

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044747**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.09.28

(51) Int. Cl. *C25C 3/08* (2006.01)

(21) Номер заявки
202292664

(22) Дата подачи заявки
2020.04.24

(54) **СБОРОЧНЫЙ УЗЕЛ КАТОДА ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА ХОЛЛА-ЭРУ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

(43) **2022.11.30**

(56) US-B1-6258224

(86) **PCT/EP2020/061497**

US-A-4624766

(87) **WO 2021/213672 2021.10.28**

US-A-4466995

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

DE-A1-102012201468

НОРСК ХЮДРО АСА (NO)

WO-A1-2019174948

(72) Изобретатель:

**Бардал Асгэйр, Сундхейм Йенсен
Мортен (NO)**

(74) Представитель:

Фелицына С.Б. (RU)

(57) Сборочный узел катода для электролитической ячейки типа Холла-Эру для производства алюминия, который включает в себя катодный блок, прикрепленный с помощью стержней или соединенный со стальными токосъемными стержнями, медными стержнями или металлической токосъемной пластиной (20), поверхность катодного блока частично состоит из износостойкого композитного материала, поэтому катодный блок может быть спроектирован с меньшей высотой, что может иметь много преимуществ. Описывается способ получения сборочного узла катода.

044747

B1

044747

B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к катодному блоку для электролизера Холла-Эру для электролитического производства алюминия. В частности, изобретение относится к катодному решению с катодными блоками, содержащими износостойкий композиционный материал в выбранных областях или частях поверхностного слоя, где, вследствие этого, может быть уменьшена высота катодных блоков. На основе принципа прикрепления катодного стержня высота катодного блока может быть уменьшена даже еще больше. В этом случае изобретение также относится к способу приготовления такого катодного решения.

Уровень техники

Традиционные катодные блоки для электролизеров для производства алюминия готовятся посредством смешивания коксового заполнителя и пекового связующего. Эта смесь затем экструдирована или прессуется в виброформе перед обжигом и последующей графитизацией. Такие блоки обычно называются графитированными катодными блоками.

В нижней части этих графитированных катодных блоков выточены канавки/прорези, позволяющие вводить в катодные блоки токопроводы, такие как токосъемные стержни, и соединять их с катодными блоками, т.е. выполнять процедуру, которая называется прикрепление стержней катодов. Во время прикрепления стержней катодов пространство между стенкой прорезей и стержнями обычно может быть заполнено расплавленным чугуном, или контактной пастой, или клеем для фиксации упомянутых токосъемных стержней.

Еще одним альтернативным вариантом является прикрепление стержней с помощью токосъемных пластин в футеровке электролитической ячейки, при котором стальная дробь может заполнять пространство между канавками в катодном блоке, прикрепленном к токосъемной пластине в футеровке электролитической ячейки. Еще один альтернативный вариант заключается в использовании круглых медных стержней, вставляемых в отверстия, выточенные в катодных блоках, вместо традиционных стальных токосъемных стержней.

Сборочный узел катодного блока состоит из катодного блока и катодного стержня, пластины или стержня, соединенных с катодным блоком после процесса прикрепления стержней.

В электролизере установлено несколько сборочных узлов катодного блока, которые вместе образуют катодную панель.

Обычно электролизер Холла-Эру эксплуатируется, как правило в течение 5-7 лет, прежде чем становится необходимой замена футеровки катода, в основном вследствие относительно высокой скорости износа (обычно 50-70 мм/год) или вследствие проникновения натрия, вздутия или растрескивания. Вследствие относительно высокой скорости износа высота катодных блоков обычно находится в диапазоне 450-500 мм, чтобы гарантировать достаточный срок службы электролизера.

В обычно эксплуатируемых электролизерах 350 кА масса катодных блоков в катодной панели одного электролизера может составлять 25-30 тонн веса. Для электролизной линии с заданным количеством электролизеров, скажем, 700 электролизеров и операцией по замене футеровки каждого электролизера каждые 6 лет масса заменяемой футеровки материала катодного блока составляет 3000-3600 тонн в год.

В соответствии с собственной заявкой WO 2009/099335 A1 заявителей, в качестве заполняющего материала между проводником электрического тока и корпусом из углеродсодержащего материала в электроде применяются электропроводящие частицы. Использование электропроводящих частиц без упрочняющей матрицы облегчает подвижность проводящих частиц для электрического тока при изменении геометрии во времени, например вследствие теплового расширения. Было обнаружено, что электрическое сопротивление в катодном элементе, на который наносятся такие частицы, улучшается по сравнению с обычно используемой контактной пастой или расплавленным чугуном. На фиг. 9 указанного ВО-документа показан вид с торца катодного блока, имеющего углубления или прорези в нижней части. В прорези укладываются токосъемные стержни, а оставшееся пространство заполняется электропроводящими частицами. Токосъемные стержни прикреплены к токосъемной пластине в футеровке электролизера, которая собирает ток, что дополнительно обеспечивает стабильность катодного элемента и дает дополнительную контактную площадь.

Из другого предшествующего уровня техники известны различные патенты и патентные заявки на использование частиц TiB_2 , смешанных с углеродом катодных блоков ("композит C- TiB_2 "), используемых в восстановительных электролизерах для производства алюминия с помощью электролиза. При этом композит C- TiB_2 может быть как слоем в верхней части катодного блока, так и по всей высоте катодного блока. Такие катодные блоки известны как смачиваемые катоды и предназначены для применения в так называемых дренированных электролизерах, где на дне электролитической ячейки нет металлической ванны.

