

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202091993** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.03.31

(22) Дата подачи заявки
2017.03.24

(51) Int. Cl. **C25C 3/06** (2006.01)
C25C 3/08 (2006.01)
C25C 3/10 (2006.01)
C25C 3/12 (2006.01)
C25C 3/20 (2006.01)
C25C 7/06 (2006.01)

(54) КОНФИГУРАЦИИ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ И СВЯЗАННЫЕ СПОСОБЫ

(31) **62/313,266**

(32) **2016.03.25**

(33) **US**

(62) **201892174; 2017.03.24**

(71) Заявитель:

АЛКОА ЮЭСЭЙ КОРП. (US)

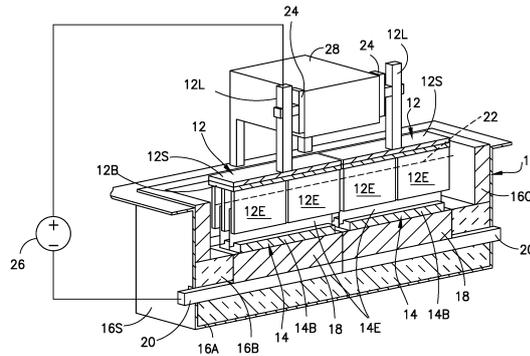
(72) Изобретатель:

Лю Синхуа (US)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Заявлен электролизер для производства металлического алюминия, содержащий по меньшей мере один анодный модуль (12), имеющий множество анодов (12E) и поддерживаемый над соответствующим по меньшей мере одним катодным модулем (14), имеющим множество катодов (14E), причем упомянутый по меньшей мере один анодный модуль (12) поддерживается позиционирующим устройством, выполненным с возможностью перемещения внутри электролизера для избирательного позиционирования множества анодов в электролизере относительно смежных катодов с тем, чтобы регулировать расстояние анод-катод (МПР) и/или перекрытие анод-катод (ПАК).



202091993

A1

A1

202091993

КОНФИГУРАЦИИ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ И СВЯЗАННЫЕ СПОСОБЫ

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] Данная заявка является непредварительной заявкой на патент и испрашивает приоритет по предварительной заявке на патент США с порядковым № 62/313266, поданной 25 марта 2016 г., содержание которой во всей своей полноте включено сюда по ссылке.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002] Настоящее изобретение относится к аппаратам и способам получения металлического алюминия, а более конкретно, к аппаратам и способам получения металлического алюминия электролизом глинозема.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0003] Электролизеры Холла-Эру используют для получения металлического алюминия в промышленном производстве алюминия из глинозема, который растворен в расплавленном электролите (криолитовой «ванне») и восстанавливается постоянным электрическим током посредством расходуемого углеродного анода. Традиционные способы и аппараты для плавки глинозема используют угольные аноды, которые медленно расходуются и выделяют CO_2 , так называемый «парниковый газ». Формы и размеры традиционных анодов также ограничивают электролиз реагента (растворенного глинозема), который перемещается к середине подошвы анода для реакции. Это приводит к явлению, называемому «анодным эффектом», который вызывает образование CF_4 , другого регламентированного «парникового» газа. Помимо традиционной промышленной установки по выплавке алюминия, уровень техники также включает в себя конструкции установок по выплавке алюминия, в которых аноды и катоды имеют вертикальную ориентацию, например, как описано в патенте США № 5938914 на имя Доулесса (Dawless), озаглавленного «Конструкция электролизера с циркуляцией ванны солевого расплава» («Molten Salt Bath Circulation Design For An Electrolytic Cell»), содержание которого во всей полноте включено сюда по ссылке. Несмотря на это, альтернативные конструкции установок по выплавке алюминия и электродов по-прежнему представляют интерес в данной области техники.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0004] В целом, различные варианты осуществления настоящего изобретения направлены на вертикальные конфигурации электродов для электролитического получения цветного металла (например, алюминия) в электролизере. Как описано здесь,

анодные модули (например, каждый модуль, выполненный с множеством вертикально ориентированных инертных анодов) скомпонованы на (например, прикреплены к) продольной балке, причем эта балка выполнена перекрывающей открытый верхний конец электролизера. Продольная балка выполнена с возможностью ее крепления к или соединения иным образом с компонентами/подъемными механизмами для регулировки (например, поднимания или опускания) балки и, таким образом, поднимания или опускания соответствующих анодных модулей, которые соединены с балкой. При катодных модулях, расположенных вдоль подины электролизера (и прикрепленных к ней), вертикальная регулировка балок вызывает соответствующую регулировку перекрытия анод-катод, ПАК (т.е. поднимаемая балка поднимает анодные модули и уменьшает ПАК, а опускаемая балка опускает анодные модули и увеличивает ПАК). Кроме того, в некоторых вариантах осуществления отдельные анодные модули выполнены с возможностью регулирования их общего горизонтального положения вдоль продольной балки, перекрывающей электролизер. Как таковой, анодный модуль спроектирован/выполнен с возможностью ослабления его соединительного крепления к модулю и с возможностью перемещения модуля вдоль балки. Таким образом, аноды смещают, изменяя расстояние анод-катод между группой анодов в регулируемом модуле и соответствующей группой катодов в катодном модуле. В некоторых вариантах осуществления расстояние анод-катод регулируют во время предварительного нагрева или электролитического получения металла (например, для обеспечения в целом одинакового расстояния анод-катод). В некоторых вариантах осуществления расстояние анод-катод (называемое также междуполосным расстоянием, МПР) регулируют во время получения металла. В некоторых вариантах осуществления перекрытие анод-катод (ПАК) регулируют во время получения металла. В некоторых вариантах осуществления расстояние анод-катод (МПР) и перекрытие анод-катод (ПАК) регулируют во время получения металла.

[0005] Раскрытый объект изобретения относится к электролизеру для производства алюминия из глинозема, имеющему: по меньшей мере один анодный модуль с множеством анодов, причем каждый из множества анодов является выделяющим кислород электродом; по меньшей мере один катодный модуль, противостоящий анодному модулю, причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль содержит множество катодов, причем каждый из множества анодов и каждый из множества катодов имеют на себе поверхности, которые ориентированы вертикально и разнесены одна от другой, причем катоды являются смачиваемыми, и при этом упомянутый по меньшей мере один катодный модуль соединен с подиной электролизера;

электролизную ванну; электролит, расположенный внутри электролизной ванны; и слой металла, расположенный внутри электролизной ванны, при этом множество анодов по меньшей мере частично погружены в электролит и подвешены над катодным модулем и проходящими вниз к катодному модулю, при этом множество катодов полностью погружены в электролит, при этом множество катодов расположены в электролизной ванне проходящими вверх к анодному модулю, при этом каждый из множества анодов и каждый из множества катодов расположены поочередно внутри электролизной ванны, при этом множество анодов является избирательно позиционируемым в горизонтальном направлении относительно смежных катодов, при этом анодный модуль является избирательно позиционируемым в вертикальном направлении относительно катодного модуля, и при этом часть каждого из анодных электродов перекрывает часть смежных катодов.

[0006] В другом варианте осуществления множество анодов образуют по меньшей мере один ряд на анодном модуле.

[0007] В другом варианте осуществления множество катодов образуют по меньшей мере один ряд на катодном модуле.

[0008] В другом варианте осуществления смежные аноды в упомянутом по меньшей мере одном ряду анодов имеют между собой зазор.

[0009] В другом варианте осуществления смежные катоды в упомянутом по меньшей мере одном ряду катодов имеют между собой зазор.

[0010] В другом варианте осуществления расстояние по горизонтали между анодом и катодом составляет в диапазоне от 1/4 дюйма до 6 дюймов.

[0011] В другом варианте осуществления перекрытие по вертикали анода и катода составляет в диапазоне от 1 дюйма до 100 дюймов.

[0012] В другом варианте осуществления анод является пластиной с поперечным сечением прямоугольной формы, которая составляет от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте и от 1/4 дюйма до 10 дюймов по толщине.

[0013] В другом варианте осуществления анод является пластиной с поперечным сечением прямоугольной формы с закругленными углами, имеющей размеры в диапазоне от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте и от 1/4 дюйма до 10 дюймов по толщине и радиус закругления угла от 1/8 дюйма до 1 дюйма.

[0014] В другом варианте осуществления анод является пластиной с поперечным сечением скругленной прямоугольной формы с закругленными концами, имеющей размеры в диапазоне от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте и от 1/4 дюйма до 10 дюймов по толщине и радиусом закругления конца от 1/8

дюйма до 3 дюймов.

[0015] В другом варианте осуществления анод имеет поперечное сечение эллиптической формы с большой осью в диапазоне от 1 дюйма до 30 дюймов, малой осью в диапазоне от 1/4 дюйма до 5 дюймов и высотой в диапазоне от 5 дюймов до 50 дюймов.

[0016] В другом варианте осуществления анод имеет поперечное сечение круглой формы с радиусом в диапазоне от 1/4 дюйма до 6 дюймов и высотой в диапазоне от 5 дюймов до 75 дюймов.

[0017] В другом варианте осуществления катод является пластиной с поперечным сечением прямоугольной формы, имеющей размеры в диапазоне от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте и от 1/8 дюйма до 5 дюймов по толщине.

[0018] В другом варианте осуществления катодный модуль включает в себя множество катодов, образующих по меньшей мере один ряд на катодном модуле, с зазором между смежными катодами в ряду, и при этом множество катодов имеют прямоугольную форму поперечного сечения с размерами в диапазоне от 1 дюйма до 40 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 75 дюймов по высоте и от 1/8 дюйма до 5 дюймов по толщине и зазором между ними в диапазоне от 1/16 дюйма до 5 дюймов.

[0019] В другом варианте осуществления катодный модуль включает в себя множество катодов, образующих по меньшей мере один ряд на катодном модуле, с зазором между смежными катодами в ряду, и при этом множество катодов имеют круглую форму поперечного сечения с радиусом в диапазоне от 1/8 дюйма до 3 дюймов, высотой в диапазоне от 5 дюймов до 75 дюймов и зазором между ними в диапазоне от 1/16 дюйма до 2 дюймов.

[0020] В другом варианте осуществления упомянутый по меньшей мере один катод включает множество катодов, образующих по меньшей мере один ряд на катодном модуле, с зазором между смежными катодами в ряду, и при этом множество катодов имеют поперечное сечение скругленной прямоугольной формы с размерами в диапазоне от 1/4 дюйма до 3 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 75 дюймов по высоте и от 1/8 дюйма до 3 дюймов по толщине и зазором между ними в диапазоне от 1/16 дюйма до 3 дюймов.

[0021] В другом варианте осуществления катодный модуль включает в себя множество катодов, образующих по меньшей мере один ряд на катодном модуле, с зазором между смежными катодами в ряду, и при этом множество катодов имеют поперечное сечение эллиптической формы с малой осью в диапазоне от 1/4 дюйма до 3 дюймов, большой осью в диапазоне от 1 дюйма до 8 дюймов и высотой в диапазоне от 5

дюймов до 75 дюймов и зазором между ними в диапазоне от 1/16 дюйма до 3 дюймов.

[0022] В другом варианте осуществления анодный модуль включает в себя множество анодов, расположенных на анодном модуле в виде матрицы, образующей множество рядов, а катодный модуль включает в себя множество катодов, расположенных на катодном модуле в виде матрицы, образующей множество рядов, причем множество рядов анодов и множество рядов катодов являются чередующимися, и при этом множество анодов имеют по меньшей мере одну форму поперечного сечения из прямоугольной, прямоугольной с закругленными краями, скругленной прямоугольной, круглой или эллиптической, и множество катодов имеют по меньшей мере одну форму поперечного сечения из прямоугольной, прямоугольной с закругленными краями, скругленной прямоугольной, круглой или эллиптической.

[0023] В другом варианте осуществления анодный модуль имеет профиль в плоскости, перпендикулярной направлению протяженности анодов, с первым размером, превышающим второй размер, причем множество рядов анодов расположены или параллельно, или перпендикулярно первому размеру.

[0024] В другом варианте осуществления расстояние по вертикали между верхней поверхностью электролита и верхним концом катода составляет в диапазоне от 1/8 дюйма до 10 дюймов.

