах начинается наработка из­лишнего количество электролита, который необходимо периодиче­ски сливать из ванны.

Для расчёта количества АIFз *(Сфа,* кг), требуемого для кор­ректировки электролита, можно пользоваться формулой И.П. Гупало

*Сфа* = 2 *т (К1-К2)* /С (2 + *Ю)К2*

где: *К1* и *К2* - к.о. электролита соответственно до и после корректировки; *т* - масса корректируемого электролита, кг; С - со­держание АIFз в промышленной соли фтористого алюминия, доли ед.

Эта формула с соответствующими коэффициентами на со­став сырья, срок службы электролизёра, температуру электролита JI др. служит основой существующих методик расчета корректирую­щей дозы фтористого алюминия.

По химическому составу глинозём должен соответствовать приведенным в ГОСТ 30558-98 «Глинозём металлургический».

***Боксит*** является лучшим и во всем мире основным сырьем для по­лучения алюминия. Его используют также для производства искусственного корунда, высокоогнеупорных изделий и для других назначений. По хими­ческому составу эта осадочная горная порода представляет собой смесь гидратов глинозема Al O nH O с окислами железа, кремния, титана и других элементов.

***Нефелин***Na(AlSiO) - минерал светло-серого или зеленоватого цвета. Твердость 5.5-6. Содержит 30-40% Al O. Используют нефелин как металлургическую руду для последовательного извлечения глинозема и алюминия, а также в химической, стекольной и кожевенной промышленно­сти.

***Алунит* (**квасцовый камень) KAl (SO) (OH) - минерал белого, се­рого или красноватого цвета. Твердость 3.5-4.0. Содержит 37 % Al O. Служит для получения квасцов, глинозема и калиевых солей.

***Фтористые соли***

Для наплавления электролита - основной среды, в которой протекает процесс электролиза, используется криолит. Выпускае­мый в промышленности технический криолит должен соответство­вать требованиям ГОСТ 10561-80.

Выпускаемый отечественной промышленностью криолит отличается пониженным криолитовым модулем (т.е. пониженным отношением NaF:AIF3). Это помогает поддерживать при переплавке такого криолита достаточно низкое криолитовое отношение в элек­тролите.

Кроме технического криолита на предприятиях, имеющих систему мокрой газоочистки, используют регенерированный крио­лит, который поступает в виде смеси с флотационным криолитом и носит название смешанного. Это так называемый вторичный крио­лит. В нём контролируют содержание фтора, натрия, серы, углерода и влаги.

В качестве основного модификатора электролита алюми­ниевых ванн используется соль A1F3. С помощью этой добавки ком­пенсируются потери фтора из-за улетучивания A1F3 и поддержива­ется заданное криолитовое отношение. Технический фтористый алюминий должен соответствовать условиям ГОСТ 19181-78 .

Фтористый натрий применяется после пуска электролизёров как компенсация соли NaF, которая теряется в результате пропитки угольной футеровки. Эта соль выпускается согласно ТУ 113-08-586-56. В высшем сорте содержится 97%, в первом сорте - 95% NaF. На практике как Источник натрия чаще всего используют соду.

Другие добавки (фтористый кальций, фтористый магний и кальцинированная сода) выпускаются по техническим условиям, согласованным производителем и пользователем.

**2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

**2.1 Свойства и состав промышленного электролита**

*Важное свойство электролита* - его вязкость в расплавлен­ном состоянии от вязкости электролита зависят такие процессы, как усреднение концентрации глинозема, скорость отстаивания электролита от капелек металла, удаление пузырьков анодного газа из междуполюсного зазора и т.д. Повышенную вязкость следует считать недостатком электролита того или иного состава. Вязкость резко снижается с ростом температуры перегрева электролита, од­нако такое снижение вязкости нельзя считать приемлемым, т.к. оно сопровождается неблагоприятными последствиями, характерными для перегретых электролитов. Более приемлем вариант снижения вязкости электролита путём корректировки его состава.

Вязкие электролиты удерживают повышенное количество частиц взвешенного металла («металлический туман») и пузырьков анодного газа, их удельная электропроводность соответственно снижается. Аналогичным образом воздействует углерод, попадаю­щий в электролит в виде пены и плохо отделяющийся из вязких электролитов.

Отметим также, что наибольшая вязкость при температуре электролиза (≈= 2-3 сП) имеет место для чистого криолита при к.о. 3,0. При корректировке состава электролита в сторону избытка или недостатке AlF 3 вязкость расплава довольно резко снижается.

В мировой практике многие годы сохраняется устойчивая тенденция к снижению криолитового отношения и ведению техно­логии электролиза на все более кислых электролитах. Избыточное количество фтористого алюминия в электролите повышается до 8­-14% (по массе), что соответствует к.о. = 2,15-2,45. Суммарным ре­зультатом «закисления» электролитов можно считать повышение выхода по току и снижение удельного расхода электроэнергии на тонну произведенного алюминия.

В то же время для работы на кислых электролитах необхо­димо выполнить целый ряд предварительных условий. К ним можно отнести: применение систем автоматического питания глинозёмом, использование «песчаного» глинозема, работу на низких зеркалах металла, применение «сухой» очистки газов, а также решение про­блем по упорядочению магнитных и газодинамических процессов в электролизерах, особенно при увеличении их единичной мощности.

