

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040774**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.07.27

(51) Int. Cl. **C25C 3/12 (2006.01)**
C25C 3/16 (2006.01)

(21) Номер заявки
202191391

(22) Дата подачи заявки
2019.12.17

(54) **АНОД ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ**

(31) **1569/18**

(32) **2018.12.19**

(33) **СН**

(43) **2021.10.29**

(86) **РСТ/EP2019/085715**

(87) **WO 2020/127315 2020.06.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
Р + Д КАРБОН ЛТД (СН)

(72) Изобретатель:
Майер Маркус (СН)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) **US-A-4342637**
US-A-4824543
WO-A1-2018058204
US-A1-2007045104

(57) Анод, в частности анод для использования в алюминиевых электролизерах, содержащий тело анода с первым ниппельным гнездом для вставки ниппеля для соединения с источником напряжения. Анод содержит, по меньшей мере, первый алюминиевый сердечник и второй алюминиевый сердечник, которые расположены внутри тела анода для соединения с источником напряжения. Первое расстояние между первым алюминиевым сердечником и подошвой анода отличается от второго расстояния между вторым алюминиевым сердечником и подошвой анода.

040774

B1

040774

B1

Область техники

Изобретение относится к аноду, в частности, аноду для использования в алюминиевых электролизерах, содержащему тело анода с первым ниппельным гнездом для вставки ниппеля для соединения с источником напряжения, причем анод содержит по меньшей мере первый алюминиевый сердечник и второй алюминиевый сердечник, которые расположены внутри тела анода для соединения с источником напряжения.

Предпосылки изобретения

Когда новый предварительно обожженный анод устанавливается в электролизере, на нижней поверхности (подошве) анода, который погружен в ванну электролита, образуется корка застывшего электролита. Эта корка расплавляется в первый день после установки в электролизере и через анод начинает проходить электрический ток.

Падение напряжения в аноде $U(\text{анода})$ может быть вычислено согласно уравнению (1)

$$U(\text{анода}) = \frac{SER(\text{анода}) * L * I}{A}$$

где $U(\text{анода})$ - падение напряжения;

$SER(\text{анода})$ - удельное электрическое сопротивление анода;

L - высота анода за вычетом половины глубины ниппельного гнезда;

I/A - плотность тока.

Например, при $SER(\text{анода}) = 55 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, $L=0,6 \text{ м}$ и $I/A=0,8 \text{ А}/\text{см}^2$ падение напряжения $U(\text{анода})$ составляет примерно 260 мВ на ранней стадии срока службы анода. Во время процесса электролиза анод расходует, при этом его высота непрерывно уменьшается. Из-за уменьшения высоты анода падение напряжения тоже уменьшается.

По мере расходования анода падение напряжения в аноде непрерывно уменьшается до примерно 50 мВ вследствие уменьшения высоты анода до примерно 0,2 м. Получаемая в результате высота будет составлять примерно $L=0,15 \text{ м}$. Между тем, вследствие более высокой температуры анода при уменьшенной высоте $SER(\text{анода})$ уменьшается до примерно 44 мкОм·м.

Для обеспечения эффективного процесса электролиза падение напряжения $U(\text{анода})$ должно быть как можно меньшим также и на ранней стадии срока службы анода.

Дополнительная проблема в процессе электролиза состоит в достижении оптимизированного распределения плотности тока. Однако вследствие расходования анода размер анода изменяется во время процесса электролиза, при этом изменяется распределение плотности тока.

Сущность изобретения

Задача изобретения состоит в создании анода, относящегося к упомянутой в начале области техники, который обеспечивает уменьшенное падение напряжения, в частности, на ранней стадии срока службы анода. Кроме того, задача изобретения состоит в создании анода, с которым может быть достигнуто оптимизированное распределение плотности тока.