Патент США US 4,544,524 раскрывает производство катодов, где блоки или фасонные корпуса изготавливаются из эвтектики системы диборид титана-углерод.

Документ WO 00/36187 относится к способу изготовления катода с несколькими слоями. По меньшей мере один слой, содержащий бориды металлов, перекрывает слой графита. Кроме бориды металла

слои также содержат углерод. Окисление и сопротивление эрозии могут быть улучшены.

Одним из недостатков таких смачиваемых катодных блоков является то, что стоимость композиционного материала C-TiB₂ будет высокой, и для поддержания экономической целесообразности при высокой стоимости этих блоков требуется значительное снижение энергопотребления во время работы. Дренированные электролизеры со смачиваемым катодом теоретически могут значительно снизить энергопотребление, но для того, чтобы использовать потенциал таких электролитических ячеек, требуется изменение конструкции электролизера, а также другие новые технологические элементы (например, инертные боковые стенки и инертные аноды). Таким образом, дренированные электролизеры для электролиза алюминия до сих пор не были успешно реализованы.

Раскрытие сущности изобретения

Настоящее изобретение описывает концепцию, называемую износостойкими катодными блоками, которые предназначены для традиционных электролизеров Холла-Эру, а не смачиваемые катодные блоки для использования в дренированных электролизерах. Хотя в обоих типах блоков может использоваться композиционный материал C-TiB₂, конструкция блоков, состав и свойства композиционного материала, а также стоимость будут совершенно разными, и, таким образом, представленные здесь решения для износостойких катодных блоков не могут быть использованы в качестве смачиваемого катода в дренированном электролизере. Например, вся поверхность смачиваемых катодов для дренированных электролизеров должна быть покрыта смачиваемым композиционным материалом (например, C-TiB₂), тогда как согласно настоящему изобретению только выбранные участки поверхности износостойкого катодного блока должны быть покрыты износостойким композиционным материалом (например, C-TiB₂).

Износостойкий композиционный материал, используемый на выбранных участках поверхности износостойкого катодного блока, может состоять из углерода и 5-80 мас.% других твёрдых материалов, порошков боридов тугоплавких металлов, таких как TiB₂, HfB₂, ZrB₂, CrB₂, WB₂, или порошков карбида огнеупорного металла, таких как SiC, Cr₃C₂, B₄C, TiC, или Al₂O₃, или любые подходящие комбинации этих материалов.

Катодный блок можно изготавливать несколькими способами, например, неспечённый катодный блок может быть подготовлен с помощью добавления традиционной катодной пасты на дно традиционной виброформы для изготовления катодного блока, которую затем выравнивают гребёнкой (или другим подобным инструментом), перед тем, как той же гребёнкой подготовить ямки на выбранных участках поверхности и заполнить эти ямки износостойким композиционным материалом, прежде чем производить виброформование. Затем неспечённый износостойкий катодный блок подвергают термообработке (т.е. обжигу и графитизации) аналогичным способом, как и для традиционных катодных блоков.

В качестве альтернативы, неспечённый катодный блок можно приготовить, добавляя композиционный материал на выбранных участках на дно традиционной виброформы для изготовления катодных блоков перед добавлением традиционной катодной пасты сверху, которую затем выравнивают гребёнкой (или аналогичным инструментом), а затем выполняют виброформование. Таким образом, износостойкий катодный блок изготавливается в перевернутом виде. Затем неспечённый износостойкий катодный блок подвергается термообработке (т.е. обжигу и графитизации) аналогичным способом, как и для традиционных катодных блоков.

Согласно одному аспекту изобретения, выбранные области или участки поверхности катодного блока, изготовленные из износостойкого композиционного материала, соответствуют менее чем 100% общей поверхности катодного блока, а во втором аспекте выбранные области или участки поверхности катодного блока, изготовленные из износостойкого композиционного материала, соответствуют менее чем 50% общей поверхности катодного блока, в то время как в третьем аспекте выбранные области или участки поверхности катодного блока, изготовленные из износостойкого композиционного материала, соответствуют менее 30% общей поверхности катодного блока. В четвёртом аспекте изобретения выбранные области или участки поверхности катодного блока, изготовленные из износостойкого композиционного материала, составляют менее 10% общей поверхности катодного блока.

В соответствии с другим аспектом изобретения, износостойкий композиционный материал имеет толщину в диапазоне 3-10 см. Согласно другому аспекту изобретения, износостойкий композиционный материал размещают на выбранных участках поверхности катода, где скорость износа катода является высокой и может быть предсказана посредством моделирования или определена посредством вскрытия.

В соответствии с ещё одним аспектом изобретения, износостойкий композиционный материал размещают на участках в направлении ближе к концам катодного блока (т.е. на участках 0-80 см от конца катодного блока).

В предпочтительном варианте осуществления изобретения, посредством объединения некоторых принципов собственных WO 2009/099335 A1 и NO 20180369 заявителя, конструкция токосъёмной пластины в футеровке электролизёра со стальными и медными вставками может быть успешно применена вместо стальных катодных стержней, традиционно используемых в качестве соединителей между катодным блоком и гибкими элементами для системы токопроводящей шины.

