

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037336**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.03.15

(51) Int. Cl. **C25C 3/08 (2006.01)**
C25C 3/16 (2006.01)

(21) Номер заявки
201791438

(22) Дата подачи заявки
2015.12.22

(54) МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЕР И СПОСОБ ЕГО МОДИФИКАЦИИ

(31) 20141572

(32) 2014.12.23

(33) NO

(43) 2017.11.30

(86) PCT/NO2015/000030

(87) WO 2016/105204 2016.06.30

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

(72) Изобретатель:
Бардал Асгэйр, Гискеэдегорд Нильс-Ховард, Паулидес Сипке, Йоргенсен Роберт, Хоп Йорунд, Лиллебю Андерс (NO)

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

(56) EP-A1-0016728
US-A-3787311
WO-A1-2013016930
CN-Y-201162052
US-A-3385778
HUA, J. ET AL.: "Revised benchmark problem for modelling of metal flow and metal heaving in reduction cells", TMS Light Metals 2014, p. 691-695

(57) Способ оптимизации устойчивости электролизера Холла-Эру для получения алюминия, причем электролизер имеет подвешенные предварительно обожженные аноды и катодную секцию. Катодная секция содержит несколько катодных блоков или секций катодных блоков. Слой металла и слой электролита находятся между указанными анодами и катодной секцией. Силовое поле, действующее на слой металла, рассчитывают и контролируют посредством компьютерной модели электролизера, причем локальные линии тока и соответственно локальные силы в металле над катодной секцией модифицируют посредством селективного влияния на распределение тока в индивидуальных катодных блоках или секциях блоков посредством компьютерной модели. По меньшей мере одну модификацию осуществляют в электролизере. Изобретение также относится к соответствующим образом модифицированному электролизеру.

B1

037336

037336

B1

Настоящее изобретение относится к способу снижения неравномерности слоя металла и оптимизации МГД (магнитогидродинамической) устойчивости электролизера Холла-Эру для получения алюминия и к соответствующим образом модифицированному электролизеру.

Для повышения производительности электролизеров для получения алюминия электролизеры разработаны более крупными и также с более высоким током электролиза.

Так как площадь жидкости (электролита и металлического алюминия) возрастает в электролизерах, баланс магнитных полей, влияющих на электропроводную жидкость, будет более критичным.

Так как сила тока при электролизе имеет тенденцию к превышению 400 кА, контроль сильного влияния магнитных полей, идущих от различных проводников и токоподводов внутри и вокруг электролизера, будет представлять проблему при разработке новых электролизеров, и конструкция анода/катода, а также система ошиновки должны разрабатываться тщательно. Магнитные поля любых соседних серий электролизеров (нескольких электролизных ванн, соединенных в ряд) будут также усиливаться по мере увеличения тока электролиза (тока линии) и также должны быть тщательно изучены.

Аналогично, когда существующие электролизеры отрегулированы в плане повышения тока электролиза, может возникнуть ряд проблем в плане магнитогидродинамической (МГД) неустойчивости слоя металла в электролизерах. На МГД-неустойчивость, в числе прочих факторов, влияют поля скоростей, а также подъем металла.

В известном уровне техники имеется несколько публикаций, относящихся к оптимизации формы слоя металла и потока металла в электролизерах. Кроме того, имеются средства моделирования, позволяющие рассчитать силовые поля и поля скоростей и также подъем металла, а также МГД-неустойчивость слоя металла.

К примеру, средство моделирования, позволяющее рассчитать силовое поле и поля скоростей, а также подъем металла, описано в следующей статье:

"Revised benchmark problem for modeling of metal flow and metal heaving in reduction cells", Hua, J., Droste, C., Einarsrud, K.E., Rudshaug, M., Jorgensen, R., Giskeodegard, N.-H., TMS Light Metals 2014, p 691-695.

В EP 0371653 B1 описана асимметричная шина, расположенная под одним поперечно расположенным электролизером с целью улучшения поля B_z в электролизере.

Однако модификация существующих систем шин серий электролизеров является весьма затруднительной, и для проведения модификации могут потребоваться перерывы в электроснабжении всей серии электролизеров.

Согласно существующим норвежским патентам NO 139829 и NO 140602 перспективно для МГД-устойчивости электролизера применять более высокую силу тока в асимметричной системе шин вокруг или ниже торцевой стороны электролизера, который расположен ближе к соседнему ряду или рядам.

Однако неравномерно расположенная система шин вызывает появление сил в металле, которые в преобладающем большинстве случаев вытесняют металл из соседних рядов, что приводит к неравномерному распределению металла в электролизере и увеличенной кривизне слоя металла, которая также может быть асимметричной, причем металл склонен локализоваться в одном торце электролизера.

Увеличенная кривизна слоя металла или неравномерность слоя металла будут приводить к неравномерному распределению электролита, которое теоретически приведет к ухудшенному распределению оксида.

