

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035309**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.05.27

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

(21) Номер заявки
201791832

(22) Дата подачи заявки
2016.02.09

**(54) АНОД, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ В ЯЧЕЙКАХ ХОЛЛА-ЭРУ, И СПОСОБ ЕГО
ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

(31) 20150224

(56) WO-A1-2009099335
NO-A-883887
CN-A-102400178
NO-A-933197

(32) 2015.02.13

(33) NO

(43) 2017.12.29

(86) PCT/NO2016/000005

(87) WO 2016/130014 2016.08.18

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
НОРСК ХЮДРО АСА (NO)

(72) Изобретатель:
**Хоп Йорунд, Вее Инге Арилд,
Стефански Гжегож, Лиллеблю Андерс
(NO), Купперс Ханс (DE), Тейген Пер
Джонни, Хьелле Видар (NO)**

(74) Представитель:
Бутузов Ю.В., Фелицына С.Б. (RU)

(57) Анод, предназначенный для использования в процессе электролиза для производства алюминия в ячейках Холла-Эру (Hall-Héroult), причем анод содержит корпус или блок (120; 20) из обожженного углеродсодержащего материала, соединенного с проводником электрического тока, где упомянутый проводник тока соединен с анодной штангой (103; 3) и является частью анодной подвески (101; 1). Проводник тока содержит по меньшей мере одну металлическую подвесную пластину (104; 4, 4') с вертикально расположенными крепежными пластинами (105, 105'''; 5, 5'), по меньшей мере, частично внедренными своими нижними частями в соответствующие выемки (113, 113'''; 13, 13'; 100, 100') в верхней части углеродсодержащего блока (120; 20), а также соединенными посредством механического средства (108; 84, 14, 15) фиксации. Упомянутые выемки шире, чем крепежные пластины, и их заполняют только электропроводящим зернистым материалом. Также описан способ выполнения вырезанной выемки (10) в верхней части анода для механического крепления анодного блока (20) к выступу (8) на проводнике тока.

035309 B1

035309 B1

Настоящее изобретение относится к аноду и способу его изготовления. В частности, изобретение относится к предварительно обожженным анодам для электролитического производства алюминия в электролизных ячейках Холла-Эру.

Обычно предварительно обожженные аноды крепят к ниппелям, образующим часть анодной подвески. В угольном анодном блоке имеются предварительно выполненные отверстия, которые позволяют вставить в них ниппели. Крепление между ниппелем и анодом выполняют путем наливания расплавленного чугуна в кольцевое пространство между каждым отдельным ниппелем и соответствующим отверстием в аноде. Анодная подвеска также содержит поперечину анода с ниппелями, причем поперечина анода также подвешена на анодной штанге, которая своей верхней частью прикреплена к анодной балке. Зачастую между анодной штангой и поперечиной имеется биметаллическое соединение.

Использование расплавленного чугуна имеет некоторые последствия с точки зрения капиталовложений, например, для печей, которые могут расплавить чугун, и соответствующей системы распределения и разливания. В некоторых технологиях ниппели для анода предварительно нагревают.

Обычно предварительно обожженный анод изнашивается после примерно 30 дней пребывания в ячейке вследствие потребления углеродного материала, из которого он состоит. Затем его необходимо заменить. Изношенный анод (огарки) транспортируют на установку, где ниппели анодной подвески очищают путем удаления остаточного материала анода вместе с остатками чугуна. Обычно это выполняют с использованием механических инструментов ударного действия.

Операции для установки нового анода и удаления огарков изношенного анода являются времязатратными и дорогими.

Патент US 4574019 относится к процессу крепления двух анодных блоков к средству анодной подвески, содержащему две лопатки или ниппели, с использованием клейкой массы. Масса должна быть механически прочной и должна обладать хорошими свойствами электропроводности по меньшей мере при температуре от 900 до 1000°C. Клейкая масса может представлять собой смесь твердых веществ, связующего вещества и отвердителя. Твердые вещества могут быть представлены металлическим порошком, например железным, медным или алюминиевым. Размер частиц металла должен быть не более 5 мм. Такой тип контактной массы также описан в EP 0027534.

В соответствии с патентом EP 2242976 A1 заявителя в качестве заполняющего материала применяют электропроводящие частицы только между проводником электрического тока и обожженным углеродсодержащим материалом в аноде. Применение только электропроводящих частиц без упрочняющей матрицы облегчает повторное использование проводящих частиц. Также было продемонстрировано, что снизилось электрическое сопротивление анодов, закрепленных в соответствии с этим решением.

С помощью настоящего изобретения было дополнительно сокращено падение напряжения на аноде благодаря новым конструкциям поперечины.

Во-первых, в одном варианте осуществления поперечина содержит по меньшей мере две дельта-видные подвесные пластины, причем их верхние центральные части прикреплены к нижней части анодной штанги. Нижние части пластин, крепежных пластин, закреплены в выемках, выполненных в верхней части углеродсодержащего анодного блока, и в одном варианте осуществления они могут быть закреплены в соответствии с теми же принципами, что приведены в EP 2242976 A1. То есть посредством сочетания, в котором электропроводящий фиксирующий материал состоит только из проводящих частиц, а проводник электрического тока и корпус из обожженного углеродсодержащего материала соединены различными механическими средствами фиксации.

Пластины поперечины могут быть выполнены из плакированного или композитного материала, предпочтительно слоистой структуры, что дополнительно может снизить падение напряжения, а также поддерживать различные тепловые характеристики. Важным преимуществом является то, что это может привести к меньшим тепловым потерям и меньшему падению напряжения. Можно спроектировать поперечину таким образом, чтобы сделать ее "нейтральной" в отношении теплового баланса в ячейке, заменяя используемую обычно поперечину.