[0025] В другом варианте осуществления с упомянутым по меньшей мере одним анодным модулем соединено позиционирующее устройство, причем это устройство выполнено с возможностью избирательного позиционирования упомянутого по меньшей мере одного анодного модуля в вертикальном направлении относительно катодного модуля, и при этом позиционирующее устройство выполнено с возможностью избирательного позиционирования множества анодов в горизонтальном направлении относительно смежных катодов.

[0026] В другом варианте осуществления способ получения металлического алюминия электрохимическим восстановлением глинозема включает: пропускание тока между анодом и катодом через электролитную ванну электролизера, причем этот электролизер включает: (а) пропускание тока между анодом и катодом через электролитную ванну электролизера, причем этот электролизер содержит: (i) по меньшей мере один анодный модуль с множеством анодов, причем каждый из множества анодов является выделяющим кислород электродом, (ii) по меньшей мере один катодный модуль, противостоящий анодному модулю, причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль содержит множество катодов, причем каждый из множества анодов и каждый из множества катодов имеют на себе поверхности, которые ориентированы вертикально и

разнесены одна от другой, причем катоды являются смачиваемыми, и причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль соединен с подиной электролизера, (iii) электролизную ванну, (iv) электролит, расположенный внутри электролизной ванны, и (v) слой металла, расположенный внутри электролизной ванны, причем множество анодов по меньшей мере частично погружены в электролит и подвешены над катодным модулем и проходящими вниз к катодному модулю, причем множество катодов полностью погружены в электролит, причем множество катодов расположены в электролизной ванне проходящими вверх к анодному модулю, причем каждый из множества анодов и каждый из множества катодов расположены поочередно внутри электролизной ванны, причем множество анодов является избирательно позиционируемым в горизонтальном направлении относительно смежных катодов, причем анодный модуль является избирательно позиционируемым в вертикальном направлении относительно катодного модуля, и причем часть каждого из анодных электродов перекрывает часть смежных катодов; (b) подачу исходного материала в электролизер; и (c) регулирование анодного модуля в вертикальном направлении относительно катодного модуля.

[0027] В другом варианте осуществления исходный материал электролитически восстанавливают до продукта-металла.

[0028] В другом варианте осуществления этот продукт-металл стекает с катодов на подину электролизера, формируя слой металла.

[0029] В другом варианте осуществления получают продукт-металл, имеющий степень чистоты P1020.

[0030] В другом варианте осуществления регулирование анодного модуля включает поднимание упомянутого по меньшей мере одного анодного модуля для уменьшения перекрытия части каждого из анодных электродов относительно части смежных катодов.

[0031] В другом варианте осуществления регулирование анодного модуля включает опускание упомянутого по меньшей мере одного анодного модуля для увеличения перекрытия части каждого из анодных электродов относительно части смежных катодов.

[0032] В другом варианте осуществления способ получения металлического алюминия электрохимическим восстановлением глинозема включает: пропускание тока между анодом и катодом через электролитную ванну электролизера, причем этот электролизер содержит: (i) по меньшей мере один анодный модуль с множеством анодов, причем каждый из множества анодов является выделяющим кислород электродом, (ii) по меньшей мере один катодный модуль, противостоящий анодному модулю, причем

упомянутый по меньшей мере один катодный модуль содержит множество катодов, причем каждый из множества анодов и каждый из множества катодов имеют на себе поверхности, которые ориентированы вертикально и разнесены одна от другой, причем катоды являются смачиваемыми, и при этом упомянутый по меньшей мере один катодный модуль соединен с подиной электролизера, (iii) электролизную ванну, (iv) электролит, расположенный внутри электролизной ванны, и (v) слой металла, расположенный внутри электролизной ванны, причем множество анодов по меньшей мере частично погружены в электролит и подвешены над катодным модулем и проходящими вниз к катодному модулю, причем множество катодов полностью погружены в электролит, причем множество катодов расположены в электролизной ванне проходящими вверх к анодному модулю, причем каждый из множества анодов и каждый из множества катодов расположены поочередно внутри электролизной ванны, причем множество анодов является избирательно позиционируемым в горизонтальном направлении относительно смежных катодов, причем анодный модуль является избирательно позиционируемым в вертикальном направлении относительно катодного модуля, и при этом часть каждого из анодных электродов перекрывает часть смежных катодов; (b) подачу исходного материала в электролизер; и (c) регулирование множества анодов в горизонтальном направлении относительно смежных катодов.

[0033] В другом варианте осуществления регулирование множества анодов включает регулирование анодов в горизонтальном направлении так, чтобы интервал по горизонтали был практически одинаковым с любой стороны от анодов анодного модуля.

[0034] В другом варианте осуществления исходный материал электролитически восстанавливают до продукта-металла.

[0035] В другом варианте осуществления этот продукт-металл стекает с катодов на подину электролизера, формируя слой металла.

[0036] В другом варианте осуществления получают продукт-металл, имеющий степень чистоты P1020.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0037] Для более полного понимания настоящего изобретения обратимся к нижеследующему подробному описанию примерных вариантов осуществления, рассмотренных в связи с прилагаемыми чертежами.

[0038] На фиг.1 показан схематический вид с частичным разрезом электролизера в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

[0039] На фиг.2 показан вид в перспективе пары модулей с чередующимися анодами и катодами в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

[0040] На фиг.3 показан вид сбоку части модулей с чередующимися анодами и катодами в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

[0041] На фиг.4 показан вид в перспективе с частичным разрезом электролизера в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, аналогичный фиг.1, но в разрезе, перпендикулярном разрезу по фиг.1.

[0042] На фиг.5 показан вид в перспективе матрицы модулей с чередующимися анодами и катодами в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения.

[0043] На фиг.6 показан частично воображаемый вид сверху анодно-катодного модуля в электролизере в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения.

[0044] На фиг.7 показана серия схематических изображений поперечных сечений множества различных анодов в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения.

[0045] На фиг.8 показана серия схематических изображений поперечных сечений множества различных катодов в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения.

[0046] На фиг.9-13 показаны серии схематических изображений в плане множества различных чередующихся анодов и катодов в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения.

[0047] На фиг.14 показан вид в перспективе с частичным разрезом примерного позиционирующего устройства, соединенного с электролизером для производства алюминия.

[0048] На фиг.15 показан вид в перспективе с частичным разрезом примерного позиционирующего устройства, соединенного с электролизером для производства алюминия.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ПРИМЕРОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

[0049] На фиг.1 показан схематический разрез электролизера 10 для производства металлического алюминия электрохимическим восстановлением глинозема с помощью анода и катода. В некоторых вариантах осуществления анод является инертным анодом. Некоторые неограничивающие примеры составов инертных анодов включают: керамику, металлический материал, кермет и/или их сочетания. Некоторые неограничивающие примеры составов инертных анодов представлены в патентах США №№ 4374050, 4374761, 4399008, 4455211, 4582585, 4584172, 4620905, 5279715, 5794112 и 5865980, принадлежащие правопреемнику настоящей заявки. В некоторых вариантах

осуществления анод является выделяющим кислород электродом. Выделяющим кислород электродом является электрод, на котором получается кислород во время электролиза. В некоторых вариантах осуществления катод является смачиваемым катодом. В некоторых вариантах осуществления смачиваемые алюминием материалы представляют собой материалы, имеющие контактный угол с расплавленным алюминием не более 90 градусов в расплавленном электролите. Некоторые неограничивающие примеры смачиваемых материалов могут включать один или более из TiB_2 , ZrB_2 , HfB_2 , SrB_2 , углеродистых материалов, и их сочетания.

[0050] Электролизер 10 имеет по меньшей мере один анодный модуль 12. В некоторых вариантах осуществления анодный модуль 12 имеет по меньшей мере один анод 12E или множество анодов 12E, подвешенных над по меньшей мере одним катодным модулем 14, содержащим по меньшей мере один катод 14E или множество катодов 14E. Множество катодов 14E расположено в электролизной ванне 16. Множество катодов 14E проходят вверх к анодному модулю 12. Хотя в различных вариантах осуществления настоящего изобретения множество анодов 12E и катодов 14E показаны в конкретном числе, можно использовать любое число анодов 12E и катодов 14E, большее или равное 1, для образования анодного модуля 12 или катодного модуля 14 соответственно. В некоторых вариантах осуществления катодный модуль 14 неподвижно (жестко) соединен с подиной электролизера 10. В некоторых вариантах осуществления катоды 14E поддерживаются в катодном держателе 14B, который опирается в электролизной ванне 16 на катодные блоки 18, выполненные, например, из углеродистого материала и находящиеся в непрерывном электрическом контакте с одним или более катодными токоотводящими стержнями 20. В некоторых вариантах осуществления катодные блоки 18 неподвижно (жестко) соединены с подиной электролизера 10. Электролизная ванна 16 обычно имеет стальной кожух 16S и футерована изоляционным материалом 16A, огнеупорным материалом 16B и бортовым материалом 16C. Электролизная ванна 16 способна удерживать внутри себя ванну расплавленного электролита (схематично изображен пунктирной линией 22) и слой металла – расплавленного алюминия. Части анодной шины 24, которая подводит электрический ток к анодным модулям 12, показаны зажатыми в электрическом контакте с анодными штангами 12L анодных модулей 12. Анодные штанги 12L конструктивно и электрически соединены с анодной распределительной плитой 12S, к которой прикреплен теплоизоляционный слой 12B. Аноды 12E проходят через теплоизоляционный слой 12B и механически и электрически контактируют с анодной распределительной плитой 12S. Анодная шина 24 обычно проводит постоянный электрический ток от подходящего источника 26 через анодные

штанги 12L, анодную распределительную плиту 12S, анодные элементы, электролит 22 к катодам 14E, а от них через катодный держатель 14B, катодные блоки 18 и катодные токоотводящие стержни 20 к другому полюсу источника 26 электропитания. Аноды 12E каждого анодного модуля 12 находятся в непрерывном электрическом контакте. Аналогично, катоды 14E каждого катодного модуля 14 находятся в непрерывном электрическом контакте. Анодные модули 12 можно поднимать и опускать с помощью позиционирующего устройства, регулируя их положение относительно катодных модулей 14 для регулировки перекрытия анод-катод (ПАК). Примерное устройство позиционирования показано на фиг.14 и фиг.15.

[0051] На фиг.14 показан вид в перспективе примерного аппарата 100 для производства алюминия. В некоторых вариантах осуществления упомянутый по меньшей мере один анодный модуль 12 с множеством анодов 12E поддерживается над соответствующим по меньшей мере одним катодным модулем 14 с множеством катодов 14E. В некоторых вариантах осуществления упомянутый по меньшей мере один анодный модуль 12 поддерживается с помощью позиционирующего устройства, как показано на фиг.14. В некоторых вариантах осуществления позиционирующее устройство содержит по меньшей мере одну пролетную балку 102. Хотя в аппарате 100, показанном на фиг.14, применяются четыре пролетные балки 102, может использоваться любое число пролетных балок, большее или равное 1, в соответствии с числом анодных модулей 12 и катодных модулей 14 в электролизере.

[0052] Пролетная балка 102 имеет первый конец 104 и противоположный ему второй конец 106. В некоторых вариантах осуществления пролетная балка 102 поддерживается первым опорным устройством 108 на своем первом конце 104 и вторым опорным устройством 110 на своем втором конце 106. Каждое из опорных устройств 108, 110 расположено на площадке 140 боковой стенки 142. Пролетная балка 102 ориентирована перпендикулярно боковой стенке 142. В некоторых вариантах осуществления опорные устройства 108, 110 соединены с площадкой 140. В некоторых вариантах осуществления пролетная балка 102 может быть поднята или опущена подъемниками 130, связанными с опорными устройствами 108, 110.

[0053] Анодный модуль 12 соединен с пролетной балкой 102 посредством соединительного устройства 116. Это соединительное устройство 116 содержит первую часть 118, контактирующую с и соединенную с поверхностью 120 анодного модуля 12. В некоторых вариантах осуществления первая часть 118 соединена с поверхностью 120 в многочисленных точках соединения. Соединительное устройство 116 дополнительно содержит вторую часть 124. Вторая часть 124 имеет первый конец и противоположный

ему второй конец. Первый конец второй части 124 соединен с или выполнен заодно с первой частью 118. Вторая часть 124 простирается вертикально от первой части 118 к пролетной балке 102. Соединительное устройство 116 дополнительно содержит третью часть 126. Третья часть 126 соединена со вторым концом второй части 124. В некоторых вариантах осуществления третья часть 126 зажата на пролетной балке 102. В некоторых вариантах осуществления эту третью часть можно разжимать (освободить от зажима) и обеспечивать возможность ее свободного перемещения вдоль длины пролетной балки 102 (т.е. в направлении, показанном стрелкой 128) для обеспечения избирательного позиционирования множества анодов в горизонтальном направлении относительно смежных катодов.