Увеличенная кривизна слоя металла, которая также является асимметричной, будет приводить к неравномерному износу отдельных анодов и, следовательно, вызовет в среднем увеличение размера анодных огарков.

Асимметричное распределение металла (сливной узел относительно стороны трубопровода электролизера или предыдущее устройство относительно последующего) может также приводить к неравномерным тепловым потерям из-за возможной разницы коэффициентов теплоотдачи между слоем электролита и металлом и настылью.

Также имеется несколько публикаций, относящихся к способам оказания влияния на распределение тока в катодном блоке и соответствующей катодной секции. Модификация может относиться к электропроводности материала катодного блока, сборной шины или электрического соединения между катодным блоком и сборной шиной, т.е. между комплектом катодного блока и сборной шиной.

Как правило, это может быть сделано несколькими путями:

качество катодного блока, т.е. электропроводность изделия на основе углерода может изменяться вдоль по длине изделия, как правило, с повышающейся электропроводностью в направлении к центру электролизера или быть модифицирована в целом;

катодные сборные шины с улучшенной электропроводностью, например, с применением Cu вставок;

размеры катодной сборной шины (увеличение поперечного сечения) в плане снижения падения напряжения;

различные методы электрического изолирования катодного стержня от катодного блока на основе углерода;

пониженная электрическая проводимость модифицированного катодного блока.

При традиционном использовании этих методов, как оказалось, в некоторых случаях трудно уменьшить кривизну металла или оптимизировать поток металла без ущерба для МГД-устойчивости и наоборот.

В WO 2008/062318 описано использование шины в дополнение к сборной шине, причем эта дополнительная шина, предпочтительно медная, имеет более высокую электрическую проводимость по сравнению с сборной шиной из черного металла. Указанные сборная шина и дополнительная шина предпочтительно электрически изолированы от катодного блока в торцевых зонах блока. Посредством этого технического решения возможно снизить катодное падение напряжения и также снизить потери тепла в направлении за пределы электролизера.

В US 6231745 описано использование медных вставок в сборной шине и как это может быть приложено к переключению направления тока в электролизере Холла-Эру с целью снижения или устранения неэффективности, приписываемой неоднородным и/или горизонтальным токам. Эти модификации сделаны симметричным образом вдоль центральной продольной оси электролизера.

Другие примеры, в целом, симметричных методов модификации электролизеров:

WO 2013/016930 A1, CN 201162052 Y, US 33857778A.

В US 3787311 A описан ступенчатый симметричный метод.

В EP 0016728 A1 описан диагональный симметричный метод.

В общем, эти методы могут опираться на мнения специалистов, причем модификации могут быть сделаны в отдельных областях, например, где концентрация шин велика, или с целью модифицировать отвод тока по катоду более вертикальным образом.

Традиционные электролизеры подвергаются замене футеровки периодически, например каждые 5-7 лет. В ходе этой операции элементы катодного устройства, такие как катодные блоки, в том числе их сборные шины, извлекают и обновляют. Это является весьма дорогостоящей операцией, которая выполняется в конце срока эксплуатации электролизера.

Если комплекты катодных блоков в некоторых избранных позициях катодной секции модифицируют простым методом проб и ошибок в полном масштабе, то это может быть сопряжено с риском проведения более частой замены футеровки и соответствующими расходами.

С помощью настоящего изобретения можно определять, как селективно модифицировать электропроводность одиночных или множественных комплектов катодных блоков или комплектов секций катодных блоков с целью преодоления указанных недостатков.

Это выполняют посредством создания модели реального электролизера в программе компьютерного моделирования, где представлены каждый комплект катодных блоков или комплект секций катодных блоков. Программа для моделирования способна выявлять, какой комплект катодных блоков или комплект секций катодных блоков необходимо модифицировать. По меньшей мере одну модификацию электролизера выполняют посредством селективного изменения распределения тока в индивидуальных комплектах катодных блоков или комплектах секций катодных блоков, так что локальные линии тока и соответственно локальные силы в металле над катодной секцией модифицируются с целью увеличения неровности слоя металла и общей МГД-устойчивости электролизера.

Эти и другие преимущества могут быть достигнуты в настоящем изобретении, как указано в прилагаемой формуле изобретения.