В одном другом варианте осуществления поперечина содержит направленную горизонтально подвесную пластину между анодной штангой и крепежными пластинами. Аналогично подвесная пластина может быть выполнена из плакированного или композитного материала предпочтительно слоистой структуры, что дополнительно может снизить падение напряжения, а также поддерживать различные тепловые характеристики. Это также позволяет легче покрывать анодным футеровочным материалом (АСМ) из-за меньшего числа выступающих элементов.

Важным преимуществом касательно вышеупомянутых конструкций является то, что это может привести к меньшим тепловым потерям и меньшему падению напряжения. Можно спроектировать поперечину таким образом, чтобы сделать ее "нейтральной" в отношении теплового баланса в ячейке, заменяя используемую обычно поперечину.

Также поперечина в соответствии с изобретением будет обладать хорошими механическими свойствами и поддерживать отличную стабильность.

Эти и другие преимущества будут достигаться посредством изобретения, заданного в прилагаемой формуле изобретения.

Настоящее изобретение будет дополнительно описано ниже с использованием фигур и примеров, на которых

на фиг. 1 приведен вид в перспективе первого варианта осуществления анодной подвески с поперечиной и анодной штангой;

на фиг. 2 показана анодная подвеска, приведенная на фиг. 1, с одной стороны;

на фиг. 3 показана анодная подвеска, приведенная на фиг. 1, на фронтальном виде;

на фиг. 4 показана анодная подвеска, как на фиг. 3, установленная в угольном анодном блоке;

на фиг. 5 показана анодная подвеска, установленная в угольном анодном блоке, как на фиг. 4, если смотреть с одной стороны на виде в разрезе;

на фиг. 6 показан вид сверху анодной подвески, установленной в угольном анодном блоке, как на фиг. 5, если смотреть сверху;

фиг. 7 частично соответствует увеличенному виду области, выделенной кружком А на фиг. 6;

фиг. 8 показан частично увеличенный вид области, выделенной кружком В на фиг. 4;

на фиг. 9 на виде в перспективе показан полностью собранный анод;

на фиг. 10 показана альтернативная конструкция механического средства фиксации на виде в поперечном сечении с одного конца;

на фиг. 11 показана та же альтернативная конструкция, что и на фиг. 10, на виде сверху;

на фиг. 12 показана та же альтернативная конструкция, что и на фиг. 10, на виде в поперечном сечении с одной стороны;

на фиг. 13 показан сравнительное испытание на падение напряжение на одном аноде в соответствии с настоящим изобретением и на аноде существующего уровня техники;

на фиг. 14 на виде в перспективе показан второй вариант осуществления анодной подвески с поперечиной, содержащей горизонтальную подвесную пластину и вертикальные крепежные пластины;

на фиг. 15 показан анодный блок, обработанный и подготовленный для закрепления поперечины;

на фиг. 16 на виде в перспективе показана анодная подвеска, у которой имеется поперечина, содержащая одну горизонтальную подвесную пластину, закрепленную в анодном блоке;

на фиг. 17 показано испытание на падение напряжение на одном аноде в соответствии с настоящим изобретением с горизонтальной подвесной пластиной.

Как показано на фиг. 1, на виде в перспективе приведена анодная подвеска 1 с поперечиной 2 и анодной штангой 3. Анодную штангу обычно выполняют из алюминия или его сплава, и она предпочтительно имеет прямоугольное поперечное сечение.

Поперечина, в принципе, может состоять из четырех частей: двух дельтавидных подвесных пластин 4, 4' и двух крепежных пластин 5, 5', которые соединены между собой подвесными пластинами соответственно. Подвесные пластины 4, 4' и крепежные пластины 5, 5' могут быть выполнены из листовой стали соответствующего качества, и они могут быть соединены между собой посредством сварки или с помощью любого другого подходящего средства.

Тем не менее, в одном варианте осуществления крепежная пластина 5 и подвесная пластина 4 могут быть выполнены из одного куска металлической пластины, например из листа стали, посредством соответствующей обработки, такой как резка и, возможно, сгибание (не показано).

Следует понимать, что применение терминов "крепежная пластина" и "подвесная пластина" в этом документе также может относиться к частям такой завершенной пластины, либо изготовленной из одного листа, как упомянуто выше, либо из двух листов, а именно в виде подвесной пластины 4, интегрированной с крепежной пластиной 5. Завершенные пластины поперечины, изготовленные любым способом, обозначены как 54, 54'.

Выступы 8, 8' расположены на крепежной пластине 5 для взаимодействия с выемками, выполненными на верхней части анода. Также выполнены выемки, позволяющие вставлять крепежные пластины в верхнюю часть анода. Это будет объяснено ниже. Аналогичные выступы расположены на крепежной пластине 5' (не показаны).

Также верхние части подвесных пластин 4, 4' прикреплены к нижней части анодной штанги 3. Чтобы обеспечить низкое падение напряжения между анодной штангой 3 и поперечиной 2, соединительные элементы 6, 6', обладающие хорошей электропроводностью, могут быть установлены так, чтобы находиться в электрическом контакте с анодной штангой 3 и каждой подвесной пластиной 4, 4'.

На фиг. 2 показана анодная подвеска 1 с одной стороны. Анодная штанга 3 соединена с подвесной пластиной 4 посредством нескольких соединительных элементов 6, 6', 7, 7', 7'', 9. Соединительные элементы 7, 7', 7'' могут представлять собой часть стального листа из биметалла или трехслойного металла, обращенного к подвесным пластинам 4, 4'. Соединительные элементы 6, 6' предпочтительно выполнены из алюминия, чтобы увеличить площадь контакта между анодной подвеской 3 из алюминия и биметаллическим соединением или соединением из трехслойного металла. Соединительный элемент 9 выступает в качестве алюминиевой части биметалла или трехслойного металла. В случае трехслойного металла соединительная пластина, представленная тонким листом титана, дополнительно расположена между соединительным элементом 9 и 7 (и аналогично на соединении 3-7'' и 6'-7'').