Решение по изобретению характеризуется признаками п.1 формулы изобретения. Согласно изобретению первое расстояние между первым алюминиевым сердечником и подошвой анода отличается от второго расстояния между вторым алюминиевым сердечником и подошвой анода.

На ранней стадии срока службы анода подошва анода погружена в ванну электролита. На этой стадии первый алюминиевый сердечник находится на первом расстоянии от подошвы анода, а второй алюминиевый сердечник находится на втором расстоянии от подошвы анода. Без ущерба для обобщения первое расстояние меньше второго расстояния. Ток будет течь от источника напряжения через ниппель к первому алюминиевому сердечнику, поскольку первый алюминиевый сердечник находится ближе к подошве анода, чем второй алюминиевый сердечник. Поскольку первый алюминиевый сердечник находится ближе к подошве анода, чем ниппель, падение напряжения $U(\text{анода})$ может быть значительно уменьшено.

По мере расходования анода в процессе электролиза первое расстояние $L1$ между первым алюминиевым сердечником и подошвой анода, а также второе расстояние $L2$ между вторым алюминиевым сердечником и подошвой анода снижаются. При расходовании электрода ванна электролита доходит до нижнего конца первого алюминиевого сердечника, при этом расплавленный алюминиевый сердечник будет "выходить" из анода. Теперь ток будет течь ко второму алюминиевому сердечнику, который находится на расстоянии $L2-L1$ от подошвы анода. В этот момент второй алюминиевый сердечник все еще ближе к подошве анода, чем ниппель, за счет чего падение напряжения все еще значительно уменьшено.

Специалистам в данной области техники ясно, что в аноде могут быть размещены дополнительные алюминиевые сердечники, за счет чего может быть получено более двух отличающихся друг от друга расстояний между алюминиевым сердечником и подошвой анода. В частности, могут быть предусмотрены 4, 6, 10 или более разных расстояний, за счет чего падение напряжения может быть дополнительно оптимизировано. Основная цель состоит в достижении на каждой стадии процесса электролиза наименьшего возможного расстояния между алюминиевым сердечником и подошвой анода.

Однако, хотя идеальный анод содержит много алюминиевых сердечников, реальный анод будет иметь меньше алюминиевых сердечников для того, чтобы контролировать затраты на изготовление ано-

да. Выгода от уменьшенного падения напряжения должна быть больше, чем дополнительные затраты на размещение алюминиевых сердечников в аноде. При этом оптимизированный анод будет, вероятно, содержать примерно 4-20, в частности примерно 6-14 алюминиевых сердечников. Однако также возможно наличие более 20 сердечников, в частности, если затраты на изготовление таких анодов не слишком высоки. Когда анод содержит N алюминиевых сердечников, будет существовать от 2 до N различных расстояний между алюминиевыми сердечниками и подошвой анода. В частности, будут иметься несколько групп алюминиевых сердечников, которые отличаются друг от друга по длине, при этом все алюминиевые сердечники из одной группы имеют одинаковую длину и/или одинаковое расстояние до подошвы анода. В качестве альтернативы, вплоть до всех алюминиевых сердечников могут быть расположены так, что расстояния до подошвы анода будут отличаться друг от друга. В дополнительном варианте осуществления может быть выбрано другое распределение длин алюминиевых сердечников для оптимизации падения напряжения.

Предпочтительно алюминиевые сердечники расположены эквидистантно вокруг ниппельного гнезда. В частности, анод может содержать более чем одно ниппельное гнездо, например 2, 3, 4, 5, 6 или более. В этом случае концентрация алюминиевых сердечников между ниппельными гнездами может быть меньше, чем снаружи. Алюминиевые сердечники могут быть расположены в непосредственной близости к ниппельному гнезду, в частности тангенциально по отношению к ниппельному гнезду. В дополнительном варианте осуществления между ниппельным гнездом и алюминиевыми сердечниками может иметься радиальное расстояние, которое перекрыто, например, чугуном или тому подобным. В дополнительном варианте осуществления алюминиевые сердечники расположены равномерно распределенными по всему аноду. Специалист может определить идеальное расположение алюминиевых сердечников в аноде также посредством вычислений или выполнения некоторых экспериментов.