Далее изобретение будет подробно описано с помощью примеров и фигур, где

на фиг. 1 представлен схематический вид сверху электролизера,

на фиг. 2 представлены типичные линии тока в обычном комплекте катодных блоков,

на фиг. 3 представлены линии тока в модифицированном комплекте катодных блоков,

на фиг. 4 представлено распределение тока в электролизере с обычным общим комплектом катодных блоков,

на фиг. 5 представлено распределение тока в электролизере с модифицированным общим комплектом катодных блоков,

на фиг. 6 представлены составляющие силы (в направлении X) в металле под действием магнитного поля в направлении Z для обычного электролизера,

на фиг. 7 представлены составляющие силы (в направлении X) в металле под действием магнитного поля в направлении Z для селективно модифицированного электролизера,

на фиг. 8 представлены моделированные высоты металла в обычном электролизере,

на фиг. 9 представлены моделированные высоты металла в модифицированном электролизере,

на фиг. 10 представлены измеренные высоты металла в обычном электролизере,

на фиг. 11 представлены измеренные высоты металла в модифицированном электролизере,

на фиг. 12 представлен комплект катодного блока с соединениями катодных стержней,

на фиг. 13 представлен схематический вид сверху электролизера с модифицированными комплектами секций катодных блоков,

на фиг. 14 представлен схематический вид сверху электролизера с модифицированными комплектами секций катодных блоков,

на фиг. 15 представлен схематический вид сверху электролизера с модифицированными комплектами секций катодных блоков,

на фиг. 16 представлен схематический вид сверху электролизера с модифицированными комплектами секций катодных блоков.

В настоящем изобретении катодный блок на основе углерода, имеющий один или более сборных шин, называют комплектом катодных блоков. Блок может состоять из двух секций катодного блока, причем каждая секция включает в себя катодные стержни. Каждая секция, включая катодный стержень (стержни), здесь называется комплектом секций катодных блоков.

Комплект катодных блоков или комплект секций катодных блоков подключают к системе шин серии электролизеров через соединение катодного стержня. В некоторых модификациях соединения катодного стержня могут иметь повышенную либо пониженную электропроводность.

Такие соединения катодных стержней обычно имеют гибкие спуски из меди. В некоторых модификациях гибкие спуски могут иметь меньшую электрическую проводимость (более высокое электрическое сопротивление).

В некоторых модификациях соединения катодных стержней, включая внешнюю часть катодного стержня, имеют улучшенную электропроводность, при этом, например, внешняя часть его снабжена дополнительным элементом из материала с высокой электропроводностью, например хвостовиком на основе меди.

Ниже следует рассмотрение указанных модификаций со ссылкой на фиг. 12-16.

На фиг. 1 представлен схематический вид сверху электролизера с двумя продольными сторонами и двумя торцевыми сторонами, причем I-I обозначает центральную ось. Катодная секция может состоять из нескольких катодных блоков. На данной упрощенной фигуре показаны восемь катодных блоков, проходящих между продольными сторонами электролизера. Кроме того, комплект катодных блоков, как правило, содержит по меньшей мере один блок или изделие на основе углерода или с одной или более внедренными в них металлическими сборными шинами.

В качестве отправного пункта отдельные катодные блоки могут быть разделены на две секции катодных блоков вдоль центральной оси I-I, как слабо выделено на фигуре в позициях 1', 1"; 2', 2"; 3', 3"; 4', 4"; 5', 5"; 6', 6"; 7', 7" и 8', 8". Секции катодных блоков от 1', 1" до 8', 8" могут быть симметричными в плане электропроводности относительно центральной оси I-I, как отмечено пунктирной линией на фиг. 1. Таким образом, в данном контексте центральная ось I-I будет представлять ось симметрии в плане электрической проводимости для всех катодных блоков.

В показанном варианте осуществления изобретения полосчатые блоки являются немодифицированными комплектами катодных блоков с характерными линиями тока, как показано на фиг. 2, а белые блоки являются модифицированными комплектами катодных блоков с характерными токовыми линиями (менее горизонтальные токи), как показано на фиг. 3.

Кроме того, на фиг. 1 показаны направления оси X и оси Y в системе координат. Ось Z не представлена, но она выходит за пределы плоскости бумаги, которая является стандартом в данном типе визуализации.

Для немодифицированного комплекта 2" секций катодных блоков линии тока в поперечном разрезе В-В представлены на фиг. 2, а для модифицированного комплекта 6" секций катодных блоков линии тока в поперечном разрезе А-А представлены на фиг. 3.

На фиг. 2 показаны типичные линии тока для обычного немодифицированного комплекта секций катодных блоков, как видно по комплекту 2" секций катодных блоков и поперечному разрезу В-В на фиг. 1. Этим иллюстрируется то, что токовые линии в плоскости Z-Y сглаживаются вдоль оси Y от центральной оси I-I и в сторону продольной стороны электролизера в направлении Y. Так как ось Z здесь расположена в вертикальной плоскости вдоль центральной оси I-I, аналогичные зеркально-симметричные линии тока могут присутствовать в соответствующем немодифицированном комплекте 2' секций катодных блоков.

На фиг. 3 показаны линии тока для модифицированного комплекта секций катодных блоков, как представлено для комплекта 6" секций катодных блоков и поперечного разреза А-А на фиг. 1. Линии являются более крутыми в вертикальном направлении, и, следовательно, горизонтальные составляющие тока уменьшаются. Аналогично комплекту 2" секций катодных блоков аналогичные зеркально-симметричные линии тока могут присутствовать в комплекте 6' секций катодных блоков, что дает такую же модификацию, как в комплекте 6" секций катодных блоков.