Соединительные элементы предпочтительно обладают хорошей электрической проводимостью, а

также определенной механической прочностью.

Биметаллический элемент, в принципе, будет иметь две зоны контакта материалов, совместимых с материалами в анодной штанге 3 и подвесных пластин 4, 4' соответственно. Соединительный элемент из трехслойного металла, кроме того, будет содержать третий металл, который допускает должное функционирование соединения при высоких значениях температуры.

Например, соединительный элемент из трехслойного металла может состоять из детали, выполненной из материала, содержащего сталь, титан, алюминий.

Кроме того, на фигуре более подробно показаны выступы 8, 8" в крепежной пластине 5, предназначенные для взаимодействия с соответствующими выемками на верхней части анода. Выступы могут иметь, по существу, прямоугольную или круглую форму поперечного сечения.

На фиг. 3 на виде спереди показана анодная подвеска 1, изображенная на фиг. 1, где две подвесные пластины 4, 4' с соответствующими крепежными пластинами 5, 5' прикреплены к анодной штанге 3. В зоне контакта между этими деталями показан соединительный элемент 6'. В нижней части крепежных пластин 5, 5' показаны выступы 8, 8'. Эти выступы в этом примере имеют прямоугольную форму и могут проникать в крепежные пластины 5, 5' так, что они оба выступают наружу и внутрь относительно крепежных пластин.

На фиг. 4 показана анодная подвеска 1, как на фиг. 3, установленная в угольный анодный блок 20, где имеются первые выемки 13, 13' (щели или пазы), направленные в направлении длины анодного блока, в которые могут входить крепежные пластины 5, 5' на некоторую глубину вставки. Кроме того, выступы 8, 8', выполненные на крепежных пластинах 5, 5', совпадают с соответствующими выемками 10, 10' в анодном блоке 20. Подробности касательно выделенной кружком области В будут объяснены ниже при описании фиг. 8. Анодный блок может иметь щели 21, 22, открытые вниз, предназначенные для отвода анодного газа, и имеет консольные внешние поверхности 23 в области углов.

На фиг. 5 показан вид с одной стороны в поперечном сечении анодной подвески 1, вставленной в угольный анодный блок 20, как на фиг. 4, где анодная штанга 3 прикреплена к подвесной пластине 4, при этом крепежная пластина 5 и выступы 8, 8" сцеплены с соответствующими вырезанными выемками 10, 10", выполненными в анодном блоке 20. Крепежная пластина 5 вставлена в выемку 13. Анодный блок имеет консольные поверхности 23, 23'. Подробности касательно выступа 8" и выемки 10" показаны на фиг. 6 и 7.

На фиг. 6 на виде сверху показана анодная подвеска, вставленная в угольный анод, как показано на фиг. 5, где анод 20 имеет выемки 10, 10", 10', 10". Части поперечины имеют выступы 8, 8", 8', 8"', которые вставлены в выемки. Выемки могут быть выполнены с применением инструмента фрезерования по кругу, например, имеющего вид небольшой "дисковой пилы", осевой и радиальные резцы которой выполнены из поликристаллического алмаза (PCD), а также расположенной на достаточно длинной оси, что позволяет инструменту выполнять отверстие путем направленного вниз движения на первом этапе и вырезать выемку на последующем этапе обработки, когда инструмент перемещают вдоль длинной оси анодного блока (20).

На фиг. 7, на которой показаны увеличенные детали выделенной кружком области, обозначенной через А на фиг. 6, крепежная пластина 5 с выступом 8" сначала входит в зацепление с верхней открытой частью 11" выемки 10" анодного блока 20, а затем перемещается горизонтально и дополнительно входит в зацепление с верхней закрытой или вырезанной частью выемки 10" анодного блока 20. Это позволяет подвесить анодный блок 20 на поперечине посредством вырезанных выемок 10, 10', 10", 10" и выступов 8, 8', 8", 8"'. Это означает, что эти механические средства фиксации несут вес анодного блока 20.

Фиг. 8 частично соответствует увеличенному виду области, выделенной кружком В на фиг. 4, и на ней более подробно показаны выемки 13 и 10. На ней показана первая открытая сверху часть или отверстие 11, аналогичное показанному на фиг. 7, которое было выполнено в соответствующем месте выемки 13. Кроме того, выемка 10 имеет выточку и два фланца 12, 12'. Когда крепежная пластина 5 вставлена в выемку 13, а выступ 8, расположенный на крепежной пластине 5, вставлен в отверстие 11 и дополнительно сдвинут внутрь вырезанной части (закрытой сверху части) выемки, как показано на фигуре, она останется в этом положении и будет способна нести вертикальные нагрузки, оказываемые анодным блоком 20 посредством фланцев 12, 12', выполненных в анодном блоке. В то же время выступы 8, 8', 8" войдут в соответствующие выемки 10, 10', 10" соответственно, см. фиг. 5 и 6.

На фиг. 9 показан анод в сборе с анодной штангой 3, подвесными пластинами 4, 4', крепежными пластинами 5, 5', выемками 13, 13', отверстиями 11, 11" (частично) и анодным блоком 20.

После этого этапа крепления электропроводящими частицами заполняют пустоты между крепежными пластинами и выемками в анодном блоке, и на металлические части на верхней части анода в качестве защиты от коррозии может быть нанесена изоляционная масса (не показана).

Выступ 8, 8", 8', 8" в вышеприведенных примерах может состоять из цилиндрических стержней, которые проходят в отверстие через крепежные пластины. Эти стержни могут быть закреплены посредством пресовой посадки, и они обеспечивают возможность простого удаления и замены.