Электролит - это среда, в которой протекают основные элек­трохимические превращения в алюминиевой ванне. *К составу элек­тролита* выдвигается целый ряд обязательных условий.

Во-первых, электролит должен растворять необходимое ко­личество глинозема, достаточное для ведения электролиза как ми­нимум до поступления новой порции глинозема; все добавки пони­жают как растворимость глинозёма, так и скорость его растворения, что нежелательно, т.к. способствует образованию осадков;

Во-вторых, электролит должен быть электропроводен, так как в узком зазоре междуполюсного пространства не должно быть боль­шого падения напряжения и соответственно выделения избыточного количества тепловой энергии; в противном случае возможен пере­грев электролита и снижение выхода по току.

В-третьих, температура плавления электролита должна быть относительно невысокой, что снизит тепловые потери и энергетиче­ские затраты на электролиз.

В-четвертых, состав электролита должен быть стабилен, а потери его за счет разложения и перехода части материала в газовую фазу минимальными.

В-пятых, электролит должен отвечать целому ряду дополни­тельных требований, а именно: иметь низкую вязкость, достаточное межфазовое натяжение на границе с расплавленным алюминием, не пропитывать и не разрушать футеровку электролизера.

В наибольшей степени этим требованиям отвечает расплав­ленный криолит 3NаF·АlFз, представляющий собой основной компонент электролита современного электролизера. Путем корректи­ровки его состава по соотношению NaF:AlF3, а также введением ря­да модифицирующих добавок технологам удается достичь опти­мального состава электролита и получить ожидаемый результат при электролизе. Несмотря на многолетние усилия исследователей найти какой-либо подходящей замены криолиту не удалось.

В химически чистом криолите молярное отношение NaF:AIF3 равно трем, а само оно носит условное название криолито­вого отношения (к,о.). Электролит на основе химически чистого криолита при к.о.*,* равным 3, называется нейтральным. Если к.о. бо­лее 3, Т.е. имеется избыток NaF, то такой электролит называется ще­лочным. Напротив, электролит с избытком фтористого алюминия и к.о. ниже 3 называют кислым.

Добиться получе­ния электролита с оптимальными свойствами можно вводя в состав электролита избыток AlF 3, этим можно улучшить це­лый ряд его свойств. Прежде всего, избыток фтористого алюминия снижает растворимость в электролите алюминия, а это предотвра­щает окисление его анодными газами и способствует повышению выхода по току, Растворимость алюминия в чистом криолите со­ставляет 0,08%, а в электролите с к.о. = 2,1 предельная концентрация снижается до 0,035%, Т.е. более чем в 2 раза.

Если температура плавления чистого криолита равна 1010°C, то за счет снижения к.о. до 2,2-2,4, а также одновременного введе­ния других добавок и растворенного глинозема это значение удается снизить до 930-9450С, а электролиз вести при температуре 950­9550С. При этом важна не только абсолютная температура начала кристаллизации (или плавления) электролита, но и величина пере­грева, так как растворимость металла быстро снижается по мере уменьшения перегрева электролита. Под перегревом понимается разница между реальной температурой электролита в ванне и темпе­ратурой его кристаллизации. Если удается вести электролиз с пере­гревом электролита относительно начала кристаллизации на 8-100С, то это дает существенное повышение выхода по току.

Плотность кислых электролитов снижается по мере роста содержания в них АlFз, что создает лучшие условия для разделения жидкого алюминия и электролита. Так, если плотность жидкого алюминия составляет около 2,3 г/см3, а чистого криолита - 2,1 г/см3, то разница в удёльных весах равна 0,2 г/см3. Со снижением к.о. до 2,2 эта разница возрастает до - 0,26 г/см3.

Добавка фтористого алюминия, также как и ряда других фторидов, повышает межфазовое натяжение на границе металл-­электролит, обеспечивая тем самым более надежное разделение двух жидких фаз.

Однако избыток фтористого алюминия в электролите имеет и заметное негативное влияние. В кислых электролитах снижается как абсолютная растворимость глинозема, так и скорость этого рас­творения, что приходится компенсировать организацией более час­той подпитки электролизеров и использованием специальных сортов глинозема с активированной структурой. Так, если в чистом криоли­те растворимость А12Оз равна 12,4% (по массе), то при к.о. = 2,2 она снижается на 1,5%.

Аналогичным образом изменяется и электропроводность электролита. При таком же снижении криолитового отношения электропроводность уменьшается с 2,87 до 2,25 Ом·1см·1, поэтому для предотвращения перегрева электролита в узкой зоне междупо­люсного пространства значение МПР приходится уменьшать, ком­пенсируя общий рост омического сопротивления.

В процесс е электролиза под влиянием высоких температур происходит частичное разрушение структуры криолита с образова­нием летучих веществ. Это подтверждается тем обстоятельством, что основной составляющей парогазовой фазы над поверхностью электролита является соединение NаF·АIFз, в котором содержание AIF 3 значительно больше, чем в электролите.

В результате потерь при электролизе преимущественно фто­ристого алюминия криолитовое отношение электролита постепенно возрастает. Часть улетучившихся фтористых солей удается уловить, регенерировать в системе газоочистки и вернуть в электролизеры, однако потери AIF3 в количестве 12-25 кг из расчета производства 1 т алюминия необходимо восполнять свежим фтористым алюминием.