[0054] На фиг.15 показан вид в перспективе другого примерного аппарата 200 для производства алюминия. В некоторых вариантах осуществления упомянутый по меньшей мере один анодный модуль 12 с множеством анодов 12Е поддерживается над соответствующим по меньшей мере одним катодным модулем 14 с множеством катодов 14Е. В некоторых вариантах осуществления упомянутый по меньшей мере один анодный модуль 12 поддерживается позиционирующим устройством, как показано на фиг.15. В некоторых вариантах осуществления позиционирующее устройство содержит по меньшей мере одну мостовую конструкцию 202.

[0055] Мостовая конструкция 202 имеет первый конец 204 и противоположный ему второй конец 206. В некоторых вариантах осуществления мостовая конструкция 202 поддерживается опорным устройством 210 на первом конце 204 и на втором конце 206. Опорное устройство 210 содержит множество вертикальных опор 240, расположенных на противоположных площадках 242 торцевой стенки 216. Мостовая конструкция 202 ориентирована перпендикулярно торцевой стенке 216 и параллельно боковым стенкам. В некоторых вариантах осуществления каждая вертикальная опора 240 соединена с каждой соответствующей площадкой 242. В ходе работы примерного аппарата 200 для производства алюминия этот аппарат может нагреваться до температуры, достаточной для обеспечения в результате расширения аппарата. В некоторых вариантах осуществления вертикальные опоры на одной площадке 242 разблокированы (т.е. свободно перемещаются), тем самым позволяя площадке 242 аппарата 200 расширяться без деформации любой части аппарата 200.

[0056] Анодный модуль 12 соединен с мостовой конструкцией 202 посредством соединительного устройства 244. Соединительное устройство 244 содержит первую часть 246, контактирующую с и соединенную с поверхностью 222 анодного модуля 12. В некоторых вариантах осуществления первая часть 246 соединена к поверхностью 222 во

множестве точек соединения. Соединительное устройство 244 дополнительно содержит вторую часть 224. Вторая часть 224 имеет первый конец и противоположный ему второй конец. Первый конец второй части 224 соединен с или выполнен заодно с первой частью 246. Вторая часть 224 простирается вертикально от первой части 246 к мостовой конструкции 202. Соединительное устройство 244 дополнительно содержит третью часть 226. Третья часть 226 соединена со вторым концом второй части 224. В некоторых вариантах осуществления третья часть 226 может быть поднята или опущена, чтобы отрегулировать анодный модуль в вертикальном направлении относительно катодного модуля.

[0057] В некоторых вариантах осуществления соединительное устройство 244 можно регулировать вдоль длины мостовой конструкции 202 (т.е. в направлении, показанном стрелкой 228), чтобы обеспечить избирательное позиционирование множества анодов в горизонтальном направлении относительно смежных катодов.

[0058] На фиг.1 и 2 показаны два анодных модуля 12 и два катодных модуля 14 с прямоугольными пластинчатыми анодами 12Е и прямоугольными пластинчатыми катодами 14Е, расположенными во взаимно чередующихся положениях. Как показано на фиг.2, анодные модули 12 содержат матрицу анодов 12Е с шириной в два и глубиной в пять электродных элементов 12Е. Каждый катодный модуль 14 содержит матрицу с шириной в один катод 14Е и глубиной в четыре катода 14Е. Как будет описано ниже, это одна из многих конфигураций, предполагаемых настоящим изобретением. Эта компоновка также может быть описана как электролизер с вертикальными электродными сборками, в которых анодные и катодные элементы расположены один рядом с другим в чередующейся параллельной конфигурации, ограничивая множество смежных ячеек. Когда в электролизную ванну 16 вводят электролит 22, погружая разнесенные, чередующиеся аноды 12Е и катода 14Е, образуется множество электролитических ячеек электролизера 10. Когда глиноземную руду (не показана) распределяют в электролите 22 и пропускают постоянный ток через анодные и катодные модули 12, 14 и электролит 22, глинозем может быть восстановлен до металлического алюминия за счет диссоциации в растворе, восстановления на катоде и окисления на аноде: $2\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 4\text{Al}(\text{на катоде}) + 3\text{O}_2(\text{на аноде})$. Когда электрический ток протекает через анодные модули 12 и катодные модули 14 электролизера 10, кислородсодержащие ионы, присутствующие в электролите, разряжаются на поверхности анодов 12Е, выделяясь в виде газообразного O_2 . Для улавливания отходящих газов могут быть предусмотрены укрытие, газоходы и скруббер (не показаны). Алюминий, образовавшийся в электролизере 10, накапливается на его подине (т.е. на слое металла 114F по фиг.3 внутри электролизера), откуда его

периодически выпускают.

[0059] На фиг.3 показан анодный модуль 112 и катодный модуль 114 с их электродами 112Е и 114Е во взаимно чередующихся положениях. Высоту электролитной ванны 122 относительно катодов 114 можно назвать «расстоянием от уровня электролита до катодов», или РЭК. В одном варианте осуществления РЭК может составлять в диапазоне от 1/8 дюйма до 10 дюймов, а в другом варианте осуществления – от 1/2 дюйма до 6 дюймов. Анодный модуль 112 можно поднимать и опускать (т.е. он избирательно позиционируем) по высоте относительно положения катодного модуля 114, как показано двойной стрелкой V. В некоторых вариантах аноды 112Е не полностью погружены в электролитную ванну и проходят через границу раздела электролитная ванна-пар во время производства металла. Эта вертикальная регулируемость позволяет регулировать обозначенное буквой Y «перекрытие» анодов и катодов. Уровень электролитной ванны 22 (фиг.1), высота анодных электродов 112Е и катодных элементов 114Е могут потребовать регулировки положения анодного модуля 112 относительно катодного модуля 114 в вертикальном направлении, чтобы добиться выбранного перекрытия анод-катод (ПАК) Y, а также глубины погружения в электролит 22. В некоторых вариантах осуществления, как показано на фиг.3, анодные электроды 112Е по меньшей мере частично погружены в электролит, а катодные электроды 114Е полностью погружены в электролит. Изменение ПАК Y можно использовать для изменения сопротивления электролизера и поддержания стабильной температуры электролизера.

[0060] Существует также горизонтальный интервал, который можно назвать расстоянием анод-катод, или «МПР», между анодами 112Е и катодами 114Е, как обозначено X1 – расстоянием между катодом 114Е и ближайшим слева от него анодным элементом 112Е и X2 – расстоянием между катодом 114Е и ближайшим справа от него анодом 112Е. Как показано на фиг.3, интервал Z между осевыми линиями CL анодов 112Е и осевыми линиями (не показаны) катодов может быть одинаковым, так что горизонтальное расстояние X1, X2 каждого катода 114Е от соответствующих анодов 112Е будет единообразным. Как показано на фиг.3, расстояние X1 может быть различным, например, меньшим, чем расстояние X2, и в этом случае будет иметь место предпочтительное течение тока, связанное с меньшим расстоянием X1 или X2. Расстояние X1, X2 может быть регулируемым или фиксированным, что определяется механической опорной конструкцией для анодных модулей 112. Положение катодных модулей 114 также может быть фиксированным или регулируемым. Для обеспечения требуемого расстояния анод-катод (МПР) может быть применена прокладка, которую вставляют между по меньшей мере одним противостоящим анодом 112Е и катодным элементом

114E.

[0061] Диапазон величины интервала Z для совокупности анодов 112E и катодов 114E зависит от толщины анодов 112E и катодов 114E, а также от расстояния анод-катод (МПП). Диапазон величины расстояний $X1$ и $X2$ для анодов 112E и катодов 114E, имеющих описанные выше диапазоны размеров, будет в пределах от 1/4 дюйма до 6 дюймов, в некоторых вариантах от 1/4 дюйма до 5 дюймов, в некоторых вариантах осуществления от 1/4 дюйма до 3 дюймов. Диапазон величины перекрытия Y для анодов 112E и катодов 114E будет в пределах от 1 дюйма до 100 дюймов, в некоторых вариантах осуществления от 4 дюймов до 75 дюймов, в некоторых вариантах осуществления от 6 дюймов до 35 дюймов, а в некоторых вариантах осуществления от 8 дюймов до 25 дюймов.

[0062] Аноды 112E могут быть монолитными или композитными, имеющими внутреннюю часть, выполненную из металлического проводника, и внешнюю часть, которая изготовлена из материала, приспособленного сопротивляться окислению и коррозии под воздействием расплавленного электролита 22 в электролизере 10. Аноды 112E могут быть выполнены на керамической основе, например, оксидов железа, титана, цинка, кобальта и меди, ферритов (ферритов никеля, ферритов меди, ферритов цинка, многоэлементных ферритов) и их смесей; на металлической основе, например, меди, никеля, железа, кобальта, титана, алюминия, цинка, олова и/или сплавов одного или более из этих металлов; или на металлокерамической основе (смесей оксидов и металлов, т. е. композиционного материала, содержащего по меньшей мере одну керамическую фазу и одну металлическую фазу). Катоды 14E могут быть изготовлены из коррозионностойких, смачиваемых расплавленным алюминием материалов, таких как диборид титана, диборид циркония, диборид гафния, диборид стронция, углеродистые материалы и их сочетания.

[0063] Противостоящие, вертикально ориентированные электроды 112E, 114E позволяют газообразным фазам (O_2), образующимся вблизи них, отсоединяться от них и физически отделяться от анода 112 из-за плавучести газовых пузырьков O_2 в расплавленном солевом электролите 22. Поскольку пузырьки могут свободно уходить с поверхностей анода 112, они не накапливаются на поверхностях анода с образованием электроизолирующего/резистивного слоя, допускающего нарастание электрического потенциала, приводящего в результате к высокому сопротивлению и высокому потреблению энергии. Аноды 112E могут быть расположены рядами или столбцами с или без промежутка бок о бок или зазора между ними, создавая канал, который повышает движение расплавленного электролита, тем самым улучшая массоперенос и давая возможность растворенному глинозему достигать поверхности анодного модуля 112.

Число рядов анодов 112Е может варьироваться от 1 до любого выбранного числа, и число анодов 112Е в ряду может варьироваться от 1 до любого числа. Катоды 114Е могут быть аналогично расположены рядами с или без промежутка бок о бок (зазоров) между ними и могут аналогично варьироваться по числу рядов и числу катодов 114Е в ряду от 1 до любого числа.

[0064] На фиг.4 показан электролизер 10 по фиг.1 в ориентации, допускающей визуализацию МПР (X1, X2) и перекрытия Y.

[0065] На фиг.5 показаны два ряда анодной матрицы анодных модулей 212 и катодных модулей 214, подобных тем, которые показаны на фиг.1 и 2. У анодных модулей 212 и катодных модулей 214, имеющих диапазон размеров, описанных выше со ссылкой на фиг.1 и 2, число анодных модулей 212 и катодных модулей 214 в матрице может быть в диапазоне от 1 до 64, в некоторых вариантах осуществления от 2 до 48, а в некоторых вариантах осуществления от 8 до 48, которые будут размещаться в электролизной ванне 16 (фиг.1).

[0066] На фиг.6 показан анодно-катодный модуль 412, расположенный внутри электролизера 410 в соответствии с другим вариантом осуществления настоящего изобретения. Анодный модуль 412 имеет пять рядов анодов 412Е, которые расположены близко друг к другу (близко расставлены) или соприкасаются бок о бок на более длинной протяженности анодного модуля 412. Три центральных ряда анодов имеют по девять анодов 412Е, а два внешних ряда – по восемь анодов 412Е, чтобы поместились скошенные кромки 412С. Скошенные кромки 412С могут использоваться для того, чтобы обеспечить возможность добавления глинозема или выпуска металлического алюминия. Четыре ряда катодов 414Е, по четыре в каждом ряду, чередуются (перемежаются) с рядами анодов 412Е.