На фиг. 4 показан пример обычного распределения тока в современном электролизере.

На фиг. 5 представлено распределение тока после того, как индивидуальные катоды в катодной секции селективно модифицированы, в соответствии с фиг. 1.

На фиг. 6 представлены составляющие силы (F_x) в металле, вызванные магнитным полем в направлении Z для обычного электролизера.

На фиг. 7 представлены соответствующие составляющие силы для селективно модифицированного электролизера в соответствии с фиг. 1. Ясно видно, что составляющие силы меньше в зоне, где распределение катодного тока модифицировано за счет уменьшения горизонтальных составляющих токов.

На фиг. 8 представлены моделированные высоты металла для обычного электролизера.

Соответственно на фиг. 9 представлены моделированные высоты металла для модифицированного электролизера в соответствии с фиг. 1.

Вариация высоты металла значительно больше для немодифицированного электролизера с наименьшей высотой с правой стороны, и причем значительно ниже, чем с левой стороны. Для модифицированного электролизера общий подъем металла меньше, и металл более равномерно распределяется между левой и правой сторонами электролизера.

На фиг. 10 представлены измеренные высоты металла для обычного электролизера. Позиция Y предыдущих точек измерения дана с помощью средней плоскости между нижним торцом электролизера и центром электролизера (I-I) на фиг. 1, как выделено тонкой пунктирной линией, обозначенной US (предыдущий). Позиция Y последующих точек измерения дана с помощью средней плоскости между нижним торцом электролизера и центром электролизера (I-I) на фиг. 1, как выделено тонкой пунктирной линией, обозначенной DS (последующий). Позиция X для всех точек измерения возрастает монотонно от точек измерения 1 до 5, считая от левой стороны электролизера до правой стороны электролизера. Реальный электролизер, подвергаемый измерениям, не имеет такого же комплекта катодных блоков, как показано на фиг. 1.

Соответственно то же самое показано для модифицированных электролизеров на фиг. 11. В дополнение к уменьшению общего подъема металла для случая модифицирования результаты показывают более равномерное распределение металла между левой и правой сторонами электролизера.

Следующие модификации будут увеличивать электрическую проводимость катодных блоков, см. также фиг. 12:

CBS - секция катодных блоков,

CB - катодный блок,

CCB - катодная сборная шина,

CBSA - комплект секций катодных блоков,

CBA - комплект катодных блоков,

F - спуск,

A - спуск с уменьшенным поперечным сечением или тому подобное,

B - Cu хвостовик или тому подобное,

BUS - соединение шинопроводов,

i) качество катодного блока, т.е. электрическая проводимость изделия на основе углерода, может изменяться вдоль оси изделия, обычно с более высокой электропроводностью в направлении к центру электролизера, или может быть модифицировано в целом;

ii) катодные сборные шины с улучшенной электропроводностью, например, посредством использования Cu-вставок;

iii) размер катодных сборных шин (поперечное сечение увеличивается) для снижения падения напряжения.

Следующие модификации будут снижать электрическую проводимость комплекта катодных блоков:

iv) различные методы изолирования катодного стержня от катодного блока на основе углерода;

v) пониженная электрическая проводимость модифицированного катодного блока.

Предпочтительно электрическая проводимость модифицированного комплекта катодного блока и его соответствующего соединения катодного стержня с системой шин сохраняется немодифицированной в целом.

Электрическая проводимость соединения катодного стержня может быть снижена посредством

a) уменьшения поперечного сечения медного спуска или тому подобного.

Электрическая проводимость соединения катодного стержня может быть повышена посредством

b) добавления медного хвостовика или тому подобного.

Когда эти модификации осуществляются в электролизере, предпочтительно поддерживать общее сопротивление комплекта катодных блоков вместе с соединением (соединениями) сборных шин постоянным. Одной из альтернатив является модификация соединений сборных шин в немодифицированных позициях для достижения одинакового сопротивления во всех позициях катодной секции.

К примеру, пониженное сопротивление катодной сборной шины (метод ii или iii) в избранных блоках приведет к снижению горизонтальных составляющих токов (i_y) в зоне металла. Снижение сопротивления катодной сборной шины может быть компенсировано повышением сопротивления спусков (уменьшения поперечного сечения), соединяющих систему шин. В альтернативном варианте соединения катодных стержней для остальной части комплекта катодных блоков могут быть модифицированы в плане более высокой электрической проводимости в соответствии с модифицированными.

Согласно фиг. 13 представлен схематический вид сверху электролизера, аналогичного изображенному на фиг. 1, в котором электрическая проводимость комплекта секций катодных блоков в позициях 1", 2" и 3" повышена по сравнению с методом i, ii и iii соответственно и в котором спуски имеют пониженную электрическую проводимость согласно методу модификации соединения катодных стержней.

Остальную часть позиций не модифицируют.