Следует отметить, что из-за большой летучести фтористого алюминия вводить его в электролит нужно таким образом, чтобы избежать прямого попадания в расплав.

**2.2 Влияние факторов и примесей**

Регулирование криолитового отношения не является единст­венным способом улучшить свойства электролита. Для этих целей в промышленности применяют модифицирующие добавки, наиболее распространенными из которых можно назвать соли CaF2, MgF2 и, значительно реже, LiF.

*Фторид кальция CaF2* всегда присутствует в электролите, по­скольку естественным источником этой соли служит оксид кальция СаО, содержащийся в виде примеси в глиноземах. Оксид кальция, попадая в электролит и вступая во взаимодействие с фтористым алюминием по реакции

3СаО + 2AIF3→3CaF2 + AlzOз, переходит во фторид кальция.

За счет естественного поступления концентрация CaF2 в электролите поддерживается на уровне 2-4%, а за счет искусствен­ного введения может быть повышена до 5,0-8,0%. Соль CaF2 умень­шает температуру кристаллизации электролита и соответственно температуру электролиза, увеличивает межфазовое натяжение на границе электролит - жидкий алюминий, но несколько уменьшает растворимость алюминия в электролите.

Первые два фактора благоприятно воздействуют на резуль­таты электролиза. В то же время отмечается и негативное влияние CaF2 на свойства электролита: снижается не только растворимость глинозема в электролите, но и скорость его растворения, возрастает плотность, снижается электропроводность. Поэтому верхний предел по содержанию CaF2 целесообразно установить на уровне 5,0-8,0%. Следует также учесть, что более высокое содержание фтористого кальция грозит образованием осадков и настылей на подине элек­тролизера.

Другая модифицирующая добавка - *фторид магния MgF2* попадает в электролит преимущественно из глинозёма в виде оксида магния. Однако количество его в виде сопутствующей примеси в сырье, как правило, невелико. Переход MgO во фторид происходит по аналогии с оксидом кальция.

Действие MgF2 во многом аналогично соли CaF2, но прояв­ляется оно сильнее. Так, например, добавка 1 % (по массе) CaF2 сни­жает температуру плавления электролита на 30С, а 1 % MgF2 при­мерно на 50С. Поэтому введение этого модификатора возможно только при чистых подинах и устойчивых уровнях электролита. В противном случае неизбежно затвердевание осадков в подовые на­стыли и нарушение процесса электролиза, падение уровней электро­лита.

Содержание фтористого магния в промышленных электро­литах, как правило, фоновое, т.е. только за счёт естественного по­ступления с сырьём, и не превышает 0,5-1,5%. Введение этой соли достаточно рискованно из-за возможности образования подовых на­стылей, резких изменений уровня электролита. В последние годы эта соль в качестве добавки используется довольно редко. Рекомендованное суммарное содержание CaF2 + MgF2 не должно превышать 8-9%.

*Фторид лития LiF* является наиболее сильной модифици­рующей добавкой к электролиту в части снижения температуры на­чала кристаллизации и повышения электропроводности. В электро­лит вводится до 3-4% солей лития (в пересчете на LiF). Каждый процент LiF снижает температуру кристаллизации на ~ 100C и уве­личивает электропроводность на 3%. Добавка литиевого модифика­тора вносится, как правило, в виде карбоната лития Li2СОз, который взаимодействует с фтористыми соединениями электролита с образо­ванием фторида лития и глинозема.

Чаще всего введение в электролит солей лития рассматри­вают как способ повышения производственной мощности серии электролиза с минимальными затратами.

Основным препятствием широкого использования литиевой соли можно считать ее высокую стоимость и относительно низкие объемы производства. Кроме того, небольшие количества металли­ческого лития, образующиеся в процессе электролиза и попадающие в катодный металл, негативно сказываются на некоторых свойствах алюминия, в частности, на последних стадиях проката листа и фоль­ги.

Весьма существенно воздействует на свойства электролита и растворенный в нем глинозем. Электролит с 3 и 5% растворенного глинозема имеет температуру начала кристаллизации соответственно на 16 и 280С ниже, чем у чистого криолита. Существенно снижа­ется плотность электролита. Растворенный глинозем изменяет удельное электрическое сопротивление электролита, повышает его вязкость. Так, при введении в криолит 10% глинозема вязкость рас­плава возрастает на ~ 23%. Что касается электрического сопротив­ления электролита, то при повышении концентрации А12Оз от нуля до 3,5% оно снижается. Дальнейшее повышение концентрации А12Оз вызывает рост удельного сопротивления.

**3. КПВО**

**3.1 Корректировка электролита CaF2**

Состав электролита регламентируется рабочей технологической инструкцией.

Составляющие электролита обладают неодинаковыми свойствами и при соприкосновении с расплавом ведут себя по-разному, поэтому их загружают в электролизер различными способами.

Во всех случаях предпочтительнее вводить компоненты электролита в виде брикетов или гранул. Следует помнить, что попадание в расплав холодных или увлажненных компонентов приводит к выбросу расплава.

Кусковой оборотный электролит загружают по периметру шахты ванны преимущественно в местах со слабой настылью, не допуская попадания кусков под анод.