Кроме того, соединяя эти пластины в футеровке электролитической ячейки с катодным блоком с помощью металлических частиц, таких как стальные шарики, и используя силы теплового расширения, а

также используя износостойкий композитный материал в определенных областях катодного блока, можно радикально уменьшить высоту катодного блока с типичной высоты 450-500 мм до высоты 80-230 мм, и при этом сохранить тот же срок службы электролизера или даже увеличить срок его службы. При этом годовой расход катодного материала может быть снижен на 45-85% и более на заданной линии электролитических ванн. Кроме того, применение износостойкого композиционного материала только в определенных областях катодного блока позволяет свести к минимуму использование дорогостоящего износостойкого материала. Поскольку настоящее изобретение будет использоваться в традиционных электролитических ячейках для производства металлического алюминия, можно иметь конструкцию катодного блока, в которой только части поверхности покрыты износостойким композитным материалом, по сравнению со смачиваемыми катодами для дренированных электролизеров, где вся поверхность катодного блока должна быть покрыта, например, композитным материалом TiB₂-углерод.

В качестве альтернативного варианта осуществления изобретения, используя круглые медные стержни вместо традиционных катодных стержней, можно уменьшить высоту катодного блока до высоты 130-280 мм, что стало возможным благодаря использованию специально спроектированного катодного блока с износостойким композитным материалом в определенных областях катодного блока. Это может дать ежегодное снижение расхода катодного материала приблизительно на 45-75% и более для данной линии электролитических ванн.

В качестве еще одного альтернативного варианта осуществления изобретения, благодаря использованию традиционных катодных стержней и прикреплению стержней из чугуна, высота катодного блока может быть уменьшена до высоты 170-370 мм, что стало возможным благодаря применению специально спроектированного катодного блока с износостойким композитным материалом в определенных областях катодного блока. Это может дать приблизительно 25-65% или более ежегодного снижения расхода катодного материала для данной линии электролитических ванн.

Один предпочтительный вариант осуществления изобретения может быть реализован на практике посредством объединения следующих двух элементов:

- i) износостойкий композитный материал катодного материала в определенных областях катодного блока;
- ii) токопроводящая пластина в футеровке электролитической ячейки в качестве соединения между катодным блоком и катодными гибкими спусками, соединяющимися с системой токопроводящей шины.

Альтернативный вариант осуществления изобретения с медными стержнями может быть реализован на практике посредством объединения следующих двух элементов:

- i) износостойкий композитный материал в качестве катодного материала в определенных областях катодного блока;
- i) медные стержни в качестве соединения между катодным блоком и катодными гибкими спусками, соединяющимися с системой токопроводящей шины.

Альтернативный вариант осуществления изобретения с традиционными стальными токосъемными стержнями может быть реализован на практике посредством объединения следующих двух элементов:

- i) износостойкий композитный материал в качестве катодного материала в определенных областях катодного блока;
- i) катодные стержни в качестве соединения между катодным блоком и катодными гибкими спусками, соединяющимися с системой токопроводящей шины.

Эта реализация настоящего изобретения стала возможной благодаря:

- i) низкой скорости эрозии, характерной для износостойкого композиционного материала, что позволяет избежать необходимости иметь катодный блок с традиционной высотой (обычно 450-500 мм) для обеспечения достаточного срока службы катода. В то время как максимальная скорость изнашивания традиционных катодных блоков может находиться в диапазоне 50-70 мм в год, максимальная скорость изнашивания износостойкого композиционного материала будет значительно меньше (обычно в диапазоне 10-30 мм, но также может быть даже ниже). Кроме того, скорость износа поверхности катода неравномерно распределена по поверхности (т.е. в некоторых местах скорость износа значительно выше, чем в других). Точный механизм этого износа до конца не ясен, но считается, что скорость износа увеличивается с увеличением плотности тока и магнитно-индуцированного течения металла на поверхности катода. Скорость износа катода на поверхности катода может быть определена опытным путем, когда электролизер остановлен и осмотрен, а результаты этого осмотра могут быть использованы в качестве исходных данных для моделирования и проектирования износостойких катодных блоков для замены футеровки электролизера. Вследствие высокой стоимости, износостойкий композитный материал следует использовать только в выбранных областях, где скорость износа является высокой, как правило, по направлению к концам катодного блока, но не ограничиваясь ими;

- ii) предпочтительный вариант осуществления изобретения, геометрия токосъемной пластины в футеровке электролитической ячейки или альтернативный вариант изобретения, медный стержень, исключаящий необходимость иметь 15-18 см углерода вокруг традиционных катодных стержней, позволяет еще меньшую высоту постройки катодного элемента.

Изобретение реализуется посредством выполнения механического конструирования процесса изго-

товления сборочного узла катодного блока, процесса соединения между катодным блоком и токосъёмной пластиной в футеровке электролитической ячейки или медным стержнем, а также термоэлектрического/термомеханического конструирования полной катодной оболочки - футеровки катода, включающей в себя сборочный узел катодного стержня.

Это конструирование катода отличается от тех, что были реализованы в прошлом. Традиционное мнение, основанное на предубеждении специалистов в данной области техники, состоит в том, что катодный блок должен иметь определенную высоту вследствие риска выпуска, набухания Na, по причинам стабильности и многому другому.

Настоящее изобретение относится в предпочтительном варианте осуществления к катодным решениям на основе токосъемных пластин в футеровке электролитической ячейки, или в альтернативном варианте осуществления - к катодным решениям на основе медных стержней или традиционных токосъемных стержней, причём оба вида стержней выполнены с электропроводящими корпусами, где в их конструкцию включены несколько новых и изобретательских признаков, в частности благодаря уменьшению высоты. Некоторые основные элементы относятся к:

i) уменьшенной стоимости катода (меньше катодного материала в общем, меньшее использование дорогостоящего катодного материала, в частности, поскольку он применяется только в выбранных областях или частях катода);

ii) уменьшенным потерям мВ через катод (меньший путь тока вследствие меньшей высоты), что снижает потребление энергии;

iii) большему месту под катодным блоком для изоляции, что снижает потребление энергии;

iv) увеличенной полости над катодным блоком, обеспечивающей несколько эксплуатационных преимуществ, таких как более высокие и, следовательно, более долговечные аноды, меньший расход анода, меньшее количество манипуляций с анодом, лучшее покрытие анода, большая возможность для гибкости в отношении металла и высоты ванны, меньшая утечка материала покрытия анода в подвальном помещении.