Согласно фиг. 14 представлены те же модификации электрической проводимости комплектов секций катодных блоков в позициях 1", 2" и 3", что на фиг. 13, но здесь электрическая проводимость соединений катодного стержня модифицирована согласно методу b (повышена) во всех позициях, кроме позиций 1", 2" и 3".

Согласно фиг. 15 представлен схематический вид сверху электролизера, аналогичного изображенному на фиг. 1, в котором электрическая проводимость комплектов секций катодных блоков в позициях 4" и 5" понижена согласно методам iv и v соответственно и в котором соединение катодного стержня модифицировано согласно методу b. Остальную часть позиций не модифицируют.

Согласно фиг. 16 представлены те же модификации электрической проводимости комплектов секций катодных блоков в позициях 4" и 5", что на фиг. 15, но здесь электрическая проводимость соединений катодного стержня модифицирована согласно методу a (понижена) во всех позициях, кроме 4" и 5".

Общее снижение горизонтальной составляющей тока (i_y) в зоне металла будет в целом уменьшать подъем металла. Составляющая тока умножена (векторное произведение) на индукцию вертикального магнитного поля B_z и, следовательно, ответственна за поле горизонтальных сил F_x , которое действует на металл вдоль по протяжению электролизера. Посредством снижения составляющих силы в одном или нескольких избранных комплектах катодных блоков возможна модификация распределения сил в электролизере и, следовательно, перераспределение металла в электролизере.

В некоторых модификациях уменьшение поперечного сечения катодного спуска регулируют с целью поддержания сопротивления катодного комплекта постоянным. Альтернативный метод достижения той же цели состоит в увеличении длины электрической изоляции между катодной сборной шиной и катодным блоком.

Согласно данному примеру рассчитывают подъем металла и МГД-устойчивость для всех возможных модификаций, но лишь с одной модификацией для каждого вычисления. Вычисления сопровождаются созданием модели для реального электролизера в программе компьютерного моделирования, где представлены каждые комплекты катодных блоков или комплект секций катодных блоков. Программа моделирования способна выявить, какой комплект катодных блоков или комплект секций катодных блоков предпочтительно следует модифицировать. Затем наиболее выгодную модификацию (модификации) следует осуществить для электролизера. Электролизер может быть построен новый с модификацией (модификациями) или быть существующим в рамках обычного ремонта с заменой футеровки.

Наиболее важные стадии:

создание представительной модели обычной конструкции катода для всех катодных позиций. Число комплектов катодных блоков или комплектов секций катодных блоков и соответствующая конструкция катодных стержней должны быть определены;

выбор катодных стержней, которые должны быть модифицированы в ходе процедуры компьютерного моделирования, проводят в соответствии со следующими стадиями:

начинают с обычной конструкции катода для всех позиций 1-n катодов, где число n является числом катодных блоков или секций катодных блоков,

соответствующая конструкция катодных стержней должна быть определена, например, двух катодных стержней для типичного катодного блока,

модифицируют катодный стержень 1 в поз. 1 с пониженным сопротивлением катодного стержня и (не обязательно) с соответственным повышением сопротивления катодного спуска для достижения того же общего сопротивления, как для обычного катодного блока или секции катодных блоков, рассчитывают подъем металла и МГД-устойчивость и запоминают результаты,

начинают повторно для обычной конструкции катода для всех остальных позиций 2-n,

модифицируют катодный стержень 1 в поз. 2 с пониженным сопротивлением катодного стержня и (не обязательно) с соответственным повышением сопротивления катодного спуска для достижения того же общего сопротивления, как для обычного катодного блока или секции катодных блоков, рассчитывают подъем металла и МГД-устойчивость и запоминают результаты,

повторяют указанные стадии для всех катодных стержней и позиций,

полученные результаты затем используют для нахождения выгодных комбинаций модифицированных и немодифицированных катодных блоков,

выгодные комбинации затем тестируют, вычисляя подъем металла и МГД-устойчивость,

после этого для производственного электролизера осуществляют по меньшей мере одну модификацию.

Выбор катодных стержней, которые должны быть модифицированы, также может в альтернативе быть основан на анализе составляющих силы и расчета итогового подъема металла и МГД-устойчивости для некоторых избранных случаев (метод проб и ошибок).

На основании результатов, представленных в подробном описании, произведен обзор подъема металла и МГД-устойчивости для каждого модифицированного катодного стержня и (не обязательно) спусков. Обзор далее был использован с целью проанализировать, какие катодные стержни преимущественно следует модифицировать в плане уменьшения подъема металла и улучшенной МГД-устойчивости.

На основании указанного анализа смоделированы и рассчитаны некоторые конструкции, состоящие по меньшей мере из одной модификации (модификаций) катодного стержня (с соответствующими модификациями катодных спусков).

При малом подъеме металла, используя в качестве критериев выбора равномерное распределение металла и МГД-устойчивость, далее может быть выбрана наилучшая конструкция.