[0067] Расстояние между анодами и катодами (МПР) является и единообразным, и одинаковым с обеих сторон от анодов 412Е и катодов 414Е, т.е. X1 и X2 приблизительно равны и могут меняться по величине так, как описано выше со ссылкой на фиг.3. Как отмечено выше, настоящее изобретение предполагает, что МПР может быть регулируемым, так что X1 и X2 не равны. Как отмечено выше, анодный модуль 412 может быть регулируемым по высоте относительно катодного модуля 414. Результирующее перекрытие Y (см. фиг.3) может меняться по величине так, как описано выше со ссылкой на фиг.3.

[0068] На фиг.7 показана серия схематических изображений поперечных сечений множества различных анодов 512Е, 612Е, 712Е, 812Е и 912Е в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. Анод 512Е имеет прямоугольную форму

поперечного сечения и может иметь размеры в диапазоне от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине (W), от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте (в плоскость и из плоскости чертежа) и от 1/4 дюйма до 10 дюймов по толщине (Т). В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения может иметь ширину от 20 дюймов до 75 дюймов, от 40 дюймов до 75 дюймов, от 60 дюймов до 75 дюймов, от 1 дюйма до 55 дюймов, от 1 дюйма до 35 дюймов или от 1 дюйма до 15 дюймов. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения может иметь высоту от 5 дюймов до 80 дюймов, от 5 дюймов до 60 дюймов, от 5 дюймов до 40 дюймов, от 5 дюймов до 20 дюймов, от 20 дюймов до 100 дюймов, от 40 дюймов до 100 дюймов, от 60 дюймов до 100 дюймов или от 80 дюймов до 100 дюймов. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения может иметь толщину от 1 дюйма до 10 дюймов, от 2 дюймов до 10 дюймов, от 4 дюймов до 10 дюймов, от 6 дюймов до 10 дюймов, от 8 дюймов до 10 дюймов, от 1 дюйма до 8 дюймов, от 1 дюйма до 6 дюймов, от 1 дюйма до 4 дюймов, от 1 дюйма до 2 дюймов.

[0069] Анод 612Е имеет прямоугольную форму поперечного сечения с закругленными углами и может иметь размеры в диапазоне от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте (в плоскость и из плоскости чертежа), от 1/4 дюйма до 10 дюймов по толщине и радиус кривизны R1 от 1/8 дюйма до 1 дюйма. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения с закругленными углами может иметь ширину от 20 дюймов до 75 дюймов, от 40 дюймов до 75 дюймов, от 60 дюймов до 75 дюймов, от 1 дюйма до 55 дюймов, от 1 дюйма до 35 дюймов или от 1 дюйма до 15 дюймов. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения с закругленными углами может иметь высоту от 5 дюймов до 80 дюймов, от 5 дюймов до 60 дюймов, от 5 дюймов до 40 дюймов, от 5 дюймов до 20 дюймов, от 20 дюймов до 100 дюймов, от 40 дюймов до 100 дюймов, от 60 дюймов до 100 дюймов или от 80 дюймов до 100 дюймов. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения с закругленными углами может иметь толщину от 1 дюйма до 10 дюймов, от 2 дюймов до 10 дюймов, от 4 дюймов до 10 дюймов, от 6 дюймов до 10 дюймов, от 8 дюймов до 10 дюймов, от 1 дюйма до 8 дюймов, от 1 дюйма до 6 дюймов, от 1 дюйма до 4 дюймов, от 1 дюйма до 2 дюймов. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения с закругленными углами может иметь радиус кривизны R1 от 1/4 дюйма до 1 дюйма, от 1/2 дюйма до 1 дюйма, от 1/8 дюйма до 1/2 дюйма или от 1/8 дюйма до 1/4 дюйма.

[0070] Анод 712Е имеет скругленную прямоугольную форму поперечного сечения с закругленными концами и может иметь размеры в диапазоне от 1 дюйма до 50 дюймов

по ширине, от 5 дюймов до 75 дюймов по высоте (в плоскость и из плоскости чертежа), от 1/4 дюйма до 6 дюймов по толщине и радиус кривизны R2 от 1/8 дюйма до 3 дюймов. В некоторых вариантах осуществления скругленная прямоугольная форма поперечного сечения с закругленными концами может иметь ширину от 10 дюймов до 50 дюймов, от 20 дюймов до 50 дюймов, от 30 дюймов до 50 дюймов, от 40 дюймов до 50 дюймов, от 1 дюйма до 40 дюймов, от 1 дюйма до 30 дюймов, или от 1 дюйма до 20 дюймов, от 1 дюйма до 10 дюймов. В некоторых вариантах осуществления скругленная прямоугольная форма поперечного сечения с закругленными концами может иметь высоту от 5 дюймов до 60 дюймов, от 5 дюймов до 40 дюймов, от 5 дюймов до 20 дюймов, от 5 дюймов до 10 дюймов, от 20 дюймов до 75 дюймов, от 40 дюймов до 75 дюймов или от 60 дюймов до 75 дюймов. В некоторых вариантах осуществления скругленная прямоугольная форма поперечного сечения может иметь толщину от 1 дюйма до 6 дюймов, от 2 дюймов до 6 дюймов, от 4 дюймов до 6 дюймов, от 1/4 дюйма до 4 дюймов, от 1/4 дюйма до 2 дюймов или от 1/4 дюйма до 1 дюйма. В некоторых вариантах осуществления скругленная прямоугольная форма поперечного сечения с закругленными концами может иметь радиус кривизны R2 от 1/8 дюйма до 3 дюймов, от 1/8 дюйма до 2 дюймов, от 1/8 дюйма до 1 дюйма, от 1 дюйма до 3 дюймов или от 2 дюймов до 3 дюймов.

[0071] Анод 812E имеет эллиптическую форму поперечного сечения с большой осью A1 в диапазоне от 1 дюйма до 30 дюймов, малой осью A2 в диапазоне от 1/4 дюйма до 5 дюймов и высоту в диапазоне от 5 дюймов до 50 дюймов. В некоторых вариантах осуществления эллиптическая форма поперечного сечения имеет большую ось A1 в диапазоне от 1 дюйма до 20 дюймов, от 1 дюйма до 10 дюймов, от 1 дюйма до 5 дюймов, от 5 дюймов до 30 дюймов, от 10 дюймов до 30 дюймов или от 20 дюймов до 30 дюймов. В некоторых вариантах осуществления эллиптическая форма поперечного сечения имеет малую ось A2 в диапазоне от 1/4 дюйма до 3 дюймов, от 1/4 дюйма до 1 дюйма, от 1 дюйма до 5 дюймов или от 3 дюймов до 5 дюймов. В некоторых вариантах осуществления эллиптическая форма поперечного сечения имеет высоту в диапазоне от 5 дюймов до 40 дюймов, от 5 дюймов до 30 дюймов, от 5 дюймов до 20 дюймов, от 5 дюймов до 10 дюймов, от 10 дюймов до 40 дюймов, от 20 дюймов до 40 дюймов или от 30 дюймов до 40 дюймов.

[0072] Анод 912E имеет круглую форму поперечного сечения с радиусом R3 в диапазоне от 1/4 дюйма до 6 дюймов и высотой в диапазоне от 5 дюймов до 75 дюймов. В некоторых вариантах осуществления круглая форма поперечного сечения имеет радиус R3 в диапазоне от 1 дюйма до 6 дюймов, от 3 дюймов до 6 дюймов, от 5 дюймов до 6 дюймов, от 1/4 дюйма до 4 дюймов, от 1/4 дюйма до 2 дюймов или от 1/4 дюйма до 1

дюйма.

[0073] Хотя каждое из поперечных сечений анодов 512E-912E, показанных на фиг.11, может быть единообразным (постоянным) по длине соответствующего анода 512E-912E, поперечное сечение также может меняться по длине (высоте) анода, например, анод может суживаться в любом данном направлении, совершать периодическую вариацию или иным образом варьироваться по толщине и/или ширине поперечного сечения вдоль его длины (высоты).

[0074] На фиг.8 показана серия схематических изображений поперечных сечений множества различных катодов 1014E, 1114E, 1214E, 1314E и 1414E в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. Катод 1014E имеет прямоугольную форму поперечного сечения и может иметь размеры в диапазоне от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине (W), от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте (в плоскость и из плоскости чертежа) и от 1/8 дюйма до 5 дюймов по толщине (T). В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения может иметь ширину от 20 дюймов до 75 дюймов, от 40 дюймов до 75 дюймов, от 60 дюймов до 75 дюймов, от 1 дюйма до 55 дюймов, от 1 дюйма до 35 дюймов или от 1 дюйма до 15 дюймов. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения может иметь высоту от 5 дюймов до 80 дюймов, от 5 дюймов до 60 дюймов, от 5 дюймов до 40 дюймов, от 5 дюймов до 20 дюймов, от 20 дюймов до 100 дюймов, от 40 дюймов до 100 дюймов, от 60 дюймов до 100 дюймов или от 80 дюймов до 100 дюймов. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения может иметь толщину от 1 дюйма до 10 дюймов, от 2 дюймов до 10 дюймов, от 4 дюймов до 10 дюймов, от 6 дюймов до 10 дюймов, от 8 дюймов до 10 дюймов, от 1 дюйма до 8 дюймов, от 1 дюйма до 6 дюймов, от 1 дюйма до 4 дюймов, от 1 дюйма до 2 дюймов.

[0075] Катоды 1114E имеют прямоугольную форму поперечного сечения и могут иметь размеры в диапазоне от 1 дюйма до 40 дюймов по ширине (W), от 5 дюймов до 75 дюймов по высоте (в плоскость и из плоскости чертежа) и от 1/8 дюйма до 5 дюймов по толщине. Они расположены бок о бок (разнесены) с зазором G1, имеющим размеры в диапазоне от 1/16 дюйма до 5 дюймов. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения может иметь ширину от 1 дюйма до 30 дюймов, от 1 дюйма до 20 дюймов, от 1 дюйма до 10 дюймов, от 10 дюймов до 40 дюймов, от 20 дюймов до 40 дюймов или от 30 дюймов до 40 дюймов. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения может иметь высоту от 5 дюймов до 60 дюймов, от 5 дюймов до 40 дюймов, от 5 дюймов до 20 дюймов, от 20 дюймов до 75 дюймов, от 40 дюймов до 75 дюймов или от 60 дюймов до 75 дюймов. В

некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения может иметь толщину от 1 дюйма до 5 дюймов, от 3 дюймов до 5 дюймов, от 1/8 дюйма до 3 дюймов или от 1/8 дюйма до 1 дюйма. В некоторых вариантах осуществления прямоугольная форма поперечного сечения может иметь зазор G1 с размерами в диапазоне от 1 дюйма до 5 дюймов, от 3 дюймов до 5 дюймов, от 1/16 дюйма до 3 дюймов или от 1/16 дюйма до 1 дюйма.

[0076] Катоды 1214E имеют круглую форму поперечного сечения и могут иметь размеры в диапазоне от 1/8 дюйма до 3 дюймов по радиусу и от 5 дюймов до 75 дюймов по высоте (в плоскость и из плоскости чертежа). Они отстоят один от другого (разнесены) с зазором G2, имеющим размеры в диапазоне от 1/16 дюйма до 2 дюймов. В некоторых вариантах осуществления круглая форма поперечного сечения может иметь радиус от 1/8 дюйма до 2 дюймов, от 1/8 дюйма до 1 дюйма, от 1 дюйма до 3 дюймов или от 2 дюймов до 3 дюймов. В некоторых вариантах осуществления круглая форма поперечного сечения может иметь высоту от 20 дюймов до 75 дюймов, от 40 дюймов до 75 дюймов, от 60 дюймов до 75 дюймов, от 5 дюймов до 55 дюймов, от 5 дюймов до 35 дюймов или от 5 дюймов до 15 дюймов. В некоторых вариантах осуществления круглая форма поперечного сечения может иметь зазор G2 с размерами в диапазоне от 1/8 дюйма до 2 дюймов, от 1/4 дюйма до 2 дюймов, от 1 дюйма до 2 дюймов, от 1/16 дюйма до 1 дюйма, от 1/16 дюйма до 1/4 дюйма или от 1/16 дюйма до 1/8 дюйма.