В качестве альтернативы форма выступов может быть уплощенной, т.е. может иметь более протяженную плоскую поверхность, взаимодействующую с выемкой в аноде. Это позволит распределить на-

грузки, оказываемые анодным блоком, по большей площади. В одном варианте осуществления выступы могут состоять из штифтов, которые приварены с наружной и/или с внутренней стороны соответствующей крепежной пластины.

На фиг. 10 на виде в поперечном сечении с одной стороны показана альтернативная конструкция механического средства фиксации, в которой в нижней части анодного блока 20 имеются щели 21, 22, а выемки 100, 100' выполнены в верхней его части. В выемки вставлены две крепежные пластины 5, 5' соответственно, и для крепления пластин поперечины к анодному блоку применены болты 14, 15. Болты 14, 15 проходят через отверстия в крепежных пластинах 5, 5' и крепятся в выполненных выемках или отверстиях в анодном блоке. Болты могут иметь резьбу, и соответствующая резьба может быть выполнена в крепежной пластине и/или отверстиях в анодном блоке 20.

Кроме того, в верхних частях подвесных пластин 4, 4' имеется дополнительный листовый материал 16, 17, обладающий более хорошей электропроводностью, такой как медь или соответствующий медный сплав, что существенно сократит падение напряжения в этом узле. Дополнительный листовый материал может представлять собой либо плакированный материал, либо материал, электрически интегрированный с пластинами поперечины с использованием другого средства. Дополнительный листовый материал также может служить для оптимизации тепловых потерь от поперечины.

Также показаны подробности соединения между подвесными пластинами 4, 4' и анодной штангой 3. На фигуре показано две усиливающие детали 27, 28, которые предпочтительно могут быть приварены к подвесным пластинам 4, 4'. Усиливающие детали предпочтительно выполнены из металлического материала, такого как сталь, и усиливают боковую устойчивость поперечины. Это также сократит падение напряжения между анодной штангой и поперечиной.

Кроме того, показаны пластины 18, 19, 26 из трехслойного металла, расположенные между подвесными пластинами 4, 4' и анодной штангой 3, аналогично показанными на фиг. 2.

На фиг. 11 на виде сверху показана та же самая альтернативная конструкция, что и на фиг. 10, где крепежные пластины 5, 5' прикреплены к анодному блоку 20 посредством болтов 14, 14', 14" и 15, 15', 15".

На фиг. 12 на виде в поперечном сечении с одной стороны показана та же альтернативная конструкция, что и на фиг. 10 и 11, где в нижней части анодного блока 20 имеется щель 21, и крепежная пластина 5 вставлена сверху. Крепежная пластина закреплена посредством болтов 14, 14' и 14". Плакированный листовый материал обозначен ссылочной позицией 16, а анодная штанга обозначена ссылочной позицией 3.

Соединение из трехслойного металла обозначено ссылочными позициями 18, 19, 26.

Размеры подвесных и крепежных пластин зависят от того, замену какой поперечины выполняют.

Например, по сравнению с поперечиной с четырьмя ниппелями $\varnothing 180$ мм зона контакта с углеродом удвоена. Крепежная пластина толщиной 20 мм сократит поперечное сечение теплопроводной стали на 50%.

Это означает, что при сокращении тепловых потерь жертвуют падением напряжения, но падение напряжения все еще ниже, чем для поперечины с ниппелями, вследствие 100%-ного увеличения зоны контакта между поперечиной и углеродом и большим поперечным сечением биметалла.

Увеличение поперечного сечения пластин приведет к увеличению тепловых потерь и сокращению падения напряжения, что выгодно для увеличения силы тока в ячейке.

Уменьшение размеров приведет к сокращению тепловых потерь и росту падения напряжения, и это может быть выгодно для сокращения межполюсного пространства.

Подвесные пластины могут быть выполнены из стального материала толщиной 35 мм в случае, если в этой части нет плакированного или композитного материала. Крепежная пластина может быть выполнена из того же материала толщиной 20 мм.

В одном варианте осуществления толщина плакированного медного (Cu) материала может составлять 8 мм, в то время как толщина стальной подвесной пластины 20 мм. Крепежная пластина может иметь толщину 20 мм.

Поперечины с крепежными пластинами, толщина которых меньше, чем толщина подвесных пластин, показали положительные результаты касательно сокращения тепловых потерь через анодную поперечину.

В нераскрытом варианте осуществления может применяться более двух пластин поперечины с соответствующими щелями в анодном блоке. Например, могут применять центральную пластину поперечины, расположенную между двумя показанными на фигурах.

На фиг. 13 показано сравнительное испытание на падение напряжение на одном аноде в соответствии описанным выше вариантом осуществления, имеющем две подвесные/крепежные пластины, названные "с парной установкой" (нижняя кривая) и на эталонном аноде существующего уровня техники с поперечиной, имеющей ниппели, и в котором на верхней части анода выполнены отверстия, а крепление выполнено с использованием литейного чугуна (верхняя кривая). На фигуре кривые были выполнены более пригодными для печати путем черчения вручную. Измерение падения напряжения выполнено в соответствующих местах на анодной штанге и на верхней части анода.

Кривые показывают падение напряжения (вертикальная ось) в зависимости от времени после запуска в электролизной ячейке.

Из верхней кривой, соответствующей эталонному аноду, видно, что среднее падение напряжения составляет примерно 200 мВ после стабилизации прохождения тока.

Из нижней кривой, относящейся к аноду в соответствии с изобретением, падение напряжения стабилизировалось на уровне примерно 120 мВ.

Было проведено другое сравнительное испытание между 8 анодами в соответствии с изобретением, таким как описанный выше (с парной установкой), и 8 стандартными анодами, где было измерено и усреднено среднее электрическое сопротивление в течение периода работы (от нового до использованного) (смотри таблицу).