Эти и другие преимущества будут достигнуты с помощью изобретения, как определено в прилагаемой формуле изобретения.

Краткое описание чертежей

Далее настоящее изобретение будет дополнительно описано с помощью фигур и примеров, где:

фиг. 1 представляет собой принципиальный эскиз, показывающий в разрезе основные части электролизера Холла-Эру,

фиг. 2 раскрывает вид с торца традиционного катодного блока с двумя прорезями для катодных стержней,

фиг. 3 раскрывает вид сбоку катодного блока, подобного изображенному на фиг. 2,

фиг. 4 раскрывает вид с торца катодного блока с двумя прорезями для катодных стержней, где катодный блок имеет специальную конструкцию с меньшей высотой и с износостойким композиционным материалом в выбранных областях его верхнего слоя, в соответствии с изобретением,

фиг. 5 раскрывает вид сбоку катодного блока, аналогичного показанному на фиг. 4, где износостойкие композиционные материалы размещены в выбранных областях по направлению к концам катодного блока,

фиг. 6 раскрывает вид с торца катодного блока, с прикреплённого с помощью двух медных стержней, где катодный блок имеет специальную конструкцию с меньшей высотой и с износостойким композиционным материалом, в выбранных областях его верхнего слоя, в соответствии с изобретением,

фиг. 7 раскрывает вид сбоку катодного блока, аналогичного показанному на фиг. 6, где износостойкие композиционные материалы размещены в выбранных областях по направлению к концам катодного блока,

фиг. 8 раскрывает вид с торца катодного блока, прикреплённого на стержнях токосъёмной пластины в футеровке электролитической ячейки, причём катодный блок имеет специальную конструкцию с меньшей высотой и с износостойким композиционным материалом, в выбранных областях его верхнего слоя, в соответствии с изобретением,

фиг. 9 раскрывает вид сбоку катодного блока, аналогичного показанному на фиг. 8, где износостойкие композиционные материалы размещены в выбранных областях по направлению к концам катодного блока.

Осуществление изобретения

На фиг. 1 можно увидеть вид с сечением основных частей традиционного электролизёра Холла-Эру. На фигуре показана надстройка, включающая в себя бункеры для глинозема/фторида, анодные ниппели, токопроводящие шины и питающие устройства. В дальнейшем в ванну с жидкостью погружают пару анодов, частично покрытых коркой. Под жидкой ванной показан слой жидкого алюминия. Катод расположен ниже жидкого алюминия. Показаны два токосъёмных стержня, встроенных в катод, с каждого конца и в направлении внутрь.

Фиг. 2 раскрывает вид с торца традиционного катодного блока 24 с двумя катодными стержнями 22, 22', закреплёнными в углублениях с помощью чугуна 21, 21'. Ширина катодного блока может быть в

диапазоне 40-60 см, а высота может быть в диапазоне 40-60 см.

Фиг. 3 раскрывает вид сбоку традиционного катодного блока 24, аналогичного изображенному на фиг. 2. Длина блока может быть в диапазоне 250-350 см, высота может быть в диапазоне 40-60 см.

Фиг. 4 раскрывает вид с торца катодного блока с двумя прорезями для катодных стержней 22, 22', где катодный блок 24 имеет специальную конструкцию с меньшей высотой и с износостойким композиционным материалом в выбранных областях его верхнего слоя 25, в соответствии с изобретением. Толщина верхнего слоя в этом варианте осуществления изобретения может составлять 5-10 см, а толщина катодного блока - 25-35 см. Ширина может быть в диапазоне 40-60 см.

Фиг. 5 раскрывает вид сбоку катодного блока 24, где катодный блок 24 имеет специальную конструкцию с меньшей высотой и с износостойким композиционным материалом, в выбранных областях его верхнего слоя 25, 25', в соответствии с изобретением, аналогичного показанному на фиг. 4. Указанные области расположены на концевых участках катодного блока и имеют в данном варианте осуществления толщину 5-10 см.

Фиг. 6 раскрывает вид с торца катодного блока, прикрепленного с помощью двух медных стержней 50, 50', где катодный блок 24 имеет специальную конструкцию с меньшей высотой и износостойким композиционным материалом в выбранных областях его верхнего слоя 25, в соответствии с изобретением. Толщина износостойкого верхнего слоя может составлять 5-10 см, а общая высота катодного блока - 13-28 см.

Фиг. 7 раскрывает вид сбоку катодного блока, соответствующего блоку на фиг. 6, где катодный блок 24 имеет специальную конструкцию с меньшей высотой и с износостойким композиционным материалом, в выбранных областях 25, 25' его верхнего слоя, в соответствии с изобретением. Длина катодного блока может быть в диапазоне 300-350 см.