Необходимые добавки загружают после обработки электролизера на поверхность электролита, предварительно присыпанную горячим глиноземом, и засыпают основным количеством глинозема, что обеспечивает их постепенное прогревание и предохраняет от улетучивания.

Разовая загрузка любых компонентов электролита зависит от мощности электролизера и строго регламентируется. Как правило, она не превышает 70 кг. Частота введения компонентов зависит от изменения уровня и состава электролита.

Одним из широко применяемых в настоящее время прогрессивных методов загрузки фтористых солей для поддержания уровня электролита является питание электролизеров шихтой из предварительно заготавливаемой смеси глинозема и фтористых солей.

При работе по этому методу возможно снизить расход фтористых солей, так как они поступают в электролит более равномерно и предварительно прогретыми до высоких температур на корке электролита.

Корректировку состава электролита CaF2 (фтористым кальцием) проводят, как правило, одни раз в месяц на основании данных химического или спектрального метода анализа электролита.

Расчет количества корректирующего вещества кандидат технических наук И. П. Гупало приводит следующие формулы.

***Фторид кальция CaF2*** всегда присутствует в электролите, по­скольку естественным источником этой соли служит оксид кальция СаО, содержащийся в виде примеси в глиноземах. Оксид кальция, попадая в электролит и вступая во взаимодействие с фтористым алюминием по реакции

3СаО + 2AIF3→3CaF2 + AIzО3з, переходит во фторид кальция.

За счет естественного поступления концентрация CaF2 в электролите поддерживается на уровне 2-4%, а за счет искусствен­ного введения может быть повышена до 5,0-8,0%. Соль CaF2 умень­шает температуру кристаллизации электролита и соответственно температуру электролиза, увеличивает межфазовое натяжение на границе электролит - жидкий алюминий, но несколько уменьшает растворимость алюминия в электролите.

Первые два фактора благоприятно воздействуют на резуль­таты электролиза. В то же время отмечается и негативное влияние CaF2 на свойства электролита: снижается не только растворимость глинозема в электролите, но и скорость его растворения, возрастает плотность, снижается электропроводность. Поэтому верхний предел по содержанию CaF2 целесообразно установить на уровне 5,0-8,0%. Следует также учесть, что более высокое содержание фтористого кальция грозит образованием осадков и настылей на подине элек­тролизера.

**4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**4.1 Основные направления улучшения использования основных фондов и производственных мощностей**

Трудно переоценить народнохозяйственное значение эффек­тивного использования основных фондов и производственных мощностей. Решение этой задачи означает увеличение производ­ства необходимой обществу продукции, повышение отдачи со­зданного производственного потенциала и более полное удовле­творение потребностей населения, улучшение баланса оборудова­ния в стране, снижение себестоимости продукции, рост рента­бельности производства, накоплений предприятия.

Более полное использование основных фондов и производст­венных мощностей приводит также к уменьшению потребностей в вводе новых производственных мощностей при изменении объема производства, а следовательно, к лучшему использованию прибы­ли предприятия (увеличению доли отчислений от прибыли в фонд потребления, направлению большей части фонда накопления на механизацию и автоматизацию технологических процессов и т.п.).

Улучшение использования основных фондов означает также ускорение их оборачиваемости, что в значительной мере способствует решению проблемы сокращения разрыва в сроках физического и морального износа, ускорения темпов обновления основных фондов.

Наконец, эффективное использование основных фондов тесно связано и с другой ключевой задачей современного периода эко­номической реформы - с повышением качества выпускаемой продукции, ибо в условиях рыночной конкуренции быстрее реали­зуется и пользуется спросом высококачественная продукция.

Успешное функционирование основных фондов и произ­водственных мощностей зависит от того, насколько полно реали­зуются экстенсивные и интенсивные факторы улучшения их ис­пользования.

*Экстенсивное улучшение* использования основных фондов и производственных мощностей предполагает, что, с одной стороны, будет увеличено время работы действующего оборудования в календарный период, а с другой, - повышен удельный вес действующего оборудования в составе всего обору­дования, имеющегося на предприятии.

Важнейшими направлениями увеличения времени работы обо­рудования являются:

- сокращение и ликвидация внутрисменных простоев оборудова­ния путем: повышения качества ремонтного обслуживания обору­дования, своевременного обеспечения основного производства ра­бочей силой, сырьем, материалами, топливом, полуфабрикатами;

- сокращение целодневных простоев оборудования, повышение коэффициента сменности его работы.

Важным путем повышения эффективности использования ос­новных фондов и производственных мощностей является умень­шение количества излишнего оборудования и быстрое вовлечение в производство неустановленного оборудования. Омертвление большого количества средств труда снижает возможности прироста производства, ведет к прямым потерям овеществленного труда вследствие их физического износа, ибо после длительного хране­ния оборудование часто приходит в негодность. Другое же оборудо­вание при хорошем физическом состоянии оказывается мораль­но устаревшим и списывается с физически изношенным.

Хотя экстенсивный путь улучшения использования основных фондов и производственных мощностей использован пока не полностью, он имеет свой предел. Значительно шире возможности интенсивного пути.