Электрическое сопротивление анода с парной установкой
по сравнению с эталонным анодом

Тип подвески	Среднее электрическое сопротивление за цикл								Среднее электрическое сопротивление Ом x E-5
	Ом x E-5								
Изобретение С парной установкой	1,35	1,23	1,47	1,4	1,5	1,76	1,56	1,51	1,47 ± 0,16
Эталон	2,12	2,34	2,32	2,03	2,12	2,33	2,06	2,23	2,19 ± 0,13

Другой вариант осуществления изобретения показан на фиг. 14, где на виде в перспективе показана анодная подвеска 101 с горизонтально расположенной подвесной пластиной 104 и пятью крепежными пластинами 105, 105', 105", 105"', 105'''''. Крепежная пластина 105'''''' имеет два выступа 108" и 108'''. Аналогично, крепежная пластина 105 также имеет два выступа 108, 108' (не показаны). Эти четыре выступа совпадают с соответствующими выемками в анодном блоке, и за них можно подвесить блок.

Как на фиг. 1, показаны соединительные элементы 106, 106', 106" между анодной штангой и подвесной пластиной. Соединительные элементы могут быть биметаллическими и/или из трехслойного металла.

Также показана вставка 144 между анодной штангой 103 и подвесной пластиной 104. Вставка может давать преимущество в том, что она отделяет соединительные элементы от теплоты и газов, получаемых в процессе электролиза. Вставка 144 может быть выполнена из металлического материала, такого как сталь, и может быть приварена к подвесной пластине. Тем не менее, в одном варианте осуществления подвесная пластина может быть соединена с анодной штангой посредством соединительных элементов без какой-либо вставки 144 (не показано). В другом варианте осуществления (не показан) вставка 144 может быть выполнена из нескольких листов электропроводящего материала и также может быть устроена так, что листы ограничивают газонепроницаемое пространство, которое может быть заполнено теплоизоляцией. Аналогичную конструкцию можно применить для подвесных пластин 4, 4' в первом примере. Одно преимущество этого решения может заключаться в том, что можно уменьшить и, возможно, устранить необходимость покрывать верхнюю часть анода футировочным материалом.

На фиг. 15 на виде в перспективе показан анодный блок 120, обработанный и подготовленный для закрепления анодной подвески 101. В этом анодном блоке 120 выполнено пять выемок 113, 113', 113", 113"', 113''''', в которые можно вставить соответствующие крепежные пластины, упомянутые выше. Кроме того, аналогично показанному на фиг. 7, показаны/обозначены отверстия 111, 111', 111", 111"' и вырезанные выемки 110, 110', 110", 110''', предназначенные для вставки соответствующих выступов 108, 108', 108", 108"' на внешних крепежных пластинах 105, 105'''''' и для того, чтобы нести вес анодного блока 120.

На фиг. 16 на виде в перспективе показан анод с анодной подвеской, содержащей одну анодную штангу 103, соединительные элементы 106, 106', 106'', вставку 144, подвесную пластину 104, закрепленную в анодном блоке 120.

Следует понимать, что анодный блок может быть прикреплен к проводнику электрического тока посредством костыля, болта или подобного элемента, соединяющего между собой крепежные пластины (105, 105''''') и анодный блок (120).

Во время этапов крепления электропроводящими частицами заполняют пустоты между крепежными пластинами и выемками в анодном блоке, и на металлические части на верхней части анода в качестве защиты от коррозии может быть нанесена изоляционная масса (не показана).

Выступ 108, 108", 108', 108'''''' в вышеприведенных примерах может состоять из цилиндрических стержней, которые проходят в отверстие через крепежные пластины. Эти стержни могут быть закреплены посредством прессовой посадки, и они обеспечивают возможность простого удаления и замены.

В качестве альтернативы форма выступов может быть уплощенной, т.е. может иметь более протяженную плоскую поверхность, взаимодействующую с выемкой в аноде. Это позволит распределить нагрузки, оказываемые анодным блоком, по большей площади. В одном варианте осуществления выступы могут состоять из штифтов, которые приварены с наружной и/или с внутренней стороны соответствующей крепежной пластины.

На фиг. 17 показано испытание на падение напряжения на одном аноде в соответствии с настоящим

изобретением (нижние кривые) с горизонтальной подвесной пластиной в сравнении с обычным стандартным анодом (верхняя кривая). Видно, что падение напряжения можно сократить при сопротивлении примерно 12 мкОм относительно обычного стандартного анода (нижние кривые).

Кроме того, плакированный или композитный материал, нанесенный на подвесные пластины, может быть защищен экраном или любым другим подходящим средством, чтобы предотвратить износ. Подходящим может быть экран, выполненный из стального листа, который покрывает плакированный или композитный материал.

Следует понимать, что основная часть выемок в верхней части анода для крепежных пластин может быть выполнена тогда, когда анод находится в необработанном состоянии, т.е. до его обжига. Основная часть выемок также может быть выполнена посредством устройства прорезания пазов в аноде, например, как показано в публикации заявителя EP 1781441 A1.

Действуя таким образом, можно откалибровать выемку посредством вращающегося обрабатывающего инструмента, либо имеющего форму, дополнительную к конечной форме выемки, либо имеющего размеры меньше, чем у конечной формы. Инструмент может быть устроен так, чтобы подходить для станка с ЧПУ типа CNC или аналогичного станка, тем самым, механическая обработка (обработка) будет выполняться автоматически. В процессе механической обработки выполняют открытые сверху выемки, а затем тот же инструмент или любой другой подходящий инструмент перемещают вдоль выемки внутри верхней части анода, чтобы выполнить закрытые выемки с несущими нагрузку фланцами 12, 12'.