Фиг. 8 раскрывает вид с торца катодного блока 24, закрепленного с помощью стержней на токосъемной пластине 20 в футеровке электролитической ячейки. В этом примере пластина 20 в футеровке электролитической ячейки обеспечивается пятью токосъемными элементами 30, 30', 30", 30"', 30''''', которые находятся в электрическом контакте с пластиной 20 в футеровке электролитической ячейки. Предпочтительно, чтобы эти детали были изготовлены из стали, которая легко сваривается, и предпочтительно детали свариваются вместе. Катодный блок может быть присоединен с помощью стержней к токосъемным элементам способом, аналогичным раскрытому в документе WO 2009/099335 A1, где раствор может содержать электропроводные металлические частицы. Количество токосъемных элементов на токосъемной пластине в футеровке электролитической ячейки может отличаться от пяти, как показано на фигуре, например, может составлять от одного до семи или даже отсутствовать, когда стержневой материал для прикрепления расположен в виде слоя между пластиной и катодным блоком. Катодный блок 24 имеет специальную конструкцию с меньшей высотой и с износостойким композиционным материалом в выбранных областях 25 его верхнего слоя, в соответствии с изобретением. Толщина этого материала может составлять 5-10 см, а общая высота катодного блока может быть в диапазоне 8-28 см. Комбинация прикрепления токосъемной пластины в футеровке электролитической ячейки с токосъемными элементами к катодному блоку, имеющему износостойкий композиционный материал, делает возможной особенно малую высоту катодного блока и рассматривается как предпочтительный вариант осуществления изобретения.

Фиг. 9 раскрывает вид сбоку катодного блока, аналогичного показанному на фиг. 8, где катодный блок 24 имеет специальную конструкцию с еще меньшей высотой и с износостойким композиционным материалом в выбранных областях 25, 25' его верхнего слоя, прикрепленного с помощью стержней на токосъемной пластине 20 в футеровке электролитической ячейки, в соответствии с изобретением.

Соответствующая токосъемная пластина в футеровке электролитической ячейки может содержать по меньшей мере один горизонтальный токоотвод по меньшей мере, с одной стороны, и/или по меньшей мере один вертикальный металлический токоотвод, соединенный с токосъемной пластиной.

В одном варианте осуществления изобретения по меньшей мере одна термопара (ТС) вставлена в металлический компонент внутри или под токосъемной пластиной в футеровке электролитической ячейки, чтобы иметь возможность контролировать температуру в этом месте.

В еще одном варианте осуществления изобретения на каждом конце содержится, по меньшей мере, один горизонтальный токоотвод, объединенный с токосъемной пластиной в футеровке электролитической ячейки.

В одном варианте осуществления изобретения на стороне токосъемной пластины в футеровке электролитической ячейки, противоположной катодному блоку, расположен по меньшей мере один вертикальный токоотвод.

В другом варианте осуществления изобретения по меньшей мере один металлический токосъемный элемент расположен на верхней стороне металлической токосъемной пластины в футеровке электролитической ячейки, при этом указанный токосъемный элемент встроен в соответствующее углубление в нижней части катодного блока, причём это углубление является более широким, чем токосъемный элемент и заполнено электропроводным материалом, содержащим токопроводящие частицы.

В другом варианте осуществления изобретения имеется один или несколько токосъемных элемен-

тов, предпочтительно от 3 до 7, обычно разнесённых на расстояние 50 мм - 150 мм.

В еще одном варианте осуществления изобретения по меньшей мере один токосъемный элемент (элементы) имеет такую же или меньшую длину, чем катодный блок.

Предпочтительно токосъемная пластина в футеровке электролитической ячейки может иметь от одной до пяти вставок из материалов с более высокой электропроводностью, таких как медь.

Настоящая конструкция катода является предпочтительной в отношении магнитогидродинамической стабильности электролизёра, в который он был установлен, может иметь улучшенный жизненный цикл и меньшее занимаемое пространство при использовании и в эксплуатации, а также обеспечивает низкое падение напряжения на катоде по отношению к традиционной конструкции катода.

На концах токосъемной пластины 20 в футеровке электролитической ячейки могут быть расположены горизонтальные токоотводы (не показаны). Горизонтальные токоотводы могут быть изготовлены из проводников из материала с хорошей электропроводностью, такого как медь или медный сплав, и дополнительно, по меньшей мере, на своих выходных концах покрыты листовым материалом, предпочтительно изготовленным из металла, такого как сталь. Горизонтальные токоотводы, с соответствующими им проводниками, могут быть интегрированы в прорези, выполненные в токосъемной пластине 20 в футеровке электролитической ячейки. Эта интеграция может быть основана на допусках на прессовую посадку или на предварительно нагретых секциях пластины, чтобы использовать тепловое расширение для плотной посадки. Однако может применяться любая подходящая фиксация, включая сварку. Токопроводящий материал в прорезях может быть закрыт защитной стальной пластиной с верхней и нижней сторон.

Предпочтительно, чтобы весь сборочный узел с катодным блоком 24 и токосъемной пластиной 20 в футеровке электролитической ячейки до некоторой степени наклонялась во время процедуры заполнения частицами, чтобы позволить частицам заполнить углубление плавным и полным образом. Кроме того, к пластине или частям пластины может быть приложена некоторая вибрация для однородного заполнения частицами.

Углубления или прорези в нижней части катодного блока могут быть выполнены в неспечённом состоянии углеродсодержащего корпуса с помощью общепринятых технологий, или в прокаленном или графитированном состоянии с помощью общедоступного технологического оборудования. Геометрия прорезей должна соответствовать пластинам.

Следует понимать, что электропроводящие твердые вещества или частицы могут быть из любого подходящего металла, такого как сталь, железо, медь, алюминий и т.д., или их сплавов. Кроме того, форма твердых веществ может быть сферической, овальной или эллиптической, хлопьевидной, или иметь любую подходящую форму. Размер и распределение частиц могут варьироваться. Максимальный размер, как правило, ограничивается шириной заполняемого пространства. Неоднородное распределение частиц по размерам может быть удобным для получения как можно более плотной начинки с небольшим пространством между частицами.