[0077] Катоды 1314E имеют скругленную прямоугольную форму поперечного сечения с закругленными концами и могут иметь размеры в диапазоне от 1/4 дюйма до 3 дюймов по ширине (W), от 5 дюймов до 75 дюймов по высоте (в плоскость и из плоскости чертежа) и от 1/8 дюйма до 3 дюймов по толщине. Они отстоят один от другого (разнесены) с зазором G3, имеющим размеры в диапазоне от 1/16 дюйма до 3 дюймов. В некоторых вариантах осуществления скругленная прямоугольная форма поперечного сечения может иметь ширину от 1/4 дюйма до 2 дюймов, от 1/4 дюйма до 1 дюйма, от 1/4 дюйма до 1/2 дюйма, от 1/2 дюйма до 3 дюймов, от 1 дюйма до 3 дюймов или от 2 дюймов до 3 дюймов. В некоторых вариантах осуществления скругленная прямоугольная форма поперечного сечения может иметь высоту от 5 дюймов до 60 дюймов, от 5 дюймов до 40 дюймов, от 5 дюймов до 20 дюймов, от 20 дюймов до 75 дюймов, от 40 дюймов до 75 дюймов или от 60 дюймов до 75 дюймов. В некоторых вариантах осуществления скругленная прямоугольная форма поперечного сечения может иметь толщину от 1/8 дюйма до 3 дюймов, от 1/4 дюйма до 3 дюймов, от 1 дюйма до 3 дюймов, от 1/8 дюйма до 2 дюймов, от 1/8 дюйма до 1 дюйма, от 1/8 дюйма до 1/2 дюйма или от 1/8 дюйма до 1/4 дюйма. В некоторых вариантах осуществления скругленная прямоугольная форма

поперечного сечения может иметь зазор G3 с размерами в диапазоне от 1/16 дюйма до 2 дюймов, от 1/16 дюйма до 1 дюйма, от 1/16 дюйма до 1/2 дюйма, от 1/8 дюйма до 3 дюймов, от 1/4 дюйма до 3 дюймов или от 1 дюйма до 3 дюймов.

[0078] Катоды 1414E имеют эллиптическую форму поперечного сечения и могут иметь размеры с большой осью в диапазоне от 1 дюйма до 8 дюймов, малой осью в диапазоне от 1/4 дюйма до 3 дюймов и высотой в диапазоне от 5 дюймов до 75 дюймов. В некоторых вариантах осуществления эллиптическая форма поперечного сечения имеет большую ось в диапазоне от 1 дюйма до 6 дюймов, от 1 дюйма до 4 дюймов, от 1 дюйма до 2 дюймов, от 2 дюймов до 8 дюймов, от 4 дюймов до 8 дюймов или от 6 дюймов до 8 дюймов. В некоторых вариантах осуществления эллиптическая форма поперечного сечения имеет малую ось в диапазоне от 1/4 дюйма до 2 дюймов, от 1/4 дюйма до 1 дюйма, от 1/2 дюйма до 3 дюймов или от 1 дюйма до 3 дюймов. В некоторых вариантах осуществления эллиптическая форма поперечного сечения имеет высоту в диапазоне от 5 дюймов до 60 дюймов, от 5 дюймов до 40 дюймов, от 5 дюймов до 20 дюймов, от 5 дюймов до 10 дюймов, от 20 дюймов до 75 дюймов, от 40 дюймов до 75 дюймов или от 60 дюймов до 75 дюймов.

[0079] На фиг.9-13 показаны схематические изображения множества различных чередующихся анодов и катодов в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. Как показано на фиг.9-13, ряды анодов 1512E... 2412 E и ряды катодов 1514E... 2414E (и каналы между ними, которые ограничены ими) могут быть расположены рядами, которые могут иметь выбранную ориентацию относительно данного электролизера 10. На фиг.9 показаны две анодно-катодных конфигурации A и B, каждая из которых снабжена удлиненными прямоугольными теплоизоляционными слоями 1512B, 1612B. Анодный модуль 1512 имеет пять рядов анодов 1512E, по десять в ряду, которые близко расставлены или соприкасаются бок о бок вдоль более длинного размера анодного модуля 1512. Четыре ряда катодов 1514E, по четыре в каждом ряду, чередуются с рядами анодов 1512E. Анодный модуль 1612 имеет восемь рядов анодов 1612E, по три в одном ряду, которые близко расставлены или соприкасаются бок о бок вдоль более короткого размера анодного модуля 1612. Семь рядов катодов 1614E, по два в каждом ряду, чередуются с рядами анодов 1612E.

[0080] На фиг.10 показаны две анодно-катодных конфигурации A и B, каждая из которых снабжена прямоугольными теплоизоляционными слоями 1712B, 1812B со скосами C. Анодный модуль 1712 имеет шесть рядов анодов 1712E с круглой формой поперечного сечения. Каждый ряд, который вытянут вдоль меньшего размера анодного модуля 1712, имеет восемь анодов 1712E, за исключением ряда возле скосов C, который

имеет шесть. Аноды 1712Е разнесены вдоль более короткого размера анодного модуля 1712. Пять рядов катодов 1714Е с поперечным сечением в целом прямоугольной формы, причем каждый ряд имеет по четыре катода 1714Е, чередуются с рядами анодов 1712Е. Анодный модуль 1812 имеет четыре ряда анодов 1812Е, имеющих круглую форму поперечного сечения, либо с двенадцатью (центральные ряды), либо с одиннадцатью анодами (концевые ряды вблизи скоса) в ряду, которые близко расставлены вдоль более длинного размера анодного модуля 1812. Три ряда катодов 1814Е, по три катода 1814Е в каждом ряду, чередуются с рядами анодов 1812Е.

[0081] На фиг.11 показаны две анодно-катодные конфигурации А и В, каждая из которых снабжена прямоугольными теплоизоляционными слоями 1912В, 2012В со скосами С. Анодный модуль 1912 имеет шесть рядов анодов 1912Е с круглой формой поперечного сечения. Каждый ряд, который вытянут вдоль меньшего размера анодного модуля 1912, имеет восемь анодов 1912Е, за исключением ряда возле скосов С, который имеет шесть. Аноды 1912Е разнесены вдоль более короткого размера анодного модуля 1912. Пять рядов катодов 1914Е с поперечным сечением в целом прямоугольной формы, причем каждый ряд имеет шесть катодов 1914Е, чередуются с рядами анодов 1912Е. Анодный модуль 2012 имеет четыре ряда анодов 2012Е с круглой формой поперечного сечения, либо с двенадцатью (центральные ряды), либо с одиннадцатью анодами (концевые ряды вблизи скоса) в каждом ряду, которые близко расставлены вдоль более длинного размера анодного модуля 2012. Три ряда катодов 2014Е, по девять катодов 2014Е в каждом ряду, чередуются с рядами анодов 2012Е.

[0082] На фиг.12 показаны две анодно-катодные конфигурации А и В, каждая из которых снабжена прямоугольными теплоизоляционными слоями 2112В, 2212В со скосами С. Анодный модуль 2112 имеет шесть рядов анодов 2112Е с круглой формой поперечного сечения. Каждый ряд, который вытянут вдоль меньшего размера анодного модуля 2112, имеет восемь анодов 2112Е, за исключением ряда вблизи скосов С, который имеет шесть. Аноды 2112Е разнесены вдоль более короткого размера анодного модуля 2112. Пять рядов катодов 2114Е с в целом круглой формой поперечного сечения, причем каждый ряд имеет по пятнадцать катодов 2114Е, за исключением ближайшего к скосам ряда, который имеет тринадцать, чередуются с рядами анодов 2112Е. Анодный модуль 2212 имеет четыре ряда анодов 2212Е с круглой формой поперечного сечения, либо с двенадцатью (центральные ряды), либо с одиннадцатью анодами (концевые ряды вблизи скоса) в каждом ряду, которые близко расставлены вдоль более длинного размера анодного модуля 2212. Три ряда катодов 2214Е, имеющих круглую форму поперечного сечения, либо с двадцатью тремя катодами (центральный ряд), либо с двадцатью двумя

(концевые ряды) в ряду, чередуются с рядами анодов 2212E.

[0083] На фиг.13 показаны две анодно-катодные конфигурации А и В, каждая из которых снабжена прямоугольными теплоизоляционными слоями 2312В, 2412В со скосами С. Анодный модуль 2312 имеет шесть рядов анодов 2312Е с круглой формой поперечного сечения. Каждый ряд, который вытянут вдоль меньшего размера анодного модуля 2312, имеет восемь анодов 2312Е, за исключением ряда возле скосов С, который имеет шесть. Аноды 2312Е разнесены в рядах вдоль более короткого размера анодного модуля 2312. Пять рядов катодов 2314Е с поперечным сечением в целом прямоугольной формы с закругленными концами, по восемь катодов 2314Е в каждом ряду, чередуется с рядами анодов 2312Е. Анодный модуль 2412 имеет четыре ряда анодов 2412Е с круглой формой поперечного сечения, либо с двенадцатью (центральные ряды), либо с одиннадцатью анодами (концевые ряды вблизи скоса) в каждом ряду, которые близко расставлены вдоль более длинного размера анодного модуля 2412. Три ряда катодов 2414Е с прямоугольной формой поперечного сечения с закругленными концами, по двенадцать катодов в каждом ряду, чередуются с рядами анодов 2412Е.

[0084] Описанные выше электроды в раскрытых диапазонах размеров могут быть использованы для получения металлического алюминия с чистотой P1020 или лучше. Увеличенная площадь поверхности электродов на единицу объема электролизера может привести к более высоким темпам производства. Описанные выше электродные конструкции могут устранить или уменьшить образование CO_2 и снизить выбросы загрязняющих веществ, образующиеся при выплавке методом Холла-Эру, таких как CF_4 и SO_2 .

[0085] В некоторых вариантах осуществления способ получения металлического алюминия электрохимическим восстановлением глинозема включает: (а) пропускание тока между анодом и катодом через электролитную ванну электролизера, причем этот электролизер содержит: (i) по меньшей мере один анодный модуль, имеющий множество анодов, причем каждый из множества анодов является выделяющим кислород анодом, (ii) по меньшей мере один катодный модуль, противостоящий анодному модулю, причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль содержит множество катодов, причем каждый из множества анодов и каждый из множества катодов имеют на себе поверхности, которые ориентированы вертикально и разнесены одна от другой, причем катоды являются смачиваемыми, и причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль соединен с подиной электролизера, (iii) электролизную ванну, (iv) электролит, расположенный внутри электролизной ванны, и (v) слой металла, расположенный внутри электролизной ванны, при этом множество анодов по меньшей мере частично погружены

в электролит и подвешены над катодным модулем и проходящими вниз к катодному модулю, при этом множество катодов полностью погружены в электролит, при этом множество катодов расположены в электролизной ванне проходящими вверх к анодному модулю, при этом каждый из множества анодов и каждый из множества катодов расположены поочередно внутри электролизной ванны, при этом множество анодов является избирательно позиционируемым в горизонтальном направлении относительно смежных катодов, при этом анодный модуль является избирательно позиционируемым в вертикальном направлении относительно катодного модуля, и при этом часть каждого из анодных электродов перекрывает часть смежных катодов; (b) подачу исходного материала в электролизер; и (c) регулирование анодного модуля в вертикальном направлении относительно катодного модуля.

[0086] В некоторых вариантах осуществления описанного выше способа исходный материал электролитически восстанавливают до продукта-металла. В некоторых вариантах осуществления описанного выше способа продукт-металл стекает с катодов на подину электролизера, формируя слой металла. В некоторых вариантах осуществления описанного выше способа получают продукт-металл со степенью чистоты P1020. В некоторых вариантах осуществления описанного выше способа регулирование анодного модуля включает поднимание упомянутого по меньшей мере одного анодного модуля для уменьшения перекрытия части каждого из анодных электродов относительно части смежных катодов (например, уменьшения перекрытия анод-катод (ПАК)). В некоторых вариантах осуществления описанного выше способа регулирование анодного модуля включает в себя опускание упомянутого по меньшей мере одного анодного модуля для увеличения перекрытия части каждого из анодных электродов относительно части смежных катодов (например, увеличения перекрытия анод-катод (ПАК)).