Общее падение напряжения $U(\text{общее})$ на аноде, снабженном алюминиевым сердечником, задано уравнением (2)

$$U(\text{общее}) = U(\text{Al}) + U(\text{анода})$$

где $U(\text{Al})$ - падение напряжения на алюминиевом сердечнике;

$U(\text{анода})$ - падение напряжения в аноде под алюминиевым сердечником;

$U(\text{общее})$ - общее падение напряжения.

Например, как и в аноде без алюминиевого сердечника, при $SER(\text{анода}) = 55 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, $L=0,6 \text{ м}$ и $I/A=0,8 \text{ А/см}^2$ падение напряжения $U(\text{анода})$ составляет примерно 260 мВ на ранней стадии срока службы анода, падение напряжения для анода, содержащего алюминиевый сердечник, может быть уменьшено на величину от примерно 120 до примерно 140 мВ на ранней стадии срока службы анода.

Однако по мере прохождения срока службы анода полученная разница в падении напряжения последовательно снижается. Средний выигрыш в падении напряжения оценивается составляющим одну треть от исходного выигрыша, т.е. 40 мВ в течение всего срока службы анода. Однако выигрыш в падении напряжения может быть еще больше, в частности более 80 мВ, например примерно 100 мВ.

Существуют три опции получения преимуществ от среднего выигрыша в падении напряжения:

Опция 1: уменьшение энергопотребления;

Опция 2: если доступна дополнительная энергия, повышение производительности за счет увеличения тока так, чтобы было получено старое напряжение;

Опция 3: если дополнительная энергия недоступна, увеличение тока так, чтобы сохранялся первоначальный подвод энергии.

В случае опции 1 и предполагаемом выигрыше в падении напряжения, составляющем 40 мВ, уменьшение энергопотребления составляет 0,13 МВт·ч на 1 т Al. В случае опции 2 ток может быть увеличен на 1,5%. В случае опции 3 ток может быть увеличен на 0,5%.

Когда анод устанавливают в электролизер, волна тепла проникает от подошвы и боковых поверхностей в объем анода. При расплавлении корки застывшего электролита под анодом ток будет преимущественно проходить от ниппелей сквозь чугун через алюминиевые прутки и от них через остающуюся подошву анода.

Тепло от работы электролизера увеличит температуру в объеме анода выше температуры плавления алюминия (т.е. 660°C), а значит, алюминий расплавится, но продолжит пропускать ток.

По мере расходования анода в процессе электролиза оставшаяся нижняя часть анода непрерывно уменьшается до тех пор, пока не будет достигнут конец самого глубокого отверстия, заполненного алюминием, в частности, первого алюминиевого сердечника. Когда это произойдет, жидкий алюминий вытечет из этого отверстия. Соответственно, ток будет проходить через оставшиеся отверстия, заполненные алюминием и имеющие меньшую глубину. Это будет повторяться до тех пор, пока не будут достигнуты концы всех отверстий и не вытечет весь алюминий. После этого ток будет проходить через оставшуюся часть анода.

Как упомянуто выше, при использовании алюминиевых сердечников в аноде может быть оптимизировано распределение плотности тока во время процесса электролиза. Поэтому два или более алюминиевых сердечников могут быть выполнены с такими размерами и расположены в аноде так, что уста-

навливается оптимизированное распределение плотности тока.

Предпочтительно длина первого алюминиевого сердечника отличается от длины второго алюминиевого сердечника. При этом в аноде, имеющем подобную кубоиду форму, в частности форму кубоида, все алюминиевые сердечники могут быть расположены в аноде с одинаковым расстоянием до верха анода. При этом электрическое соединение с источником напряжения может быть установлено простым и стандартизированным способом для каждого алюминиевого сердечника. Однако длина обоих, первого и второго, алюминиевых сердечников может быть одинаковой.