Однако, в принципе, могут применяться все обычные методы модификации электрической проводимости и соответственно распределения тока для комплектов катодных блоков или комплектов секций катодных блоков, как было упомянуто выше.

Данный способ может быть применен для комплектов катодных блоков или комплектов секций катодных блоков, содержащих один, два или более катодных стержней.

В соответствии с модельными расчетами с помощью соответствующих средств моделирования изоляции сборной шины в избранных катодах (асимметричная конструкция), несомненно, улучшает подъем металла и степень нестабильности (IR) за счет уменьшения сил, которые смещают избыточный металл к одной из сторон электролизера. Ожидаются улучшения в работе электролизеров.

За счет удлинения изоляции сборной шины во всех позициях наблюдается довольно значительное уменьшение подъема. При увеличении размера изоляции с 150 до 450 мм вокруг всего электролизера, подъем меньше, чем в любых других технических решениях, и асимметрия также уменьшается значительно. Однако повышенное падение напряжения из-за большей длины изоляции должно быть скомпенсировано за счет, например, использования Cu вставок. Компенсация повышенного падения катодного напряжения потребует больше Cu, чем в других асимметричных конструкциях, так как Cu необходима во всех позициях, и может быть более дорогостоящим техническим решением.

Как упомянуто выше, следует понимать, что моделирование модификаций электролизера, описанное в данном варианте осуществления изобретения, в принципе, основано на модификациях сопротивления катодной сборной шины в отличие от катодного блока в целях упрощения. Следует понимать, что заключительные модификации электролизера могут, фактически, быть основаны на других методах модификации электрической проводимости катодных блоков или секций катодных блоков, как упомянуто выше как методы i-v и методы соединения катодных стержней a-b.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ снижения неравномерности слоя металла и оптимизации магнитогиродинамической устойчивости электролизера Холла-Эру для получения алюминия, причем электролизер имеет подвешенные предварительно обожженные углеродные аноды и катодную секцию, содержащую несколько катодных блоков на основе углерода, имеющих одну или несколько сборных шин, образующих комплект катодных блоков, причем указанный комплект катодных блоков может быть образован несколькими индивидуальными секциями катодных блоков, которые вместе с их катодными сборными шинами образуют комплекты секций катодных блоков, указанные комплекты катодных блоков или комплекты секций катодных блоков соединены с системой шин серии электролизеров посредством соединений катодного стержня, электролизер также имеет слой металла, который лежит на катодной секции, и слой электролита между указанным слоем металла и анодами, причем неравномерности слоя металла выявляют посредством измерений или расчетов, отличающийся тем, что

создают модель электролизера в программе компьютерного моделирования, где представлены каждый комплект катодных блоков или комплект секций катодных блоков, причем программа для моделирования способна

вычислять подъем металла и магнитогиродинамическую устойчивость для всех возможных модификаций для каждого комплекта катодных блоков или комплекта секций катодных блоков, причем возможными модификациями являются по меньшей мере одна из: увеличение электрической проводимости комплекта катодных блоков, снижение электрической проводимости комплекта катодных блоков, увеличение электрической проводимости соединения катодного стержня, уменьшение электрической проводимости соединения катодного стержня;

выявлять, какой комплект катодных блоков или комплект секций катодных блоков предпочтительно следует модифицировать, причем по меньшей мере одну модификацию электролизера осуществляют посредством селективного изменения распределения электрического тока в индивидуальных комплектах катодных блоков или комплектах секций катодных блоков так, что локальные линии электрического тока и соответственно локальные силы в металле над катодной секцией модифицируются с целью снижения неравномерности слоя металла и повышения общей магнитогиродинамической устойчивости электролизера.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что общий электрический ток, отводимый по каждому комплекту катодных блоков или комплекту секций катодных блоков, поддерживается постоянным посредством указанной модификации.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что общий электрический ток, отводимый по каждому комплекту катодных блоков или комплекту секций катодных блоков, поддерживается постоянным посредством

вом указанной модификации, причем соединения (а, б) катодных стержней с системой шин модифицированы.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что качество катодного блока или секции катодных блоков модифицировано так, что электрическая проводимость блоков на основе углерода повышается в направлении к центру.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что электрическая проводимость катодных сборных шин повышена, например, за счет селективного использования Cu вставок.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что размер катодных сборных шин увеличен с целью снижения падения напряжения.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что электрическая проводимость блока или секции блока на основе углерода снижена посредством частичного электрического изолирования катодных сборных шин от блока на основе углерода.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что электрическая проводимость углеродного блока в модифицированном комплекте катодных блоков снижена.

9. Способ по любому из пп.4-6, отличающийся тем, что в модифицированном комплекте катодных блоков электрическая проводимость соединения катодного стержня снижена.

10. Способ по любому из пп.4-6, отличающийся тем, что в немодифицированном комплекте катодных блоков электрическая проводимость соединения катодного стержня повышена.