*Интенсивное улучшение использования* основных фондов и производственных мощностей предполагает повышение степени загрузки оборудования в единицу времени. Повышение интенсивной загрузки оборудования может быть достигнуто при модернизации действующих машин и механизмов, установлении оптимального режима их работы. Работа при оптимальном режиме технологического процесса обеспечивает увеличение выпуска про­дукции без изменения состава основных фондов, без роста численности работающих и при снижении расхода материальных ресурсов на единицу продукции.

Интенсивность использования основных фондов повышается также путем технического совершенствования орудий труда и совершенствования технологии производства, путем ликвидации "узких мест" в производственном процессе, сокращения сроков достижения проектной производительности техники, совершен­ствования научной организации труда, производства и управле­ния, использования скоростных методов работы, повышения ква­лификации и профессионального мастерства рабочих.

Развитие техники и связанная с этим интенсификация процес­сов не ограничены. Поэтому не ограничены и возможности ин­тенсивного повышения использования основных фондов и про­изводственных мощностей.

- *Существенным направлением эффективности использования производственных мощностей является* ***совершенствование структуры основных производственных фондов.*** Поскольку увеличение выпуска продукции достигается только в ведущих цехах, то важно повышать их долю в общей стоимости основных фондов. Увеличение основных фондов вспомогательного производства ведет к росту фондоемкости продукции, так как непосредственного увеличения выпуска продукции при этом не происходит. Но без пропорционального развития вспомогательного производства ос­новные цехи не могут функционировать с полной отдачей. Поэтому установление оптимальной производственной структуры основных фондов на предприятии - важнейшее направление улучшения их использования.

Крупный резерв повышения фондоотдачи - *быстрое освоение вновь вводимых мощностей.* С этой целью капитальные вложения должны выделяться под запланированный прирост продукции с учетом мер по улучшению использования действующих мощнос­тей, а также их технического перевооружения и реконструкции.

Исходя из этого следовало бы опережающими темпами гото­вить и проводить общегосударственную стратегию реконструкции народного хозяйства, создавать условия для интенсивных инвес­тиций в производство, выдерживать курс на динамичную структурную перестройку, быстро заменяя отжившие технологии, про­изводства и комплексы новыми, конкурентоспособными, гибки­ми, высокоавтоматизированными.

- В современных условиях появился еще один фактор, обусловливающий повышение эффективности использования основных фондов и производственных мощностей. Это *развитие акционерной формы хозяйствования и приватизация* предприятий. В обоих слу­чаях трудовой коллектив становится собственником основных фондов, .получает возможность реально распоряжаться средствами производства, включая самостоятельное формирование производственной структуры основных фондов, а также прибылью предприятия, что позволяет увеличивать целевое инвестирование.

Выводы

1. Основные производственные фонды, состоящие из зданий, сооружений, машин, оборудования и других средств труда, участ­вуют в процессе производства длительное время, сохраняя при этом свою натуральную форму, а их стоимость переносится на изготавливаемый продукт постепенно, по частям.

2. Основные фонды являются материально-технической базой производства. От их объема зависят производственная мощность предприятия и уровень технической вооруженности труда.

3. Производственная мощность предприятия - это максимально ­возможный выпуск продукции при использовании всех резервов производства.

4. В процессе эксплуатации основные фонды подвергаются физическому и моральному износу, что оборачивается для предпр­иятия значительными потерями.

5. Уменьшить потери износа основных фондов можно путем их использования, повышения уровня основных показателей - ­фондоотдачи, коэффициента сменности, коэффициента использования производственной мощности.

6. Улучшить эти показатели можно за счет научно-технического прогресса, совершенствования структуры основных фондов, сокращения всевозможных простоев оборудования, совершенствования прои­зводства и труда, развития новых форм хозяйствования.

7. Наряду с прибылью основной источник совершенствования основных фондов предприятия - амортизационные отчисления.

**5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

**5.1 Санитарно-гигиенические характеристики условий труда**

Выделяющиеся в атмосферу корпуса газообразные вещества воздействуют на обслуживающий персонал и создают возможность профессионального заболевания. Поэтому содержание таких соединений в атмосфере рабочей зоны строго лимитировано, а их предельно допустимые концентрации приведены ниже:

Существенное влияние на условия труда в корпусах оказывает выделение тепла от электролизеров, в результате чего в летний период температура на рабочих местах, особенно в одноэтажных корпусах и при многорядном расположении ванн, не редко превышает 50 0С, а зимой практически не отличается от наружной температуры вследствие большого воздухообмена.

Влажность воздуха на рабочих местах определяется влажностью наружного воздуха.

Отдельные технологические и ремонтные операции, проводимые в цехе, сопровождаются значительным шумом, который воздействует на органы слуха и на организм в целом.

Выполнение некоторых операций (работа на самоходных машинах по обслуживанию ванн, при использовании переносных машин по забивке штырей на ваннах с БТ, пневмоинструмента и пр.) связана с воздействием вибрации на рабочего. Эти факторы не являются постоянно действующими и при нормальном состоянии техники и технологии не превышают допустимых норм.

Характерная особенность электролитического производства алюминия - термическое воздействие и, как следствие, ожогов тела человека. Ожоги возможны при расплескивании расплава из ванны под воздействием выделяющихся газов, при работе по выливке и переливке жидкого металла, при соприкосновении с раскаленными частями технологического оборудования и инструмента и пр.