Следует понимать, что электропроводящие твердые вещества или частицы могут быть выполнены из любого подходящего металла, такого как сталь, железо, медь, алюминий и т.д. или из их сплавов. Кроме того, форма твердых веществ может быть сферической, овальной или эллиптической, чешуйчатой или они могут иметь любую подходящую форму. Размер и распределение частиц могут меняться. Максимальный размер, в общем, будет ограничен пространством, которое надо заполнить. Неравномерное распределение размеров частиц может быть удобным для того, чтобы получить настолько компактное заполнение, насколько это возможно при небольшом пространстве между частицами.

Помимо обладания хорошими свойствами электропроводности, нанесенный материал должен обладать хорошими механическими свойствами (свойствами дробления), должен быть способен выдерживать высокие температуры. Магнитные свойства могут являться преимуществом для переработки на установке обработки огарков.

Кроме того, размер упомянутых твердых веществ может принимать значение от 0,1 мм до значения, близкого к минимальному зазору (пространству) между крепежными пластинами и стенками выемок в анодном блоке. Обычно размер может быть до 10 мм.

Электропроводящие частицы могут хранить в контейнере или в подходящем хранилище в большем количестве, чем необходимо для заполнения выемки в аноде. Трубка, прикрепленная к этому контейнеру с клапаном и соответствующим отверстием, обращенным к щели, может регулировать должное количество частиц, подаваемое в щель. Таким образом, транспортировка и распределение могут осуществляться посредством подачи под действием силы тяжести. При заполнении можно выполнять вибрацию, чтобы получить более компактное заполнение. Может вибрировать анодный блок и/или балка пластины поперечины. В качестве альтернативы в выемку, заполненную проводящими частицами, может быть помещен вибрирующий шток, чтобы создать вибрацию непосредственно в материале заполнителя.

Кроме того, может быть применена широко используемая изоляционная паста для анодов или другое защитное вещество, чтобы создать герметизирующий и защитный слой над электропроводящими частицами.

Изношенные аноды обычно можно обработать на очистной установке, где огарки удаляют из поперечины (после удаления материала покрытия анода). Предпочтительно огарки разламывают так, что они разваливаются в основном на несколько больших кусков, разделенных вдоль направления фиксации. В противном случае они могут быть раздроблены или выбиты из подвески. Огарки обычно подают на конвейер.

В случаях, когда в качестве заполняющего материала были применены магнитопроводящие частицы, поперечину анода предпочтительно намагничивают с помощью соответствующего средства, в результате чего частицы будут притягиваться к поперечине во время удаления огарков.

После удаления огарков поперечину предпочтительно перемещают в другую часть очистной установки для восстановления заполняющего материала. Затем поперечину можно размагнитить, чтобы позволить частицам отстать. Оставшиеся частицы на ранее внедренной части поперечины можно удалить простыми механическими способами, такими как соскабливание, так как частицы легко удаляются.

В качестве конечного этапа очистки ранее внедренная часть поперечины может быть подвергнута струйной обработке (например, пескоструйной обработке) предпочтительно с помощью частиц того же типа, которые совместимы с фактическим заполняющим материалом, таким как железо, сталь или любой другой электропроводящий материал. Помимо этого пескоструйная обработка может осуществляться песком, глиноземом или любым другим соответствующим материалом.

Следует понимать, что немагнитные заполняющие материалы также можно восстановить и использовать повторно, даже если технология удаления и восстановления будет несколько отличаться от опи-

санной выше. Для отделения огарков от заполняющего материала может быть использовано что-то вроде сита.

Восстановленный заполняющий материал может удаляться в виде кластеров частиц. Эти кластеры может потребоваться измельчить до более или менее отдельных частиц, чтобы использовать повторно в качестве заполняющего материала, определяемого просветом фактической выемки, которую надо заполнить. Измельчение может быть выполнено путем приспособления обычного устройства.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Анод для использования в процессе электролиза для производства алюминия в ячейках Холла-Эру, причем анод содержит корпус или блок (120; 20) из обожженного углеродсодержащего материала, соединенного с проводником электрического тока, причем упомянутый проводник тока соединен с анодной штангой (3), а также является частью анодной подвески (101; 1), при этом проводник тока внедрен в выемку на верхней части упомянутого углеродсодержащего блока (120; 20), причем ширина выемки больше ширины проводника, и она заполнена только электропроводящим зернистым материалом, при этом проводник тока и блок из обожженного углеродсодержащего материала соединены с помощью механического средства фиксации,

отличающийся тем, что

проводник тока содержит по меньшей мере одну металлическую подвесную пластину (104; 4, 4') из металлического материала и имеет по меньшей мере две крепежные пластины (105, 105''''; 5, 5'), по меньшей мере, частично внедренные своими нижними частями в соответствующие выемки (113, 113''''; 13, 13') в верхней части углеродсодержащего блока (120; 20), при этом толщина крепежных пластин (105, 105''''; 5, 5') меньше, чем толщина по меньшей мере одной подвесной пластины (104; 4, 4'),

причем по меньшей мере одна подвесная пластина (104; 4, 4') электрически соединена с анодной штангой (103; 3) своей верхней частью, а также по меньшей мере одна подвесная пластина (104; 4, 4') соединена с анодной штангой (103; 3) посредством одного или нескольких соединительных элементов (106, 106'; 6, 6', 7, 7', 7'', 9), являющихся биметаллическим соединительным элементом или триметаллическим соединительным элементом, при этом по меньшей мере один из соединительных элементов (106, 106''; 6, 6') выполнен с возможностью увеличения площади контакта между анодной штангой (103; 3) и биметаллическим или триметаллическим соединением.