Предпочтительно первый алюминиевый сердечник расположен в первом глухом отверстии тела анода и предпочтительно второй алюминиевый сердечник расположен во втором глухом отверстии тела анода, причем первый алюминиевый сердечник и второй алюминиевый сердечник являются, в частности, параллельными друг другу. При этом алюминиевый сердечник может быть легко создан посредством процесса литья. В альтернативных вариантах осуществления алюминиевый сердечник может быть расположен в желобообразном отверстии.

Предпочтительно первый алюминиевый сердечник и второй алюминиевый сердечник расположены перпендикулярно подошве анода. В вариантах, в частности, если подошва электрода неплоская, алюминиевые сердечники могут быть расположены под другим углом относительно подошвы анода.

Предпочтительно анод имеет подобную кубоиду наружную форму, в частности наружную форму кубоида. При этом анод может быть изготовлен простым образом. Однако специалисту известно несколько других наружных форм, пригодных для специальных процессов электролиза.

После формирования и охлаждения "зеленого" анода конические отверстия закупоривают сгораемой пробкой для предотвращения попадания засыпочного материала в коническое отверстие во время обжига анодов.

После обжига конические или цилиндрические отверстия заполняют жидким или твердым алюминием до того уровня, где диаметр увеличивается (см. ниже).

Предпочтительно первое глухое отверстие является коническим или цилиндрическим. В частности, глухое отверстие может быть выполнено посредством процесса формовки или процесса сверления. В случае выполнения посредством процесса сверления предпочтительно цилиндрическое отверстие. В случае выполнения посредством процесса формовки предпочтительно коническое отверстие.

Предпочтительно первое глухое отверстие, содержащее первый алюминиевый сердечник, закупорено пробкой, в частности пробкой, содержащей чугун. При этом алюминиевый сердечник может быть соединен с источником напряжения через ниппель. На первом этапе ниппель может быть вставлен в ниппельное гнездо, а алюминиевый сердечник может быть размещен в глухом отверстии. В качестве второго этапа ниппель заливают чугуном (в зазор между ниппелем и ниппельным гнездом), причем одновременно чугун соединяет алюминиевый сердечник в глухом отверстии и закупоривает глухое отверстие. При этом электрическое соединение и закупоривание глухого отверстия могут выполняться в один этап.

Зона с увеличенным диаметром в верхней части конического или цилиндрического отверстия заполнена чугуном. Когда жидкий алюминий выливается из дна отверстия, чугун в верхней части отверстия служит в качестве пробки для предотвращения эффекта тяги в пустом отверстии.

Аноды сопрягают с траверсой в сборе в анодно-монтажном отделении в соответствии со стандартной процедурой и заливают жидкий чугун в зазор между ниппельными гнездами и ниппелями. При выполнении этой операции жидкий чугун затекает также по наклонной канавке в верхнюю часть отверстия с увеличенным диаметром и сплавляется с нижележащим алюминием. Чтобы улучшить соединение чугуна - алюминия, алюминий может, как вариант, быть подготовлен с дыркой сверху, которая затем заполняется жидким чугуном.

В качестве альтернативы жидкому алюминию в конические или цилиндрические отверстия могут быть вставлены твердые алюминиевые прутки (стержни).

Предпочтительно рядом с головкой анода конические или цилиндрические отверстия имеют увеличенный диаметр. Посредством этого может быть достигнуто улучшенное закупоривание глухого отверстия.

Предпочтительно проем (раскрыв) первого глухого отверстия является смежным с проемом первого ниппельного гнезда. При этом может быть обеспечен более эффективный процесс рециклинга, поскольку чугунное соединение между ниппельным гнездом и глухим отверстием является коротким и поэтому более стабильным. В вариантах проем первого глухого отверстия может находиться на некотором расстоянии от проема первого ниппельного гнезда.