[0087] В некоторых вариантах осуществления способ получения металлического алюминия электрохимическим восстановлением глинозема включает: (a) пропускание тока между анодом и катодом через электролитную ванну электролизера, причем этот электролизер содержит: (i) по меньшей мере один анодный модуль, имеющий множество анодов, причем каждый из множества анодов является выделяющим кислород анодом, (ii) по меньшей мере один катодный модуль, противостоящий анодному модулю, причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль содержит множество катодов, причем каждый из множества анодов и каждый из множества катодов имеют на себе поверхности, которые ориентированы вертикально и разнесены одна от другой, причем катоды являются смачиваемыми, и при этом упомянутый по меньшей мере один катодный модуль соединен с подиной электролизера, (iii) электролизную ванну, (iv) электролит,

расположенный внутри электролизной ванны, и (v) слой металла, расположенный внутри электролизной ванны, при этом множество анодов по меньшей мере частично погружены в электролит и подвешены над катодным модулем и проходящими вниз к катодному модулю, при этом множество катодов полностью погружены в электролит, при этом множество катодов расположены в электролизной ванне проходящими вверх к анодному модулю, при этом каждый из множества анодов и каждый из множества катодов расположены поочередно внутри электролизной ванны, при этом множество анодов является избирательно позиционируемым в горизонтальном направлении относительно смежных катодов, при этом анодный модуль является избирательно позиционируемым в вертикальном направлении относительно катодного модуля, и при этом часть каждого из анодных электродов перекрывает часть смежных катодов; (b) подачу исходного материала в электролизер; и (c) регулирование множества анодов в горизонтальном направлении относительно смежных катодов.

[0088] В некоторых вариантах осуществления описанного выше способа множество анодов регулируют в горизонтальном направлении так, что горизонтальное расстояние (например, расстояние между анодом и катодом (МПП)) является одинаковым или по существу аналогичным по обе стороны от анодов в анодном модуле (т. е. при измерении МПП по обе стороны от анода в анодном модуле до катодов, расположенных с противоположных сторон от этого анода). В некоторых вариантах осуществления описанного выше способа исходный материал электролитически восстанавливают до продукта-металла.

[0089] В некоторых вариантах осуществления описанного выше способа продукт-металл стекает с катодов на подину электролизера, формируя слой металла. В некоторых вариантах осуществления описанного выше способа получают продукт-металл со степенью чистоты P1020.

[0090] Регулирование вертикального или горизонтального положения анодного модуля, как описано в приведенных выше вариантах осуществления, обеспечивает повышенный электрический КПД при электролитическом производстве металла. Регулирование вертикального или горизонтального положения анодного модуля, как описано в приведенных выше вариантах осуществления, также обеспечивает сниженное падение напряжения на электролизере (например, сниженное электрическое сопротивление). Регулирование вертикального или горизонтального положения анодного модуля, как описано в приведенных выше вариантах осуществления, также обеспечивает скорректированную температуру электролизера, скорректированную скорость подачи исходного материала и/или оптимизированные рабочие параметры электролизера.

[0091] Настоящее изобретение может быть осуществлено в следующих вариантах:

1. Электролизер, содержащий:

по меньшей мере один анодный модуль, имеющий множество анодов, причем каждый из множества анодов является выделяющим кислород электродом;

по меньшей мере один катодный модуль, противостоящий анодному модулю, причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль содержит множество катодов, причем каждый из множества анодов и каждый из множества катодов имеют на себе поверхности, которые ориентированы вертикально и разнесены одна от другой, причем катоды являются смачиваемыми, и причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль соединен с подиной электролизера;

электролизную ванну;

электролит, расположенный внутри электролизной ванны; и

слой металла, расположенный внутри электролизной ванны,

при этом множество анодов по меньшей мере частично погружены в электролит и подвешены над катодным модулем и проходящими вниз к катодному модулю,

при этом множество катодов полностью погружены в электролит,

при этом множество катодов расположены в электролизной ванне проходящими вверх к анодному модулю,

при этом каждый из множества анодов и каждый из множества катодов расположены поочередно внутри электролизной ванны,

при этом множество анодов является избирательно позиционируемым в горизонтальном направлении относительно смежных катодов,

при этом анодный модуль является избирательно позиционируемым в вертикальном направлении относительно катодного модуля, и

при этом часть каждого из анодных электродов перекрывает часть смежных катодов.

2. Электролизер по п.1, в котором множество анодов образуют по меньшей мере один ряд на анодном модуле.

3. Электролизер по п.2, в котором множество катодов образуют по меньшей мере один ряд на катодном модуле.

4. Электролизер по п.3, в котором смежные аноды в упомянутом по меньшей мере одном ряду анодов имеют между собой зазор.

5. Электролизер по п.4, в котором смежные катоды в упомянутом по меньшей мере одном ряду катодов имеют между собой зазор.

6. Электролизер по п.5, в котором расстояние по горизонтали между анодом и

катодом составляет в диапазоне от 1/4 дюйма до 6 дюймов.

7. Электролизер по п.1, в котором перекрытие по вертикали анода и катода составляет в диапазоне от 1 дюйма до 100 дюймов.

8. Электролизер по п.1, в котором анод является пластиной с прямоугольной формой поперечного сечения, которая составляет от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте и от 1/4 дюйма до 10 дюймов по толщине.

9. Электролизер по п.1, в котором анод является пластиной с прямоугольной формой поперечного сечения с закругленными углами, имеющей ширину в диапазоне от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте и от 1/4 дюйма до 10 дюймов по толщине и радиус закругления угла от 1/8 дюйма до 1 дюйма.

10. Электролизер по п.1, в котором анод является пластиной со скругленной прямоугольной формой поперечного сечения с закругленными концами, имеющей ширину в диапазоне от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте и от 1/4 дюйма до 10 дюймов по толщине и радиус закругления конца от 1/8 дюйма до 3 дюймов.

11. Электролизер по п.1, в котором анод имеет эллиптическую форму поперечного сечения с большой осью в диапазоне от 1 дюйма до 30 дюймов, малой осью в диапазоне от 1/4 дюйма до 5 дюймов и высотой в диапазоне от 5 дюймов до 50 дюймов.

12. Электролизер по п.1, в котором анод имеет круглую форму поперечное сечение с радиусом в диапазоне от 1/4 дюйма до 6 дюймов и высотой в диапазоне от 5 дюймов до 75 дюймов.

13. Электролизер по п.1, в котором катод является пластиной с прямоугольной формой поперечного сечения, имеющей ширину в диапазоне от 1 дюйма до 75 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 100 дюймов по высоте и от 1/8 дюйма до 5 дюймов по толщине.

14. Электролизер по п.1, в котором катодный модуль включает в себя множество катодов, образующих по меньшей мере один ряд на катодном модуле, с зазором между смежными катодами в ряду, и при этом множество катодов имеют прямоугольную форму поперечного сечения с размерами в диапазоне от 1 дюйма до 40 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 75 дюймов по высоте и от 1/8 дюйма до 5 дюймов по толщине и зазором между ними в диапазоне от 1/16 дюйма до 5 дюймов.

15. Электролизер по п.1, в котором катодный модуль включает в себя множество катодов, образующих по меньшей мере один ряд на катодном модуле, с зазором между смежными катодами в ряду, и при этом множество катодов имеют круглую форму поперечного сечения с радиусом в диапазоне от 1/8 дюйма до 3 дюймов, высотой в диапазоне от 5 дюймов до 75 дюймов и зазором между ними в диапазоне от 1/16 дюйма до

2 дюймов.

16. Электролизер по п.1, в котором катодный модуль включает в себя множество катодов, образующих по меньшей мере один ряд на катодном модуле, с зазором между смежными катодами в ряду, и при этом множество катодов имеют скругленную прямоугольную форму поперечного сечения с размерами в диапазоне от 1/4 дюйма до 3 дюймов по ширине, от 5 дюймов до 75 дюймов по высоте и от 1/8 дюйма до 3 дюймов по толщине и зазором между ними в диапазоне от 1/16 дюйма до 3 дюймов.

17. Электролизер по п.1, в котором катодный модуль включает в себя множество катодов, образующих по меньшей мере один ряд на катодном модуле, с зазором между смежными катодами в ряду, и при этом множество катодов имеют эллиптическую форму поперечного сечения с малой осью в диапазоне от 1/4 дюйма до 3 дюймов, большой осью в диапазоне от 1 дюйма до 8 дюймов и высотой в диапазоне от 5 дюймов до 75 дюймов и зазором между ними в диапазоне от 1/16 дюйма до 3 дюймов.

18. Электролизер по п.1, в котором анодный модуль включает в себя множество анодов, расположенных на анодном модуле в виде матрицы, образующей множество рядов, а катодный модуль включает в себя множество катодов, расположенных на катодном модуле в виде матрицы, образующей множество рядов, причем множество рядов анодов и множество рядов катодов являются чередующимися, и при этом множество анодов имеют по меньшей мере одну форму поперечного сечения из прямоугольной, прямоугольной с закругленными краями, скругленной прямоугольной, круглой или эллиптической, и множество катодов имеют по меньшей мере одну форму поперечного сечения из прямоугольной, прямоугольной с закругленными краями, скругленной прямоугольной, круглой или эллиптической.

19. Электролизер по п.1, в котором анодный модуль имеет профиль в плоскости, перпендикулярной направлению протяженности анодов, с первым размером, превышающим второй размер, и при этом множество рядов анодов расположены параллельно или перпендикулярно первому размеру.

20. Электролизер по п.1, в котором расстояние по вертикали между верхней поверхностью электролита и верхним концом катода составляет в диапазоне от 1/8 дюйма до 10 дюймов.

21. Электролизер по п.1, дополнительно содержащий позиционирующее устройство, соединенное с упомянутым по меньшей мере одним анодным модулем, причем позиционирующее устройство выполнено с возможностью избирательного позиционирования упомянутого по меньшей мере одного анодного модуля в вертикальном направлении относительно катодного модуля, и при этом

позиционирующее устройство выполнено с возможностью избирательного позиционирования множества анодов в горизонтальном направлении относительно смежных катодов.

22. Способ получения металлического алюминия электрохимическим восстановлением глинозема, включающий:

(a) пропускание тока между анодом и катодом через электролитную ванну электролизера, причем электролизер содержит:

(i) по меньшей мере один анодный модуль, имеющий множество анодов, причем каждый из множества анодов является выделяющим кислород электродом,

(ii) по меньшей мере один катодный модуль, противостоящий анодному модулю, причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль содержит множество катодов, причем каждый из множества анодов и каждый из множества катодов имеют на себе поверхности, которые ориентированы вертикально и разнесены одна от другой, причем катоды являются смачиваемыми, и причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль соединен с подиной электролизера,

(iii) электролизную ванну,

(iv) электролит, расположенный внутри электролизной ванны, и

(v) слой металла, расположенный внутри электролизной ванны,

при этом множество анодов по меньшей мере частично погружены в электролит и подвешены над катодным модулем и проходящими вниз к катодному модулю,

при этом множество катодов полностью погружены в электролит,

при этом множество катодов расположены в электролизной ванне проходящими вверх к анодному модулю,

при этом каждый из множества анодов и каждый из множества катодов расположены поочередно внутри электролизной ванны,

при этом множество анодов является избирательно позиционируемым в горизонтальном направлении относительно смежных катодов,

при этом анодный модуль является избирательно позиционируемым в вертикальном направлении относительно катодного модуля, и

при этом часть каждого из анодных электродов перекрывает часть смежных катодов;

(b) подачу исходного материала в электролизер; и

(c) регулирование анодного модуля в вертикальном направлении относительно катодного модуля.

23. Способ по п.22, дополнительно включающий (d) электролитическое

восстановление исходного материала до продукта-металла.

24. Способ по п.23, дополнительно включающий: (е) стекание продукта-металла с катодов на подину электролизера с образованием слоя металла.

25. Способ по п.24, дополнительно включающий получение продукта-металла, имеющего степень чистоты P1020.

26. Способ по п.22, в котором регулирование анодного модуля включает поднимание упомянутого по меньшей мере одного анодного модуля для уменьшения перекрытия части каждого из анодных электродов относительно части смежных катодов.

27. Способ по п.22, в котором регулирование анодного модуля включает опускание упомянутого по меньшей мере одного анодного модуля для увеличения перекрытия части каждого из анодных электродов относительно части смежных катодов.