2. Анод по п.1, отличающийся тем, что по меньшей мере один из соединительных элементов (106, 106''; 6, 6') представляет собой соединение из трехслойного металла треугольной формы, причем одна часть соединена с вертикальной поверхностью анодной штанги (103; 3), а другая часть соединена с верхней частью подвесной пластины (104; 4, 4').

3. Анод по п.1, отличающийся тем, что подвесные пластины (104; 4, 4') выполнены из композитного или плакированного материала, где, по меньшей мере, верхние части подвесных пластин обладают сравнительно более хорошей электропроводностью по сравнению с нижними частями.

4. Анод по п.1, отличающийся тем, что имеется одна горизонтально расположенная подвесная пластина (104), у которой на нижней поверхности имеется две или несколько вертикально расположенные крепежные пластины (105, 150''').

5. Анод по п.1, отличающийся тем, что подвесная пластина (104) соединена с анодной штангой (103) через одну вставку (144).

6. Анод по п.1, отличающийся тем, что имеется по меньшей мере две вертикально расположенные подвесные пластины (4, 4'), которые своими нижними концами соединены с крепежными пластинами (5, 5') соответственно.

7. Анод по п.1, отличающийся тем, что электропроводящий зернистый материал содержит частицы, имеющие сферическую форму.

8. Анод по п.1, отличающийся тем, что электропроводящий зернистый материал содержит частицы, имеющие овальную или эллиптическую форму.

9. Анод по п.1, отличающийся тем, что электропроводящий зернистый материал содержит магнитные частицы.

10. Анод по п.1, отличающийся тем, что электропроводящий зернистый материал содержит частицы, выполненные из железа или железного сплава.

11. Анод по п.1, отличающийся тем, что электропроводящий зернистый материал содержит частицы, выполненные из стали или стального сплава.

12. Анод по п.1, отличающийся тем, что анодный блок прикреплен к проводнику электрического тока посредством костыля, болта или подобного элемента, соединяющего между собой крепежные пластины (105, 105''''; 5, 5') и анодный блок (120; 20).

13. Анод по п.1, отличающийся тем, что анодный блок прикреплен к проводнику тока с помощью выступающего средства фиксации (108, 108', 108'', 108'''; 8, 8', 8'', 8''') на крепежных пластинах (105', 105''''; 5, 5') и вырезанных выемок (110, 110', 110'', 110'''; 10, 10', 10'', 10'''), расположенных в аноде (120; 20).

14. Анод по п.1, отличающийся тем, что материал в верхней части подвесных пластин (104; 4, 4') содержит медь (Cu).

15. Анод по п.1, отличающийся тем, что металлический материал подвесных пластин (104; 4, 4') является сталью.

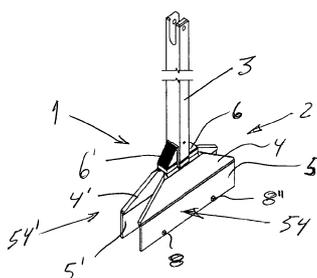
16. Анод по п.1, отличающийся тем, что металлический материал крепежных пластин (105; 5, 5') является сталью.

17. Способ изготовления анода по любому из пп.1-16, предназначенного для использования в процессе электролиза для производства алюминия в ячейках Холла-Эру, причем анод содержит корпус или блок (20) из обожженного углеродсодержащего материала, соединенного с пластинчатым проводником электрического тока, причем упомянутый проводник тока электрически соединен с анодной штангой (3) на одном конце, а также внедрен в выемку (13) на верхней части упомянутого углеродсодержащего блока (120; 20) на другом конце, причем ширина выемки больше ширины проводника, и она заполнена только электропроводящим зернистым материалом, причем анодный блок механически прикреплен к проводнику тока с помощью выступающего механического средства (8'') фиксации, расположенного на проводнике тока, а также соответствующего вырезанной выемке (10''), расположенной в анодном блоке,

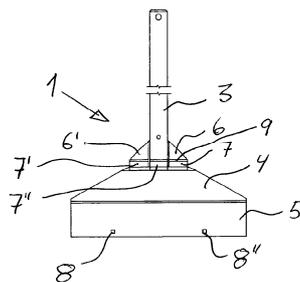
отличающийся тем, что

выемку (13) получают посредством выполнения вытянутой щели или канавки на верхней части анодного блока (20), затем выполняют отверстие (11) в соответствующем месте выемки (13), применяя вращающийся инструмент обработки, причем отверстие шире, чем выемка (13), и, тем самым, задают точку входа выступающего средства (8) фиксации, после чего в выемке (13) выполняют вырезанную выемку (10) с фланцами (12, 12') путем перемещения инструмента обработки вдоль упомянутой выемки (13) внутри анодного блока (20).

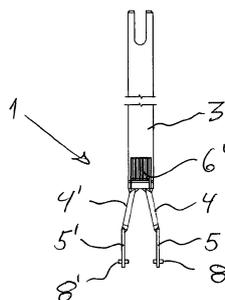
18. Способ по п.17, отличающийся тем, что вращающийся инструмент обработки предназначен для выполнения отверстия (11) и вырезанной выемки (10) в обожженном углеродсодержащем материале путем обработки в осевом направлении, после которой следует обработка в радиальном направлении.