Предпочтительно ось вращения первого глухого отверстия параллельна оси вращения первого ниппельного гнезда. При этом в процессе электролиза ниппель ориентирован параллельно алюминиевому сердечнику. В частности, ось вращения первого глухого отверстия в процессе электролиза предпочтительно перпендикулярна поверхности расплавленного криолита/алюминия. Однако первое глухое отверстие также может быть ориентировано по-другому. Ориентация зависит от размера анода, в частности, если целью является оптимизированное распределение плотности тока.

Предпочтительно ось вращения первого глухого отверстия расположена на расстоянии от оси вра-

шения первого ниппельного гнезда, причем это расстояние меньше удвоенного диаметра первого ниппельного гнезда, в частности, меньше диаметра первого ниппельного гнезда. Однако данное расстояние также может быть больше удвоенного диаметра первого ниппельного гнезда. Размещение в аноде зависит от размера анода, в частности, если целью является оптимизированное распределение плотности тока.

Предпочтительно первая канавка соединяет первое ниппельное гнездо с первым глухим отверстием. Этим может быть упрощен процесс заливки для закупоривания глухого отверстия и соединения алюминиевого сердечника с источником напряжения. Однако такая канавка также может быть исключена.

Предпочтительно первая канавка наклонена от первого ниппельного гнезда к первому глухому отверстию. За счет этого чугун будет затекать в проем глухого отверстия под действием силы тяжести. Однако наклон может быть повернут от глухого отверстия к ниппельному или же может быть исключен.

Предпочтительно алюминиевый сердечник содержит полость, в которую может затекать чугун для обеспечения более плотного соединения с пробкой. Однако полость также может быть исключена.

Предпочтительно, по меньшей мере, второй алюминиевый сердечник расположен внутри тела анода во втором глухом отверстии. За счет этого падение напряжения может быть дополнительно уменьшено. Больше алюминиевых сердечников, расположенных в теле анода, обеспечивает большее уменьшение падения напряжения. Кроме того, распределение плотности тока может быть оптимизировано улучшенным образом.

Вплоть до 18 конических отверстий отформованы в теле "зеленого" анода рядом с ниппельными гнездами. В качестве альтернативы формованным коническим отверстиям вплоть до 18 цилиндрических отверстий могут быть выполнены обработкой резанием после обжига анодов. Однако в теле анода можно выполнить более 18 глухих отверстий. Число глухих отверстий зависит от размера тела анода и числа ниппельных гнезд.

Число конических или цилиндрических отверстий зависит от размера анода и числа ниппельных гнезд.

Конические или цилиндрические глухие отверстия имеют разные глубины до 650 мм и разные диаметры до 100 мм. Размер глухого отверстия зависит от размера тела анода. Распределение анодного тока может быть оптимизировано посредством адаптации диаметра глухих отверстий. Тем не менее, глухие отверстия могут иметь большие глубины и/или большие диаметры.

Предпочтительно второе глухое отверстие соединено с первым ниппельным гнездом посредством второй канавки. В вариантах второе глухое отверстие может быть соединено с первым глухим отверстием посредством второй канавки.

Предпочтительно, первое глухое отверстие длиннее, чем второе глухое отверстие. В вариантах глухие отверстия могут иметь одинаковую длину. Предпочтительно первое глухое отверстие является частью первой группы глухих отверстий, имеющих одинаковую длину и/или одинаковое расстояние до подошвы анода. Предпочтительно второе глухое отверстие является частью второй группы глухих отверстий, имеющих одинаковую длину и/или одинаковое расстояние до подошвы анода.

Предпочтительно первое глухое отверстие имеет меньший диаметр, чем второе глухое отверстие. Когда конец первого глухого отверстия достигает расплава во время процесса электролиза, находящийся в первом глухом отверстии алюминий будет выливаться. Поскольку оставшееся второе глухое отверстие с меньшей длиной имеет больший диаметр, оно может компенсировать потерю алюминиевого сердечника из первого глухого отверстия. Однако диаметр также может быть выбран по-иному.