Помимо хороших электропроводных свойств, применяемый материал должен обладать хорошими механическими свойствами (измельчающими свойствами) и должен выдерживать высокие температуры. Как упоминалось ниже, магнитные свойства могут быть предпочтительными.

Кроме того, размер указанных твердых частиц может составлять от 0,1 миллиметра и приближаться к минимальному зазору между углеродсодержащим корпусом и токопроводящей пластиной. Обычно размер может достигать 2 миллиметров.

Предпочтительно, может быть несколько термопар, прикрепленных к катодной пластине или вставленным в нее, для контроля температуры в катоде. Например, в катодной пластине в соответствующих местоположениях можно просверлить отверстия до центра пластины для вмещения термопар. Стальная пластина создает защитный кожух для термопар, чтобы сохранять работоспособность в химически агрессивной окружающей среде во время эксплуатации.

Длина вставки горизонтальных выпускных отверстий предпочтительно может быть ограничена тем, что она не покрывает центральную часть катодной пластины. Длина вставки может, например, быть спроектирована таким образом, чтобы отражать наличие вертикальных выпускных отверстий в этой пластине и длину пути тока через проводники к следующему электролизёру. В электролизёрах, расположенных бок о бок, длина вставки может быть увеличена на входной стороне, чтобы сбалансировать токосъем в катодном блоке и сделать его более сбалансированным.

Каждый катодный элемент может быть снабжен горизонтальными выпускными отверстиями только, например, для электролизёров, расположенных встык, или при отсутствии места для токопроводящих шин под электролизёром, или несколькими горизонтальными выпускными отверстиями и одним вертикальным выпускным отверстием. Для оптимизации магнитного поля возможна конфигурация только с одним или двумя вертикальными выходами и без горизонтального выхода для некоторого выбранного катодного блока катодной панели.

Комбинация различных конфигураций токосъемных пластин в футеровке электролизёра может быть применена в одном электролизёре для создания благоприятного магнитного поля благодаря распределению электрического тока, или для улучшения тепловых свойств электролизёра благодаря уменьше-

нию количества выпускных отверстий, где потери тепла являются нежелательными, например, на коротких концах электролизёра, которые имеют тенденцию охлаждаться в большей степени вследствие близлежащих углов. Вертикальные выпускные отверстия, прикрепленные только к токосъемным пластинам в футеровке электролизёра, могут быть полезны для оптимизации потоков тока и магнитного поля. Это также может снизить затраты на установку, когда распределение тока и магнитогидродинамическая стабильность электролизёра являются достаточными.

Заявленный катод с токосъемной пластиной в футеровке электролизёра с катодным блоком очень малой высоты имеет множество преимуществ по сравнению с традиционной конструкцией, включающей в себя углеродсодержащий корпус со встроенными токосъемными стержнями:

В предпочтительном варианте осуществления изобретения блок будет значительно ниже, вследствие значительно более низкой скорости эрозии композиционного материала TiB₂-углерод срок службы как и в предыдущем примере будет выше.

Падение напряжения на катоде (CVD) значительно ниже (до 150 мВ) благодаря малой высоте катодного блока, количеству выпускных отверстий, электрическим свойствам материала, лучшего электрического контакта благодаря начальной подвижности частиц, суммарной поверхности контактного сопротивления и более коротким путям тока вследствие наличия вертикальных выпускных отверстий.

Распределение тока по верхней поверхности катодного блока является более однородным благодаря геометрии пластины, проводимости вставок и наличию вертикальных выпускных отверстий, что позволяет избежать нежелательной нестабильности, вызывающей горизонтальные токи в подушке из жидкого алюминия над поверхностью катодного блока. Более высокая стабильность электролизёра может быть использована для дальнейшего снижения напряжения электролизёра и энергопотребления, или увеличения силы тока и объема производства.

Благодаря вышеупомянутому лучшему распределению тока, эрозия углеродсодержащего материала становится более однородной, что увеличивает срок службы электролизёра.

Вертикальное использование пространства в этой компоновке меньше, чем в традиционной конструкции, что позволяет использовать более низкую катодную оболочку или, если высота оболочки сохранена, использовать дополнительное пространство для лучшей изоляции днища, более высоких и долговечных анодных блоков, или большую высоту для жидкого алюминия или ванны.

Конструкция имеет лучшее соотношение электро- и теплопроводности в наиболее критических местоположениях с высокой плотностью тока и тепловым потоком, таким образом повышая энергоэффективность электролизёра (меньшие потери тепла и меньшее падение напряжения (CVD) на катоде).

При дооснащении существующей конструкции электролизёра вертикальные выпускные отверстия, в соответствии с формулой изобретения, могут позволить увеличить силу тока и, таким образом, увеличить производительность на каждый электролизёр.

Лучшее распределение тока по поверхности катода, обеспечивающее повышенную магнитогидродинамическую (МГД) стабильность и, таким образом, дополнительные возможности для уменьшения АСД (межэлектродное расстояние), или увеличения уровня силы тока до 15%.

Меньшие потери тепла вследствие меньшего поперечного сечения и открытой поверхности НО и ВО, что позволяет избежать холодных катодов с замораживанием снизу, особенно если технология используется для снижения энергопотребления.

Меньшая стоимость прикрепления с помощью стержней в вариантах осуществления изобретения, где нет чугуна.

Отсутствие риска растрескивания углеродного блока в вариантах осуществления изобретения без использования литых токосъемных стержней (чугун).

Гибкая установка ВО после размещения катодных блоков в футеровке.