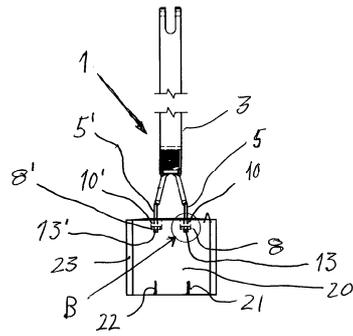
Фиг. 1



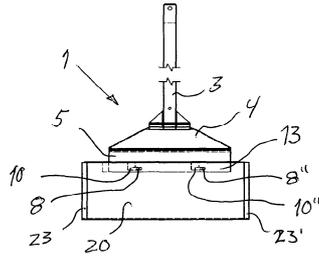
Фиг. 2



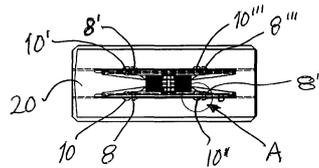
Фиг. 3



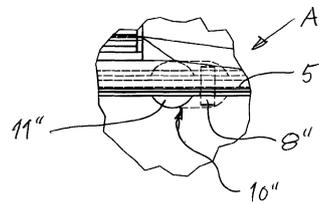
Фиг. 4



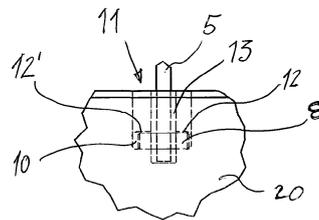
Фиг. 5



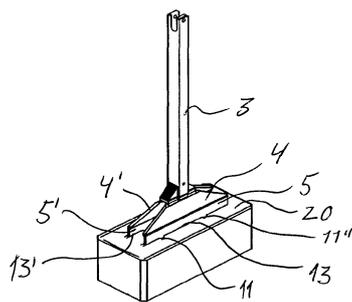
Фиг. 6



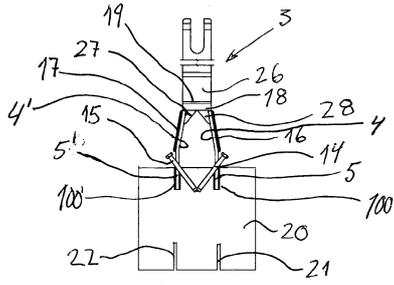
Фиг. 7



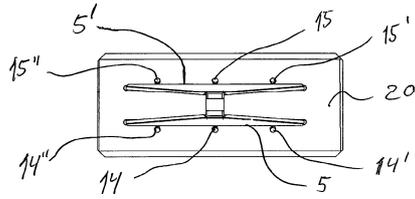
Фиг. 8



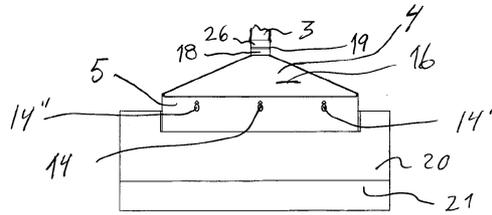
Фиг. 9



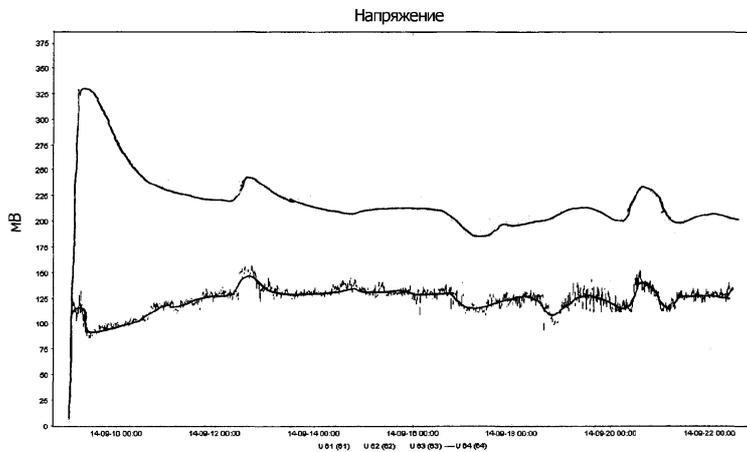
Фиг. 10



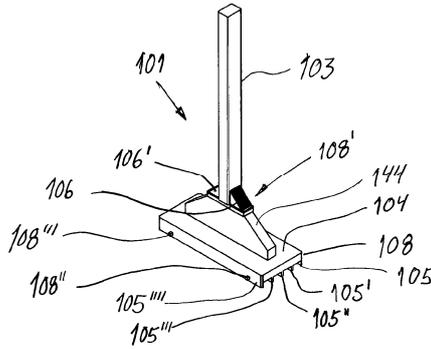
Фиг. 11



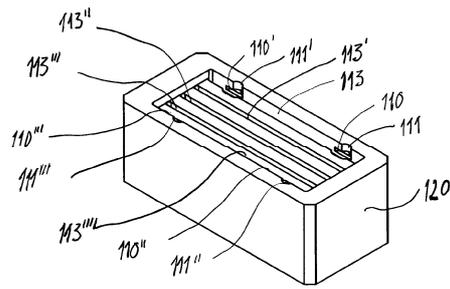
Фиг. 12



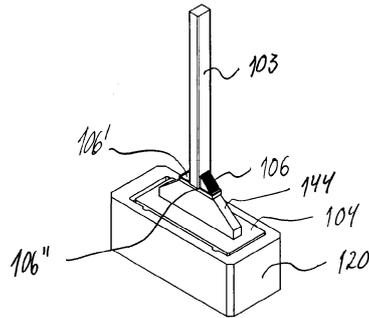
Фиг. 13



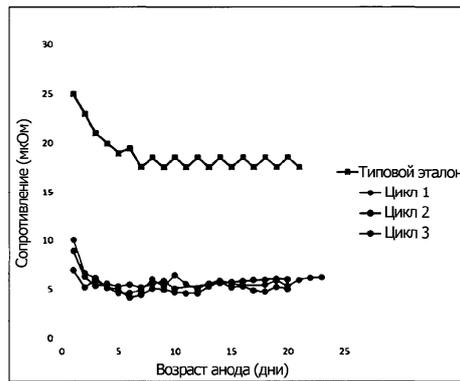
Фиг. 14



Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17