11. Способ по любому из пп.7 и 8, отличающийся тем, что в модифицированном комплекте катодных блоков электрическая проводимость соединения катодного стержня повышена.

12. Способ по любому из пп.7 и 8, отличающийся тем, что в немодифицированном комплекте катодных блоков электрическая проводимость соединения катодного стержня понижена.

13. Способ по п.1, отличающийся тем, что сопротивление катодной секции поддерживается неизменным в целом за счет применения комбинаций одного или более способов в пп.4-8 и обоих способов в пп.9-12.

14. Способ по п.1, в котором выбор катодных стержней, которые должны быть модифицированы в ходе процедуры компьютерного моделирования, проводят в соответствии со следующими стадиями:

начинают с обычной конструкции катода для всех позиций 1-n катодов, где число n является числом катодных блоков или секций катодных блоков,

определяют соответствующее исполнение катодных стержней, например двух катодных стержней для типичного катодного блока,

модифицируют катодный стержень 1 в поз. 1 с пониженным сопротивлением катодного стержня и опционально с соответственным повышением сопротивления катодного спуска для достижения того же общего сопротивления, как для обычного катодного блока или секции катодных блоков, рассчитывают подъем металла и магнитогидродинамическую устойчивость и запоминают результаты,

начинают повторно для обычной конструкции катода для всех остальных позиций 2-n,

модифицируют катодный стержень 1 в поз. 2 с пониженным сопротивлением катодного стержня и опционально с соответственным повышением сопротивления катодного спуска для достижения того же общего сопротивления, как для обычного катодного блока или секции катодных блоков, рассчитывают подъем металла и магнитогидродинамическую устойчивость и запоминают результаты,

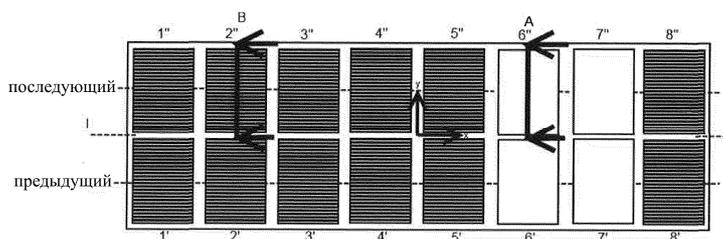
повторяют указанные стадии для всех катодных стержней и позиций,

полученные результаты затем используют для нахождения выгодных комбинаций модифицированных и немодифицированных катодных блоков,

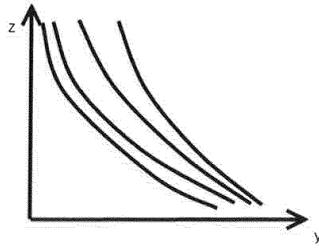
выгодные комбинации затем тестируют, вычисляя подъем металла и магнитогидродинамическую устойчивость,

после этого для производственного электролизера осуществляют по меньшей мере одну модификацию.

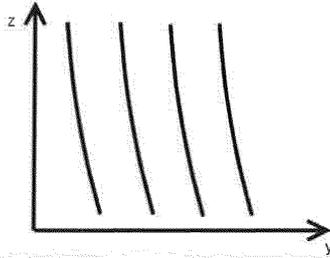
15. Способ по п.10, отличающийся тем, что упрощенная модель электролизера содержит несколько комплектов катодных блоков, представляющих одну позицию.