Использование значительных количеств различных химических веществ не исключает возможность отравления организма работающих и получения профессионального заболевания.

Перемещение большого количества сырья, инструмента, готовой продукции и отходов производства, выполняемого с помощью различных подъемных и транспортных устройств, связано с потенциальной опасностью непреднамеренного наезда на человека, опрокидывания, обрыва и падения груза, что также представляет опасность для здоровья.

Наиболее опасным производственным фактором в корпусе является возможность поражения человека электрическим током, так как практически все части электролизера имеют значительный потенциал (до 850 В) по отношению к земле или заземленным предметам. Кроме технологической электроэнергии в корпусе имеются линии переменного тока, от которых питаются различные транспортные машины (краны, МНП), а также сети, обслуживающие электродвигатели, установленные на электролизерах. Поэтому при нарушениях правил электробезопасности всегда имеется возможность поражения человека электрическим током. Кроме того, в цехе эксплуатируются большое количество трубопроводов, находящихся под давлением, применяются баллоны со сжиженными газами, что также может стать источником травматизма.

Несмотря на применяемые меры по улучшению условий труда у работников электролизных цехов, в отдельных случаях возникают профессиональные заболевания, и основным из них является флюороз, который вызывается отложением солей фтора в костях. Наиболее часто флюороз выражается в поражении суставов, желудочно-кишечного тракта, зубов и печени. У рабочих, длительно контактирующих с пеком, могут возникнуть различные кожные заболевания. Постоянное совершенствование техники и технологии производства алюминия приводит к снижению риска профессионального заболевания.

**5.2 Электробезопасность**

Рассмотрим основные вопросы электробезопасности в цехах электролиза. Как уже было сказано выше, эдектролизы соединяются последовательно в большие группы - (серии) и и подключаются к кремниевой преобразовательной подстанции (КПП). Число ванн на серии зависит от конструкции электролизера и величины напряжения, которое может обеспечить КПП, и достигает 200 шт. Все конструктивные инструменты электролизеров надежно изолированы от земли и заземленных конструкций. Но проведение технологических операций по обслуживанию ванн приводит к полным или частичным замыканиям ванн на землю и возникновению токов утечки, которые могут достигать значительных величин. Точки утечки проходят по подземным сооружениям (трубопроводы, железобетонные конструкции, оболочки кабелей и пр.), их выход во влажный грунт сопровождается электрохимической коррозией, которая разрушает вышеуказанные сооружения и способствует возникновению аварий. Нарушение изоляции электролизеров приводит к тому, что одновременное прикосновение к конструкциям, находящимся под протеканием электрического тока через тело человека. Сила тока выше 0,1 А является смертельной для человека, и поэтому безопасным считается напряжение не более 36 В, а в некоторых случаях (работа внутри металлических сосудов и пр.) допускается применением напряжения не более 12 В.

Лица не электротехнических специальностей могут обслуживать электрифицированные устройства (станки, переносные приборы и инструменты и пр.) только после производственного инструктажа, в том числе по электробезопасности.

Для защиты персонала от поражения электрическим током, протекающим по электролизерам, предусматриваются различные мероприятия.

*Электрическая изоляция*. Электролизные корпуса представляю собой сложные инженерные сооружения, и необходимость защиты людей от поражения электрическим током предопределяет необходимость разработки множества изоляционных узлов. Сложность заключается в том, что приходится изолировать от земли многотонные строительные конструкции.

Особую опасность представляет появление потенциалов земли на конструкциях шинного канала в одноэтажных корпусах при выполнении таких операций, как чистка каналов от пыли, сварочные работы при капитальном и текущем ремонтах катодных кожухов и ошиновки.

Стальные вентиляционные решетки, которые располагаются вдоль корпусов, укладываются на изоляционные прокладки. Катодные кожухи и ошиновка устанавливаются на конструкции с прокладками из электроизоляционного материала - чаще всего асбоцемента. Электролизеры от стен устанавливают на расстоянии не менее 4 м, а между рядами электролизеров расстояние должно быть не менее 7 м. Металлические перекрытия шинных каналов (рифленки) крепят одним концом к катодному кожуху, и поэтому они находятся под потенциалом ванны. Трубопроводы и газоходы устанавливают в корпусе на высоте более 3,5 м, и все трубопроводы и газоходы должны иметь электроизоляционные вставки через каждые 40 м, а газоходы каждой ванны соединяются с общим газоходом через электроизоляционную вставку.

*Разделительные трансформаторы.* Питание электродвигателей, установленных на конструкциях электролизера (механизмы подъема анодов, анодных рам и штор), осуществляется через разделительные трансформаторы, у которых вторичная обмотка не заземлена. Это позволяет исключить попадание постоянного тока в сеть переменного тока, что могло бы привести к тяжелым авариям в питающих трансформаторах. Поэтому такие разделительные трансформаторы устанавливаются на две ступени: обеспечивающие потребителей в корпусе напряжением 380/220 В, а трансформаторы второй ступени - непосредственно в корпусе и к ним подключаются 4-8 электролизеров. При необходимости проведения ремонтных работ на электролизерах сварочные трансформаторы и другой электрифицированный инструмент подключается через эти же разделительные трансформаторы. В системах АСУТП смонтированы устройства, позволяющие фиксировать ухудшение электроизоляции между обмоткой двигателя и сетью постоянного тока.