Предпочтительно по меньшей мере один из следующих параметров сбалансирован для достижения оптимизированного распределения плотности тока при использовании в процессе электролиза алюминия:

- диаметр алюминиевого сердечника;
- длина алюминиевого сердечника;
- расположение алюминиевого сердечника в аноде.

Предпочтительно анод может содержать, по меньшей мере, второе ниппельное гнездо. В частности, анод может содержать несколько ниппелей, расположенных в один или более рядов, и т.п. В вариантах анод может содержать только одно ниппельное гнездо. Предпочтительно каждый ниппель электрически соединен с по меньшей мере одним алюминиевым сердечником. В вариантах один или более ниппелей не соединены электрически с алюминиевым сердечником. Предпочтительно каждый алюминиевый сердечник электрически соединен точно с одним ниппелем. Однако алюминиевый сердечник также может быть электрически соединен с более чем одним ниппелем.

Предпочтительно длина самого длинного алюминиевого сердечника составляет между 60 и 95%, в частности между 70 и 80% высоты тела анода. В вариантах длина самого длинного алюминиевого сердечника может составлять более 95% или менее 60% высоты тела анода.

Предпочтительно длина самого короткого алюминиевого сердечника составляет между 30 и 60%, в частности между 40 и 50% высоты тела анода. В вариантах длина самого короткого алюминиевого сердечника может составлять более 60 или менее 30% высоты тела анода.

В способе изготовления анода, содержащего тело анода с ниппельным гнездом для вставки ниппеля

для соединения с источником напряжения, размещают алюминиевый сердечник внутри тела анода для соединения с источником напряжения.

Предпочтительно после выполнения глухого отверстия в теле анода алюминиевый сердечник размещают в глухом отверстии.

Предпочтительно глухое отверстие и ниппельное гнездо создают на одном этапе посредством формовочного пресса. Альтернативно, глухое отверстие создают посредством процесса сверления.

Предпочтительно глухое отверстие заполняют расплавленным алюминием, предпочтительно расплавленным алюминием, имеющим такое же качество, как и производимый на том электролизном заводе, где используют анод. Альтернативно, также может быть использован алюминий другого качества. Предпочтительно, глухое отверстие заполняют расплавленным алюминием, имеющим высокую чистоту, более предпочтительно с чистотой более 99% по массе. В вариантах глухое отверстие заполняют алюминиевым прутом, предпочтительно алюминиевым прутом, имеющим высокую чистоту, более предпочтительно с чистотой более 99% по массе. Кроме того, глухие отверстия могут быть заполнены алюминиевыми гранулами и нагреты до температуры плавления. Альтернативно, чистота алюминия может быть менее 99% по массе.

В способе производства алюминия электролизом алюминия алюминиевый сердечник анода электрически соединен с источником напряжения.

В конструкции, содержащей анод и ниппель, ниппель вставлен в ниппельное гнездо в теле анода и ниппель находится в электрическом контакте с алюминиевым сердечником.

Другие выгодные варианты осуществления и комбинации признаков станут очевидными из нижеприведенного подробного описания и всей формулы изобретения.

Краткое описание чертежей

Чертежи, используемые для разъяснения вариантов осуществления, показывают

фиг. 1a - вид сверху примера анода;

фиг. 1b - вид в разрезе по фиг. 1a, выполненном по линии А-А и

фиг. 1c - вид в разрезе по фиг. 1a, выполненном по линии В-В.

На фигурах одинаковые компоненты обозначены одинаковыми ссылочными позициями.

Предпочтительные варианты осуществления

Фиг. 1a показывает вид сверху примера анода 1. Анод 1 имеет коробчатую форму. Анод 1 имеет высоту 650 мм, длину 1625 мм и ширину 780 мм. Он содержит три ниппельных гнезда 20, 21, 22 в ряд, имеющих диаметр 190 мм. Ниппель (не показан) имеет диаметр 160 мм. Зазор между ниппелем и ниппельным гнездом заполнен жидким чугуном.