Лучшая балансировка потока тока в сторону выше по ходу потока/ниже по ходу потока/в нижнюю часть, что обеспечивает лучшую магнитогидродинамическую стабильность.

Значительно меньшая общая высота сборочного узла, что создает пространство для большей теплоизоляции днища или большей полости. Разница может достигать 300 мм.

Упрощенная установка термопар внутри пластины благодаря менее глубокому сверлению, чем в токосъемных стержнях, или прямому доступу с нижней стороны.

Уменьшенное количество традиционного катодного материала экономит затраты в общем, а размещение композиционного материала только в избранных областях, где износ поверхности катода ожидается как наиболее чрезмерный, снижает количество дорогостоящего износостойкого материала по сравнению с традиционными конструкциями.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Катодный сборочный узел для электролитической ячейки типа Холла-Эру для производства алюминия, содержащий графитированный катодный блок, выполненный из проводящего электрический ток материала, прикрепленный к стальным токосъемным стержням, медным стержням или металлической токосъемной пластине,

при этом выбранные области или участки поверхности катодного блока выполнены из износостойкого композиционного материала, содержащего 5-80 мас.% порошка тугоплавкого бориды металла, такого как TiB_2 , HfB_2 , ZrB_2 , CrB_2 , WB_2 , или порошка тугоплавкого карбида металла, такого как SiC , Cr_3C_2 , W_4C , TiC , или Al_2O_3 вместе с углеродсодержащим материалом, остальная часть катодного блока состоит из традиционного графитированного катодного материала,

при этом износостойкий композиционный материал размещен в областях в направлении к концам катодного блока,

при этом выбранные области или участки поверхности катодного блока, изготовленные из износостойкого композиционного материала, соответствуют менее чем 100% от общей поверхности катодного блока,

при этом катодный сборочный узел получен способом, включающим в себя:

подготовку неспечённого катодного блока посредством добавления традиционной катодной пасты на дно традиционной виброформы для изготовления катодных блоков, которую выравнивают посредством гребёнки или аналогичного инструмента, затем осуществляют подготовку ямок в выбранных областях поверхности, после чего заливают износостойкий композиционный материал в указанные ямки и выполняют виброформование с последующей термической обработкой, такой как обжиг и графитизация неспечённого катодного блока таким же образом, как и для традиционных катодных блоков, или

подготовку неспечённого катодного блока посредством добавления износостойкого композиционного материала в выбранных областях на дно традиционной виброформы для изготовления катодных блоков перед добавлением сверху традиционной катодной пасты, которую затем выравнивают с помощью гребёнки или аналогичного инструмента, а затем выполняют виброформование с последующей термической обработкой, такой как обжиг или графитизация неспечённого катодного блока таким же образом, как и для традиционных катодных блоков.

2. Катодный сборочный узел по п.1, в котором износостойкий композиционный материал имеет толщину в диапазоне 3-10 см.

3. Катодный сборочный узел по п.1, в котором выбранные области или участки поверхности катодного блока, изготовленные из износостойкого композиционного материала, соответствуют менее чем 50% от общей поверхности катодного блока.

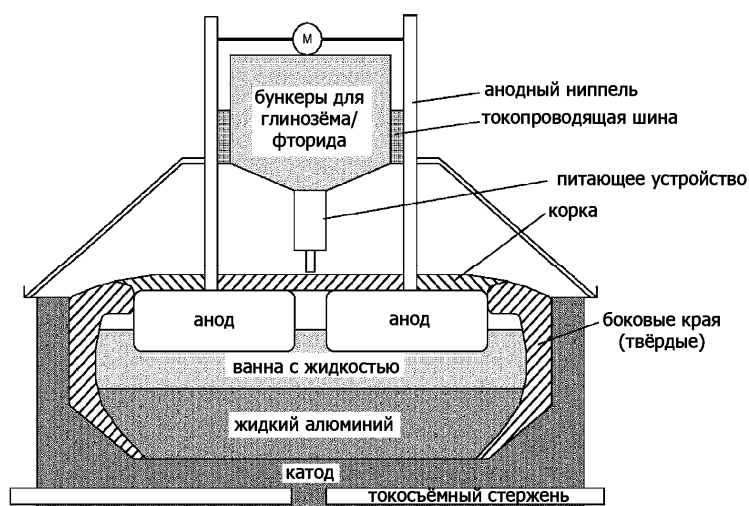
4. Катодный сборочный узел по п.1, в котором выбранные области или участки поверхности катодного блока, изготовленные из износостойкого композиционного материала, соответствуют менее чем 30% от общей поверхности катодного блока.

5. Катодный сборочный узел по п.1, в котором выбранные области или участки поверхности катодного блока, изготовленные из износостойкого композиционного материала, соответствуют менее чем 10% от общей поверхности катодного блока.