Фиг. 1



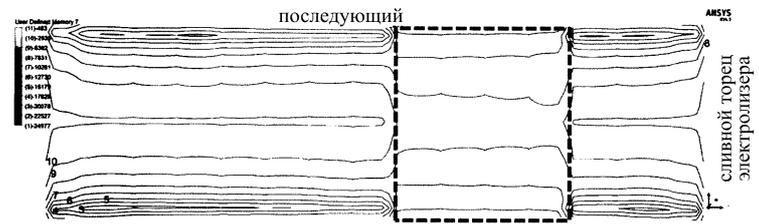
Фиг. 2



Фиг. 3



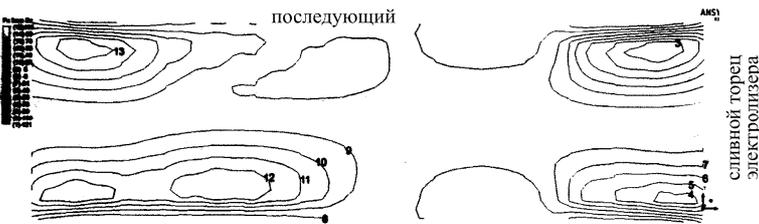
Фиг. 4



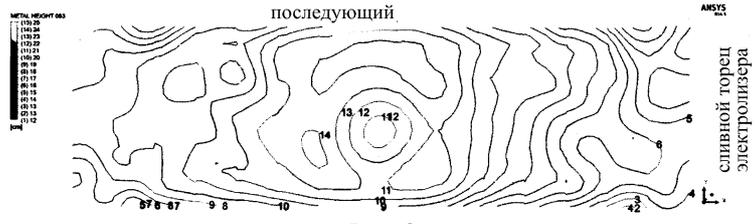
Фиг. 5



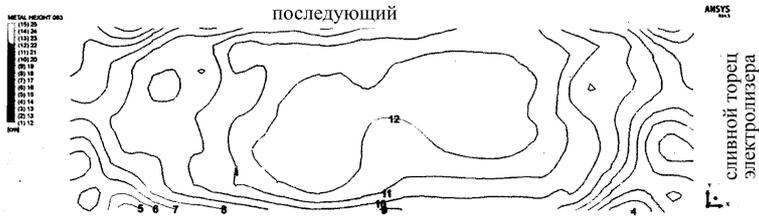
Фиг. 6



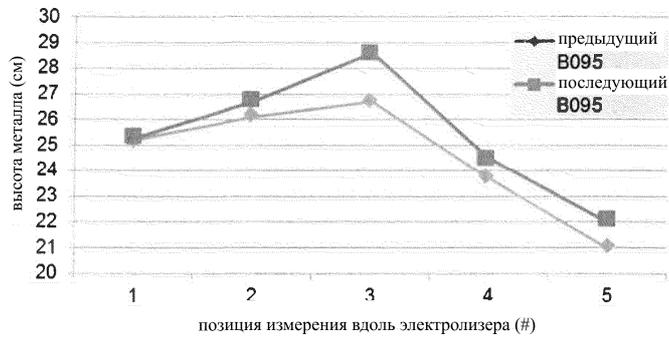
Фиг. 7



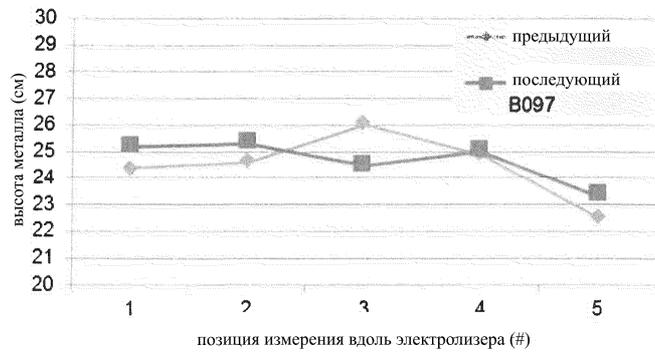
Фиг. 8



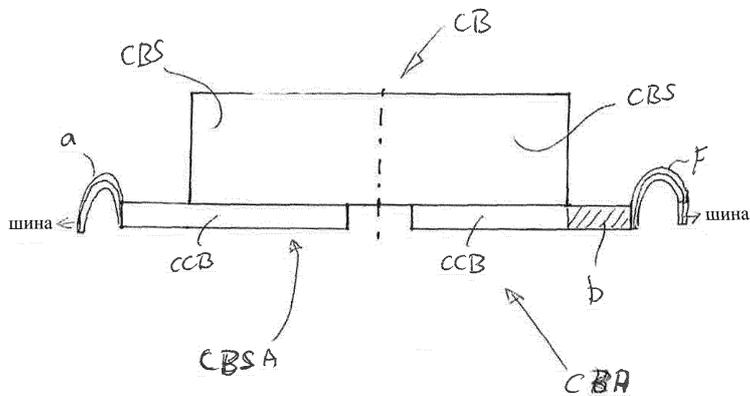
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

1 ^{''} a	2 ^{''} a	3 ^{''} a	4 ^{''}	5 ^{''}	6 ^{''}	7 ^{''}	8 ^{''}
i	ii	iii					
1 [']	2 [']	3 [']	4 [']	5 [']	6 [']	7 [']	8 [']

Фиг. 13

1 ^{''}	2 ^{''}	3 ^{''}	4 ^{''} b	5 ^{''} b	6 ^{''} b	7 ^{''} b	8 ^{''} b
i	ii	iii					
1 ['] b	2 ['] b	3 ['] b	4 ['] b	5 ['] b	6 ['] b	7 ['] b	8 ['] b

Фиг. 14

1 ^{''}	2 ^{''}	3 ^{''}	4 ^{''} b	5 ^{''} b	6 ^{''}	7 ^{''}	8 ^{''}
			i v	v			
1 [']	2 [']	3 [']	4 [']	5 [']	6 [']	7 [']	8 [']

Фиг. 15

1 ^{''} a	2 ^{''} a	3 ^{''} a	4 ^{''}	5 ^{''}	6 ^{''} a	7 ^{''} a	8 ^{''} a
			i v	v			
1 ['] a	2 ['] a	3 ['] a	4 ['] a	5 ['] a	6 ['] a	7 ['] a	8 ['] a

Фиг. 16



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2