28. Способ получения металлического алюминия электрохимическим восстановлением глинозема, включающий:

(а) пропускание тока между анодом и катодом через электролитную ванну электролизера, причем электролизер содержит:

(i) по меньшей мере один анодный модуль, имеющий множество анодов, причем каждый из множества анодов является выделяющим кислород электродом,

(ii) по меньшей мере один катодный модуль, противостоящий анодному модулю, причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль содержит множество катодов, причем каждый из множества анодов и каждый из множества катодов имеют на себе поверхности, которые ориентированы вертикально и разнесены одна от другой, причем катоды являются смачиваемыми, и причем упомянутый по меньшей мере один катодный модуль соединен с подиной электролизера,

(iii) электролизную ванну,

(iv) электролит, расположенный внутри электролизной ванны, и

(v) слой металла, расположенный внутри электролизной ванны,

при этом множество анодов по меньшей мере частично погружены в электролит и подвешены над катодным модулем и проходящими вниз к катодному модулю,

при этом множество катодов полностью погружены в электролит,

при этом множество катодов расположены в электролизной ванне проходящими вверх к анодному модулю,

при этом каждый из множества анодов и каждый из множества катодов расположены поочередно внутри электролизной ванны,

при этом множество анодов является избирательно позиционируемым в горизонтальном направлении относительно смежных катодов,

при этом анодный модуль является избирательно позиционируемым в вертикальном направлении относительно катодного модуля, и

при этом часть каждого из анодных электродов перекрывает часть смежных катодов;

(b) подачу исходного материала в электролизер; и

(c) регулирование множества анодов в горизонтальном направлении относительно смежных катодов.

29. Способ по п.28, в котором регулирование множества анодов включает регулирование множества анодов в горизонтальном направлении так, чтобы горизонтальный интервал был практически одинаковым с любой стороны от анодов в анодном модуле.

30. Способ по п.28, дополнительно включающий (d) электролитическое восстановление исходного материала до продукта-металла.

31. Способ по п.30, дополнительно включающий: (e) стекание продукта-металла с катодов на подину электролизера с образованием слоя металла.

32. Способ по п.31, дополнительно включающий получение продукта-металла, имеющего степень чистоты P1020.

[0092] Понятно, что описанные здесь варианты осуществления являются лишь иллюстративными и что специалист в данной области техники сможет проделать множество вариаций и модификаций без отступления от сущности и объема раскрытого объекта изобретения. Все такие вариации и модификации предназначены быть включенными в объем раскрытия.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электролизер для производства металлического алюминия, содержащий по меньшей мере один анодный модуль (12), имеющий множество анодов (12Е) и поддерживаемый над соответствующим по меньшей мере одним катодным модулем (14), имеющим множество катодов (14Е), причем упомянутый по меньшей мере один анодный модуль (12) поддерживается позиционирующим устройством, выполненным с возможностью перемещения внутри электролизера для избирательного позиционирования множества анодов в электролизере относительно смежных катодов с тем, чтобы регулировать расстояние анод-катод (МПР) и/или перекрытие анод-катод (ПАК).

2. Электролизер по пункту 1, в котором позиционирующее устройство содержит соединительное устройство (116) для соединения упомянутого по меньшей мере одного анодного модуля (12) с пролетной балкой (102), находящейся над упомянутым по меньшей мере одним анодным модулем (12), причем соединительное устройство (116) выполнено с возможностью свободного перемещения вдоль длины пролетной балки (102) для обеспечения избирательного позиционирования множества анодов в горизонтальном направлении относительно смежных катодов с тем, чтобы регулировать упомянутое расстояние анод-катод (МПР).

3. Электролизер по пункту 2, в котором пролетная балка (102) имеет первый конец (104) и противоположный ему второй конец (106), причем пролетная балка (102) поддерживается первым опорным устройством (108) на своем первом конце (104) и вторым опорным устройством (110) на своем втором конце (106), при этом каждое из опорных устройств (108, 110) расположено на площадке (140), смежной с боковой стенкой (142) электролизера.

4. Электролизер по пункту 3, в котором пролетная балка (102) ориентирована перпендикулярно боковой стенке (142).

5. Электролизер по пункту 3 или 4, в котором опорные устройства (108, 110) связаны с площадкой (140).

6. Электролизер по любому из пунктов 3-5, в котором пролетная балка (102) выполнена с возможностью ее подъема или опускания подъемниками (130), связанными с опорными устройствами (108, 110).

7. Электролизер по любому из пунктов 2-6, в котором соединительное устройство (116) содержит первую часть (118), контактирующую с и соединенную с верхней поверхностью (120) анодного модуля (12).

8. Электролизер по пункту 7, в котором первая часть (118) соединена с верхней поверхностью (120) в множестве точек соединения.

9. Электролизер по пункту 7 или 8, в котором соединительное устройство (116) дополнительно содержит вторую часть (124), имеющую первый конец и противоположный ему второй конец, причем первый конец второй части (124) соединен с или выполнен заодно с первой частью (118), а вторая часть (124) простирается вертикально от первой части (118) к пролетной балке (102).

10. Электролизер по пункту 9, в котором соединительное устройство (116) дополнительно содержит третью часть (126), соединенную со вторым концом второй части (124), причем третья часть (126) выполнена с возможностью скольжения по длине пролетной балки (102).

11. Электролизер по пункту 10, в котором третья часть (126) выполнена с возможностью ее прижима к пролетной балке (102) для фиксации положения позиционирующего устройства на пролетной балке (102) или с возможностью ее разжима при свободном перемещении третьей части (126) вдоль длины пролетной балки (102) для изменения положения позиционирующего устройства на пролетной балке (102).

12. Электролизер по любому из пунктов 2-12, в котором, в соответствии с числом анодных модулей (12) и катодных модулей (14) в электролизере, электролизер содержит более чем одну упомянутую пролетную балку (102) в параллельной конфигурации, причем каждая пролетная балка (102) поддерживает один или более анодный модуль (12) вдоль длины каждой пролетной балки, а каждый анодный модуль (12) содержит одно упомянутое позиционирующее устройство.

13. Электролизер по пункту 1, в котором позиционирующее устройство соединено с по меньшей мере одной мостовой конструкцией (202), ориентированной перпендикулярно торцевым стенкам (216) и параллельно боковым стенкам упомянутого электролизера, причем позиционирующее устройство выполнено с возможностью подъема или опускания анодного модуля (12) в вертикальном направлении относительно катодного модуля (14) для регулирования упомянутого перекрытия анод-катод (ПАК).

14. Электролизер по пункту 13, в котором упомянутая по меньшей мере одна мостовая конструкция (202) имеет первый конец (204) и противоположный ему второй конец (206), причем мостовая конструкция (202) поддерживается опорным устройством (210) на первом конце (204) и на втором конце (206).

15. Электролизер по пункту 14, в котором опорное устройство (210) содержит множество вертикальных опор (240), расположенных на противоположных площадках (242) каждой торцевой стенки (216).

16. Электролизер по пункту 15, в котором каждая вертикальная опора (240) связана с каждой соответствующей площадкой (242).

17. Электролизер по пункту 15 или 16, при этом в ходе работы электролизера для производства алюминия электролизер нагревается до температуры, достаточной для обеспечения в результате расширения электролизера, причем вертикальные опоры на одной площадке (242) разблокированы, чтобы свободно перемещаться, тем самым позволяя площадке (242) электролизера расширяться без деформации любой части электролизера.

18. Электролизер по любому из пунктов 13-17, в котором анодный модуль (12) соединен с мостовой конструкцией (202) посредством соединительного устройства (244), содержащего первую часть (246), контактирующую с и соединенную с верхней поверхностью (222) анодного модуля (12).

19. Электролизер по пункту 18, в котором первая часть (246) соединена с верхней поверхностью (222) во множестве точек соединения.

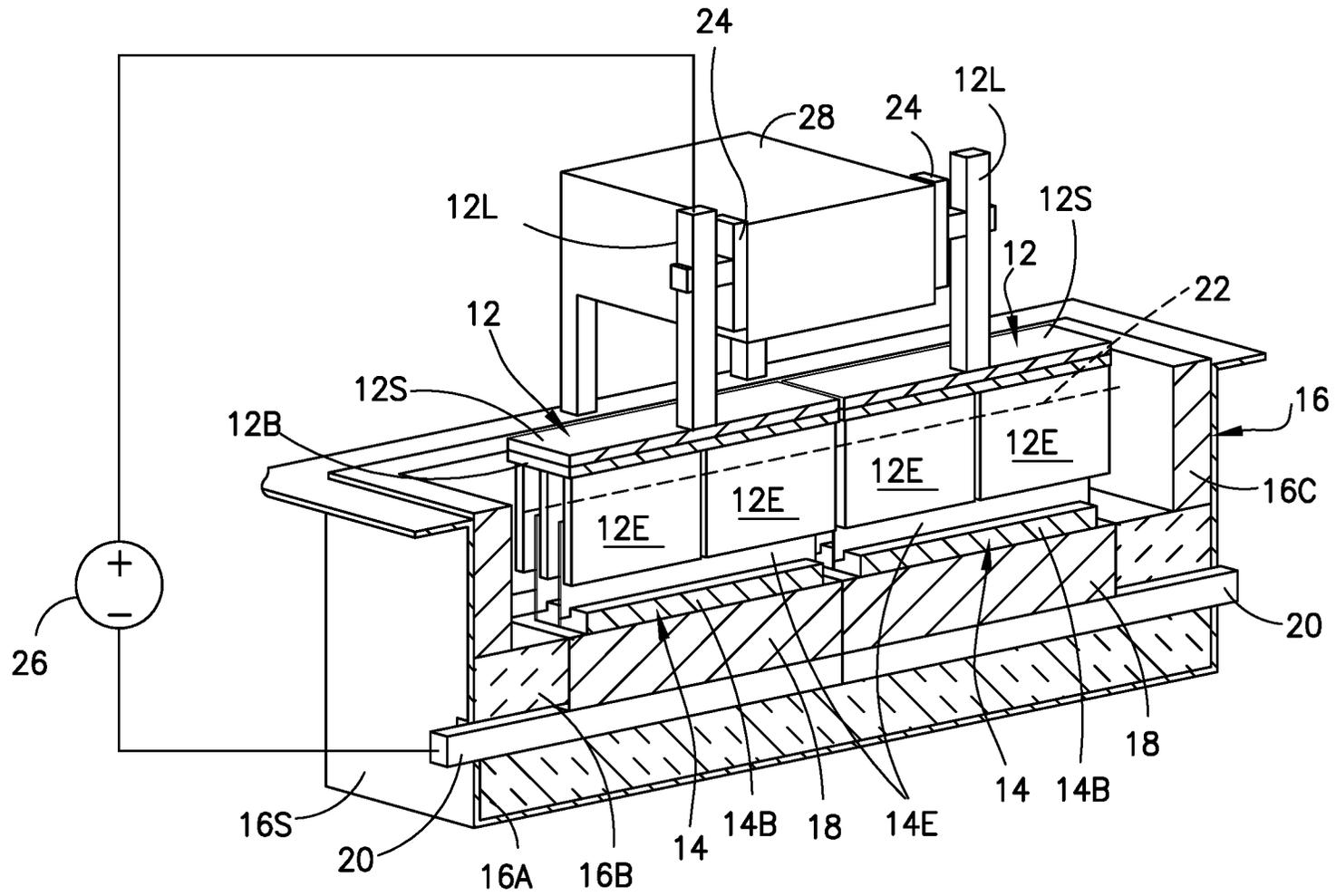
20. Электролизер по пункту 18 или 19, в котором соединительное устройство (244) дополнительно содержит вторую часть (224), имеющую первый конец и противоположный ему второй конец, причем первый конец второй части (224) соединен с или выполнен заодно с первой частью (246).

21. Электролизер по пункту 20, в котором вторая часть (224) простирается вертикально от первой части (246) к мостовой конструкции (202), причем соединительное устройство (244) дополнительно содержит третью часть (226), соединенную со вторым концом второй части (224), при этом третья часть (226) выполнена с возможностью подъема или опускания анодного модуля (12) в вертикальном направлении относительно катодного модуля (14) с тем, чтобы регулировать перекрытие анод-катод (ПАК).