Грузоподъемные механизмы мостовых кранов (крюки, штанги, механизмы на комплексных кранах) должны иметь тройную изоляцию от моста крана, который перемещается по не изолированным от земли подкрановым путям - рельсы, тележки изолируются от моста крана. Механизмы, установленные на тележки, изолируют от ее корпуса, и крюк изолируют от обоймы. Каждая ступень изоляции должна иметь сопротивление не менее 1,5 Мом, измененное переносным мегомметром напряжением 1000 В.

В процессе эксплуатации изоляция периодически очищается от пыли и грязи и ее состояние контролируется электрослужбой.

**5.3 Техника безопасности при обслуживание ванн**

Персоналу необходимо знать, что обслуживание ванн должно проводиться в исправной спецодежде и валенках, а работы, связанные с расплавом (пробивка корки, подгартывание глинозема, гашение анодных эффектов, выливка металла, переплавка холодного металла и пр.) должны выполняться в опущенной на лицо и надежно закрепленной шляпе с защитными очками. Все работы в корпусе ведутся в респираторе.

*Обжиг и пуск электролизеров.* В зависимости от способа пуска электролизеров (новых или после капитального ремонта), их типа (БТ, ВТ, ОА) и способа и способа обжига условия и безопасности труда в корпусе имеют свои особенности. При пуске новых серий с СОА главной особенностью являются резко повышенная загазованность погонами пека, образующаяся при формировании анодов. Объем работ при пуске новых серий всегда больше, а условия труда всегда хуже, чем при пуске ванн после капитального ремонта.

Перед пуском электролизеры тщательно проверяются всеми специалистами цеха - технологами, механиками и электриками. Пространство вокруг электролизера и шинные каналы очищаются от посторонних предметов и мусора, подготавливаются необходимый технологический инструмент, сырье и металлы, потребность в которых может возникнуть в период обжига и пуска (асбест, изоляционные прокладки, оборотный электролит, фториды и пр.).

Часто контроль над распределением тока по подине осуществляют путем определения величины тока, текущего по блюмсам, для чего открывают рифленки. Проводить такие замеры можно лишь под присмотром технологического персонала; после замеров шинные каналы должны быть закрыты, так как санитарно-гигиенические условия труда в этот период очень тяжелые, что повышает вероятность травматизма.

При пуске заливать металл и электролит в ванну значительно проще, так как не требуется формировать новый анод. Пуск таких ванн не отличается от пуска новых ванн, но подина и анод при пуске на жидком металле, особенно в зимнее время, должны быть прогреты с целью удаления влаги и предотвращения взрывов. В процессе пуска ванна должна быть огорожена, и весь персонал, не участвующий в операциях по пуску, должен быть удален за ограждения.

В послепусковой период меры безопасности не отличаются от требований для нормально работающих ванн.

*Пробивка корки электролита* является одной из основных операций по обработке ванны. В зависимости от типа электролизера для выполнения этой операции применяются те или иные машины.

Основная опасность при выполнении этих операций заключается в воздействии на человека высокой температуры, а также возможности ожогов в результате выброса электролита. Как показывает практика, в ходе этих операций происходят несчастные случаи из-за наезда машин на людей. Поэтому выполнять эти операции необходимо максимально внимательно и осторожно.

При съеме с поверхности электролита скопившейся пены необходимо пользоваться прогретым инструментом, а при оплескивании шумовкой боковой поверхности анода следует находиться сбоку от оплескиваемого места.

*Питание ванн сырьем* производится разными способами и с применением различных машин. При перевозке глинозема в машинах типа МРС или им подобных необходимо быть внимательным, чтобы не сбить людей, так как скорость машин достаточно высока; за 5 м. перед проездами, поворотами и обгона людей и транспорта необходимо подать звуковой сигнал.

Сырье на корку следует засыпать только при переднем ходе машины; движение задним ходом допускается только при разворотах, въезде и выезде из-под силоса или стоянки.

Свежий глинозем или другое сырье не следует загружать на открытую поверхность электролита, так как сырье может содержать влагу или быть холодным, что может привести к взрыву. Засыпать свежий глинозем необходимо на предварительно прикрытую поверхность старым глиноземом, опустив течку как можно ближе к корке во избежание пыления.

Питание ванн фторидами производится зачастую вручную по индивидуальному графику. В ходе этих операций следует помнить, что фториды могут содержать от 0,6 до 6,0 % влаги, и потому необходимо их надежно прогреть до подачи в расплав. Фториды следует засыпать на корку электролита и присыпать сверху глиноземом, что в значительной мере предотвращает возгонку и потери трифторида алюминия.