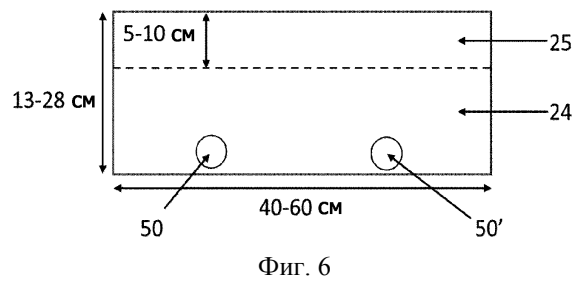
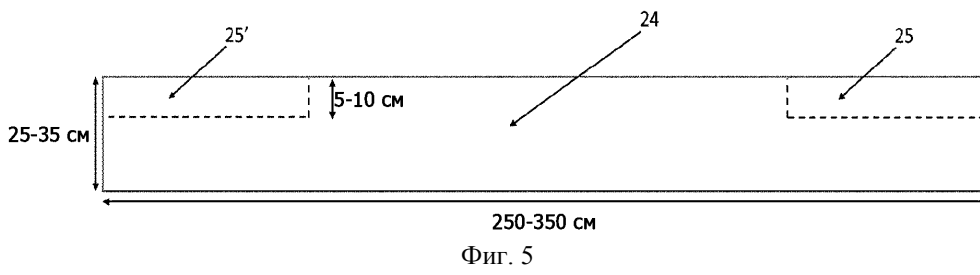
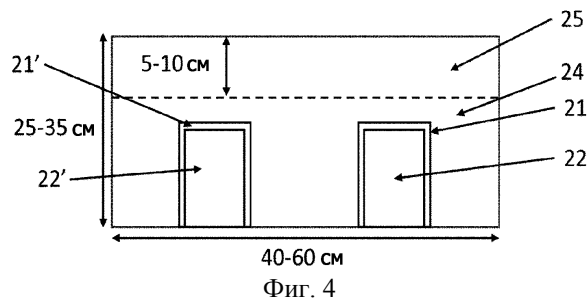
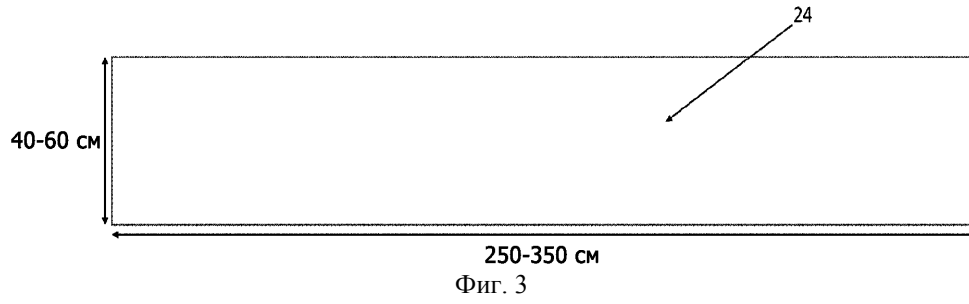
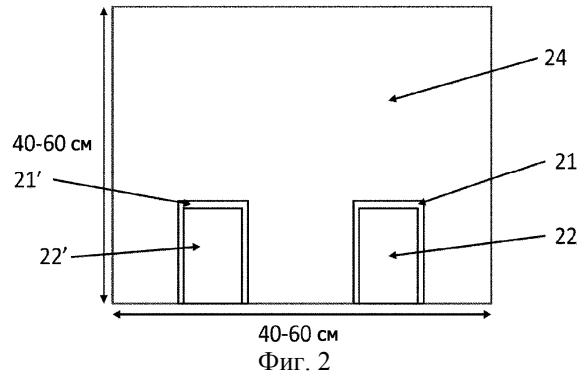
6. Катодный сборочный узел по любому из пп.1-5, в котором графитированный катодный блок прикреплен к стальным токосъёмным стержням, при этом общая высота катодного блока составляет 25-35 см.

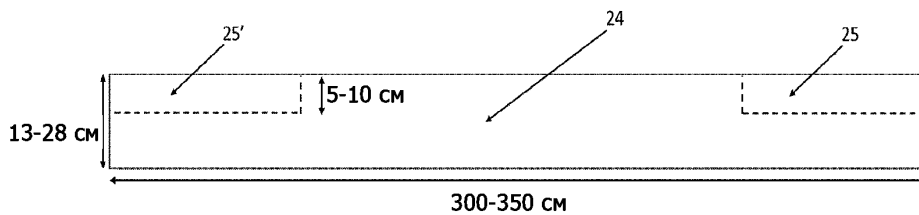
7. Катодный сборочный узел по любому из пп.1-5, в котором графитированный катодный блок прикреплен к медным стержням, при этом общая высота катодного блока составляет 13-28 см.

8. Катодный сборочный узел по любому из пп.1-5, в котором графитированный катодный блок прикреплен к металлической токосъёмной пластине, при этом общая высота катодного блока составляет 8-28 см.

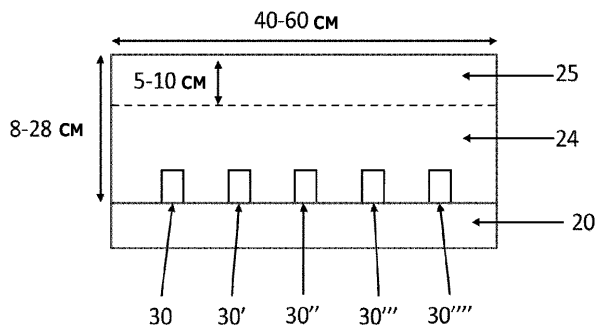


Фиг. 1

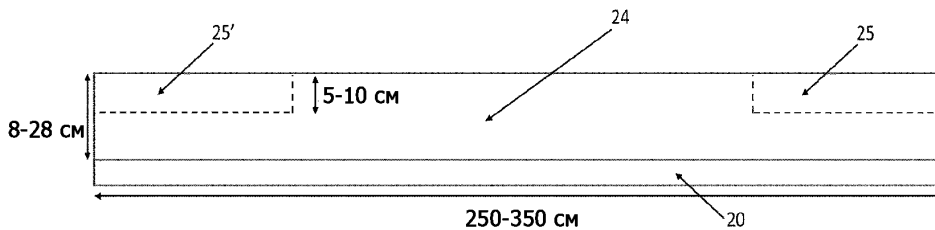




Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9