Кроме того, каждое ниппельное гнездо 20, 21, 22 соединено с глухим отверстием посредством канавки. Ниппельное гнездо 20 соединено с тремя глухими отверстиями 30, ниппельное гнездо 21 соединено с четырьмя глухими отверстиями 31, а ниппельное гнездо 22 соединено с тремя глухими отверстиями 32.

Каждое глухое отверстие 30, 31, 32 имеет увеличенный диаметр у верха анода 1. На первом этапе глухие отверстия 30, 31, 32 заполняют алюминием, в частности жидким алюминием или твердыми алюминиевыми прутками. Затем ниппели размещают в ниппельных гнездах 20, 21, 22. Затем зазоры между ниппелями и ниппельными гнездами 20, 21, 22 заполняют жидким чугуном. Чугун течет по канавкам в зону глухих отверстий 30, 31, 32 с увеличенным диаметром. За счет этого устанавливается электрическое соединение между ниппелем и алюминиевым сердечником. Кроме того, глухие отверстия 30, 31, 32 закупориваются.

Фиг. 1b показывает вид в разрезе по фиг. 1a, выполненном по линии А-А. Как можно видеть, длины глухих отверстий 30.1 и 30.2 являются разными. Глухое отверстие 30.1 имеет расстояние L1 до подошвы анода 1, в то время как глухое отверстие 30.2 имеет расстояние L2 до подошвы анода 1. Во время расходования анода 1 будет достигнуто дно глухого отверстия 30.1, при этом алюминиевый сердечник (не показан) вытечет из отверстия 30.1. Ток теперь будет течь ко второму алюминиевому сердечнику в глухом отверстии 30.2. На этой стадии расстояние от второго глухого отверстия 30.2 до подошвы электрода будет составлять L2-L1. Кроме того, длина глухих отверстий 31 и длина глухих отверстий 32 различны. В ходе процесса электролиза ток будет проходить большей частью к самым длинным алюминиевым сердечникам, поскольку там имеется наименьшее сопротивление. Высота анода 1 уменьшается. Сначала будет достигнут конец самого длинного глухого отверстия, вследствие чего алюминий будет выливаться из данного глухого отверстия. Поскольку верхняя часть глухого отверстия закупорена, можно избежать эффекта тяги. Остальные алюминиевые сердечники будут достигнуты и выльются позднее. Наконец, ток будет проходить по ниппелю через оставшуюся часть анода 1.

Фиг. 1c показывает вид в разрезе по фиг. 1a, выполненном по линии В-В. Как можно видеть, глухие отверстия 31, связанные с ниппельным гнездом 21, имеют три разные длины. Они имеют длины, составляющие 500, 400 и 300 мм.

Для достижения оптимизированного распределения тока во время процесса электролиза число и положение ниппельных гнезд, число и положение глухих отверстий и алюминиевых сердечников, а также размеры ниппельных гнезд и глухих отверстий могут быть оптимизированы.

Однако в других вариантах осуществления анод 1 может иметь другие формы, известные специалисту в данной области техники. Глухие отверстия могут иметь другие диаметры. Длина глухих отверстий может варьироваться. Число глухих отверстий, приходящихся на ниппельное гнездо, может варьироваться. Кроме того, число ниппельных гнезд в аноде 1 может варьироваться.