*Переплавка оборотного электролита и “козлов”.* Для поддержания оптимальных технологических параметров, а также для повышения технико-экономических показателей в ваннах переплавляют твердый алюминий в виде чушек или отходов линейного производства. Одной из распространенных операций является переплавка извинченных из демонтированной ванны бесформенных плит (козлов), содержащих алюминий и электролит. Извлеченные из подины после ее охлаждения водой “козлы” содержат влагу, и поэтому их переплавка требует соблюдения особых предосторожностей. Переплавка “козлов” осуществляется только со стороны среднего прохода корпуса и с применением специальной подставки, которая придает “козлу” наклонное положение. Подставка подвозится краном и устанавливается передними ногами на борт ванны. Затем подвозится “козел” и осторожно опускается на корку электролита для просушки и подогрева в течение смены. Далее мостовым краном “козел” осторожно опускается в расчищенный от корки электролит до его соприкосновения с подиной, прислоняется к подставке и надежно закрепляется на ней. После оплавления нижней части “козел” опускается ниже и вновь закрепляется на подставке. Электролизер, на котором плавится “козел”, должен быть огражден, и должны быть выставлены предупредительные плакаты.

Переплавка отходов литейного производства производится в ванне после их прогрева на борту ванны или на корке электролита. При переплавке отходов на ваннах с ОА целесообразно снять один анод.

*Чистка шинных каналов* может выполнятся только по письменному разрешению мастера смены и после проведения замеров напряжения между днищем, стенками и арматурой шинного канала и токоведущими шинами, результаты которых заносятся в специальный журнал. Чистку канала можно начинать при наличии напряжения не выше 36 В; в противном случае необходимо изолировать опасные места деревом, резиновыми ковриками и пр. Непосредственно чистку каналов ведет бригада в составе не менее двух человек, причем наиболее опытный электролизник назначается производителем работ - наблюдающим - и отвечает за соблюдение членами бригады мер безопасности. Необходимо помнить, что под слоем пыли может оказаться оголенная арматура. Запрещается чистить каналы на ваннах, которые могут дать течь расплава в шинный канал.

*Выливка металла из ванны* производится с помощью вакуум-ковша, в котором создается разрежение (450-600 мм ртутного столба) при его подключении к вакуум-линии или эжекторам. Количество выливаемого металла задается старшим мастером корпуса на основе замеров уровня металла в ванне. Выливка из ванн, расположенных в корпусе продольно, осуществляется со стороны среднего прохода корпуса, как правило, 1 раз в двое суток; на ваннах большой мощности при поперечном их расположении в корпусе вылива производится ежедневно в торце ванны.

Перед выливкой ванна отключается от АСУТП, измеряются уровни металла и электролита, и 5-10 мин. до выливки очищается летка для установки вакуум-носка, куски корки подтягиваются к борту, а с поверхности электролита тщательно снимается пена. Выливку металла выполняет выливщик, который проходит специальный инструктаж по правилам безопасности. Электролизник в процессе выливки следит за изменением напряжения и, опуская анод, поддерживает его на заданном уровне, не допуская увеличения более чем на 0,2 В. После окончания выливки летка закрывается глиноземом. При проведении этой операции никакие другие работы на ванне не выполняются, а посторонние лица удаляются от ванн.

**6. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**6.1 Таблица. Влияние МПР на корректировки, на свойства электролита**

Таблица 1. - Влияние МПР при силе тока 100 кА

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Приход** | **кг/ч** | **%** | **Расход** | **кг/ч** | **%** |
| Глинозем Фтористые соли Анодная масса | 55,7 1,3 15,4 | 76,9 1,8 21,3 | Алюминии Анодные газы | 29,0 37,9 | 10,0 52,4 |
|  |  |  | Потери: |  |  |
|  |  |  | глинозем | 0,9 | 1,2 |
|  |  |  | фтористые соли | 1,3 | 1,8 |
|  |  |  | анодная масса | 3,3\* | 4,6 |
| Итого | 72,4 | 100,0 | Итого | 72,4 | 100,0 |

\* С газами коксования, углеродом угольной пены, а также механические потери.

**6.2 Схема. Требования к электролиту**

Схема 1. - Требования к электролиту (по массе)

|  |  |
| --- | --- |
| Криолит (Na3 Al F6) .......................... | 75—90 % |
| Фтористый алюминии (AlF3)…….. | 5—12 % |
| Фтористый кальции (CaF2)………. | 2—1 % |
| Фтористый магний (MgF2)………. | 2—5 % |
| Глинозем (Al2O3 ) ........................... | 1—10 % |
| Криолитовое отношение ............... | 2,5—2,9 % |

**7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Тарарин С.В. «Электролиз расплавленных солей», М.: Металлургия, 1982.
2. Борисоглевский Ю.В., Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я., Сиратзутдинов Г.А., «Металлургия алюминия». М.: Металлургия, 1999.
3. Беляев А.И. «Металлургия легких металлов», М.: Металлургия, 1978.
4. «Цветные металлы» журнал №5, 1996.
5. Багров Н.М., Трофимов Г.А., Адреев В.В. «Основы отраслевых технологий: учебное пособие» СПБ. Издательство СПбГУЭФ 2006.
6. Матюнин В.М. Карпман М.Г., Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов, 2002.
7. Лахтин Ю.М. «Основы металловедения» - учебник для техникумов М.: Металлургия 1988.
8. Д. Парфенов «Обработка цветных металлов: борьба противоречий» - издание Аналитического центра «Национальная металлургия» 2004.
9. Уткин Н.В. «Цветная металлургия» - учебник для ВУЗов по специальности «Металлургия цветных металлов» Челябинск 1988.
10. Материалы международной конференции: «Металлургия лёгких металлов на рубеже веков. Современное состояние и стратегия развития» (3-6 сентября 2001г.).