В итоге, следует отметить, что создан анод для получения алюминия посредством процесса электролиза, с которым может быть уменьшено падение напряжения, по меньшей мере на ранней стадии срока службы анода. Кроме того, посредством регулирования диаметра и длины глухих отверстий можно оказывать влияние на распределение тока.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Анод, в частности анод для использования в алюминиевых электролизерах, содержащий тело анода с первым ниппельным гнездом для вставки ниппеля для соединения с источником напряжения, причем анод содержит, по меньшей мере, первый алюминиевый сердечник и второй алюминиевый сердечник, которые расположены внутри тела анода для соединения с источником напряжения, отличающийся тем, что первое расстояние между первым алюминиевым сердечником и подошвой анода отличается от второго расстояния между вторым алюминиевым сердечником и подошвой анода.

2. Анод по п.1, отличающийся тем, что длина первого алюминиевого сердечника отличается от длины второго алюминиевого сердечника.

3. Анод по п.1 или 2, отличающийся тем, что первый алюминиевый сердечник расположен в первом глухом отверстии тела анода и предпочтительно второй алюминиевый сердечник расположен во втором глухом отверстии тела анода, при этом первый алюминиевый сердечник и второй алюминиевый сердечник являются, в частности, параллельными друг другу.

4. Анод по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что первый алюминиевый сердечник и второй алюминиевый сердечник расположены перпендикулярно подошве анода.

5. Анод по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что анод имеет подобную кубоиду форму.

6. Анод по любому из пп.3-5, отличающийся тем, что первое глухое отверстие, содержащее первый алюминиевый сердечник, закупорено пробкой, в частности пробкой, содержащей чугун.

7. Анод по любому из пп.3-6, отличающийся тем, что проем первого глухого отверстия является смежным с проемом первого ниппельного гнезда.

8. Анод по любому из пп.3-7, отличающийся тем, что ось вращения первого глухого отверстия параллельна оси вращения первого ниппельного гнезда.

9. Анод по любому из пп.3-8, отличающийся тем, что первая канавка соединяет первое ниппельное гнездо с первым глухим отверстием.

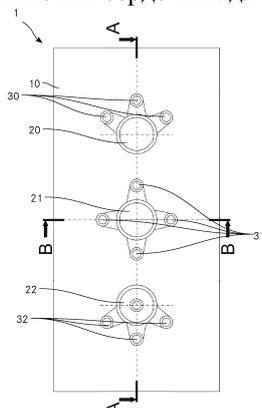
10. Анод по любому из пп.3-9, отличающийся тем, что, по меньшей мере, второй алюминиевый сердечник расположен внутри тела анода во втором глухом отверстии.

11. Анод по п.10, отличающийся тем, что первое глухое отверстие является более длинным, чем второе глухое отверстие.

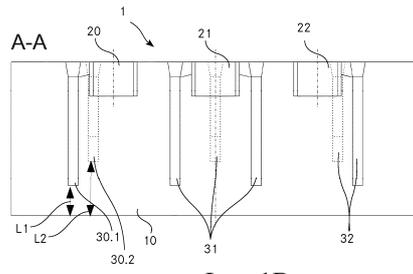
12. Анод по п.10 или 11, отличающийся тем, что первое глухое отверстие имеет меньший диаметр, чем второе глухое отверстие.

13. Анод по любому из пп.1-12, отличающийся тем, что по меньшей мере один из следующих параметров сбалансирован для достижения оптимизированного распределения плотности тока при использовании в процессе электролиза алюминия: диаметр алюминиевого сердечника; длина алюминиевого сердечника; расположение алюминиевого сердечника в аноде.

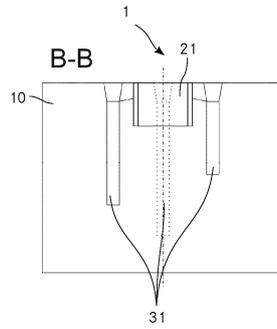
14. Способ изготовления анода, в частности изготовления анода по любому из пп.1-13, содержащего тело анода с ниппельным гнездом для вставки ниппеля для соединения с источником напряжения, при этом внутри тела анода размещают алюминиевый сердечник для соединения с источником напряжения.



Фиг. 1А



Фиг. 1В



Фиг. 1С