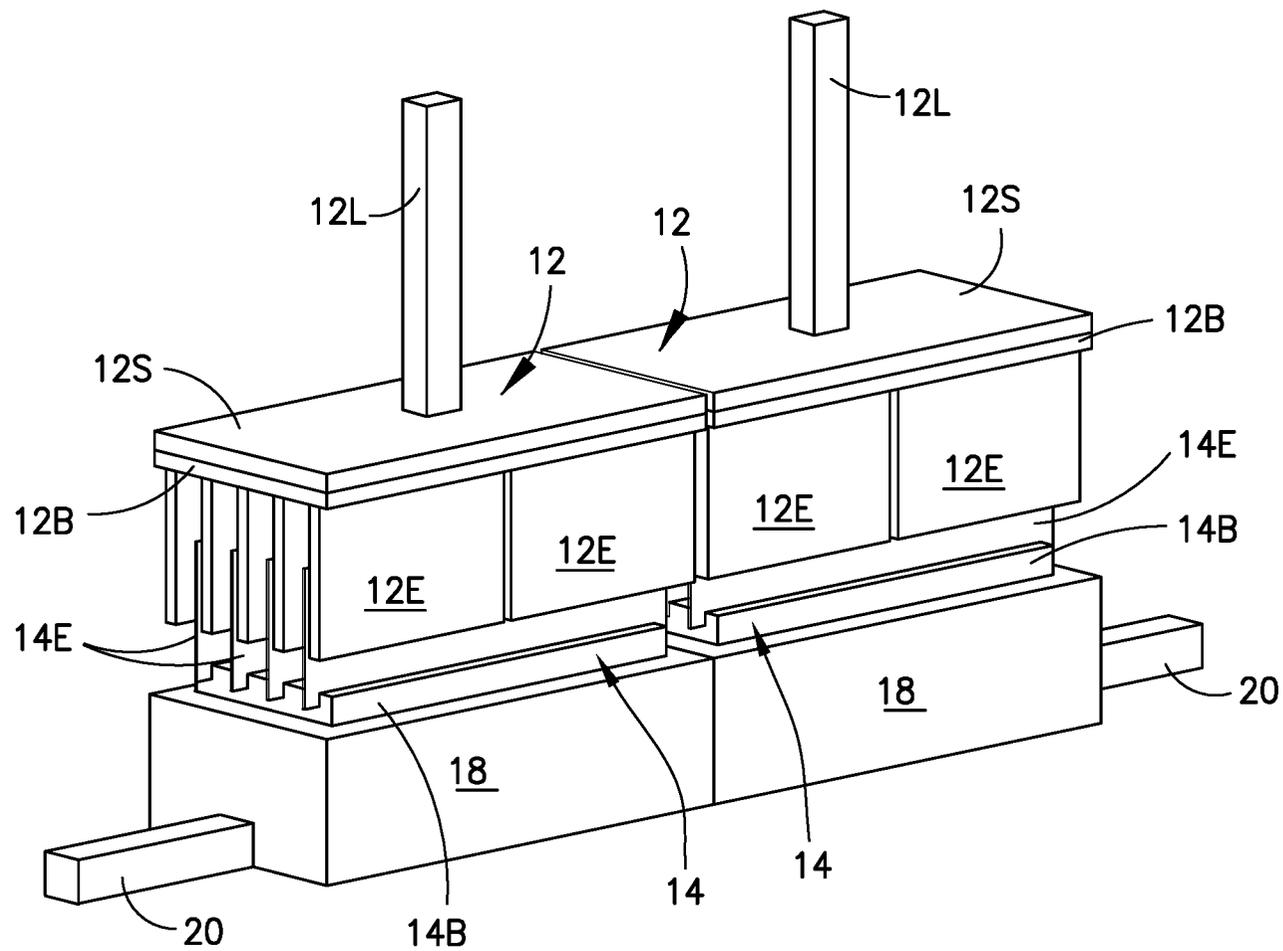
22. Электролизер по любому из пунктов 18-21, в котором соединительное устройство (244) дополнительно выполнено с возможностью перемещения вдоль длины мостовой конструкции (202), чтобы обеспечить избирательное позиционирование множества анодов в горизонтальном направлении относительно смежных катодов.

23. Электролизер по любому из пунктов 1-21, дополнительно содержащий связанную с упомянутым по меньшей мере одним катодным модулем (14) систему регулировки для перемещения упомянутого по меньшей мере одного катодного модуля (14) с регулированием упомянутого расстояния анод-катод (МПР).

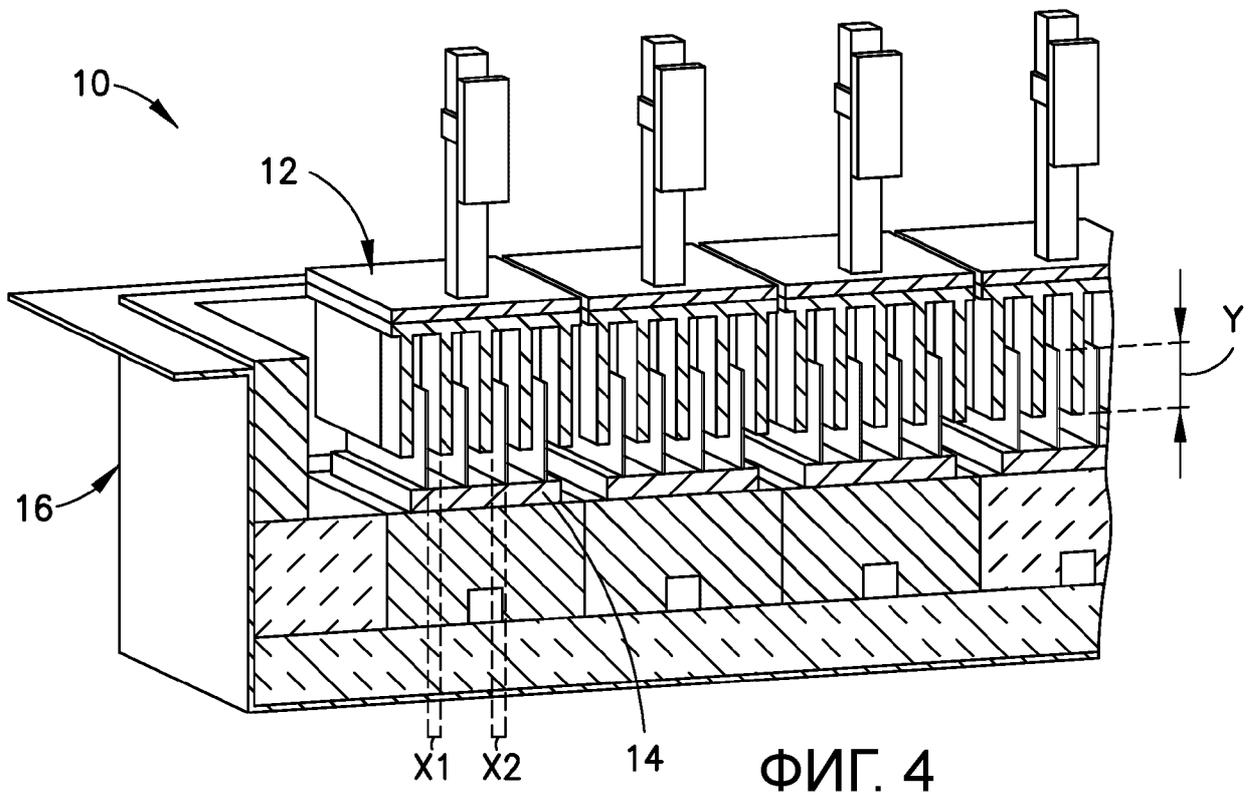
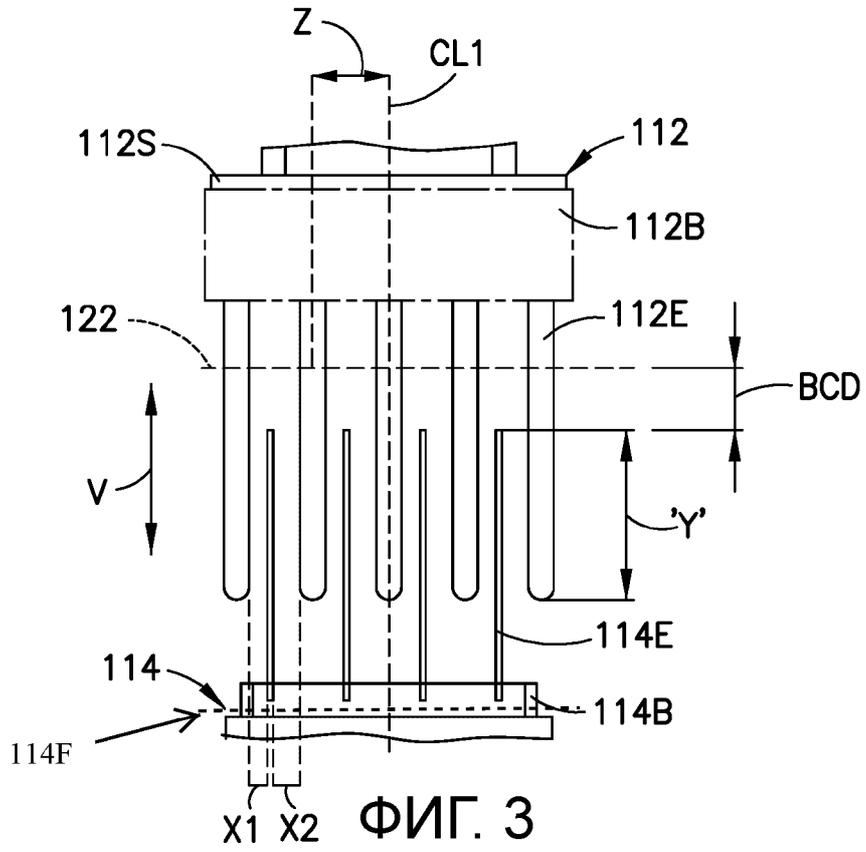
По доверенности



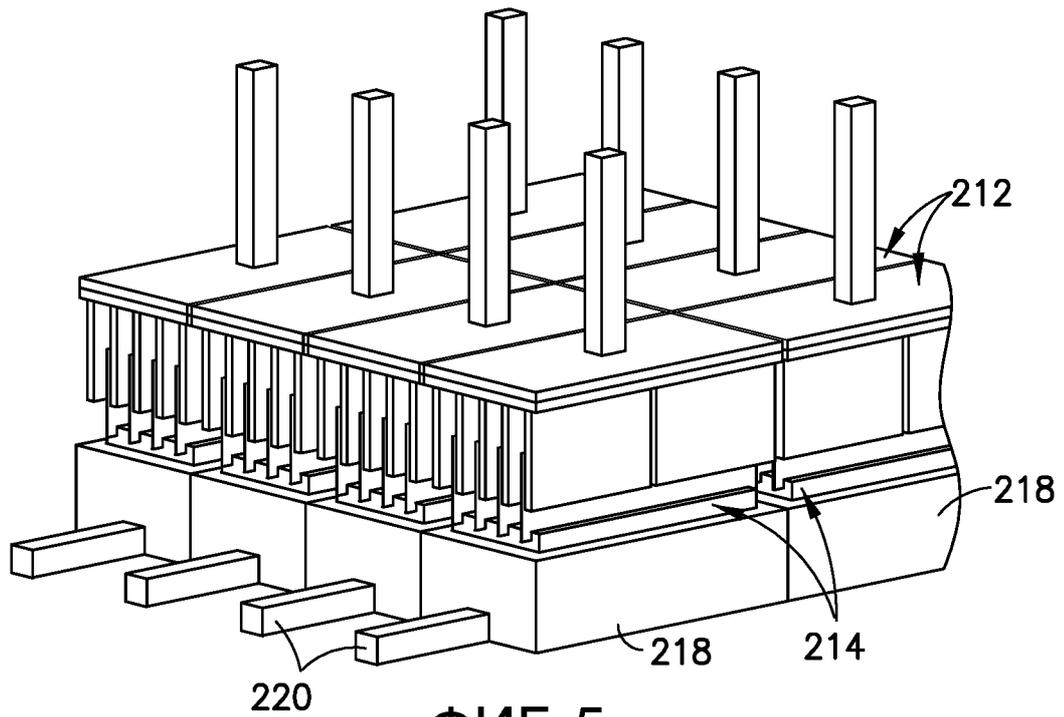
ФИГ. 1



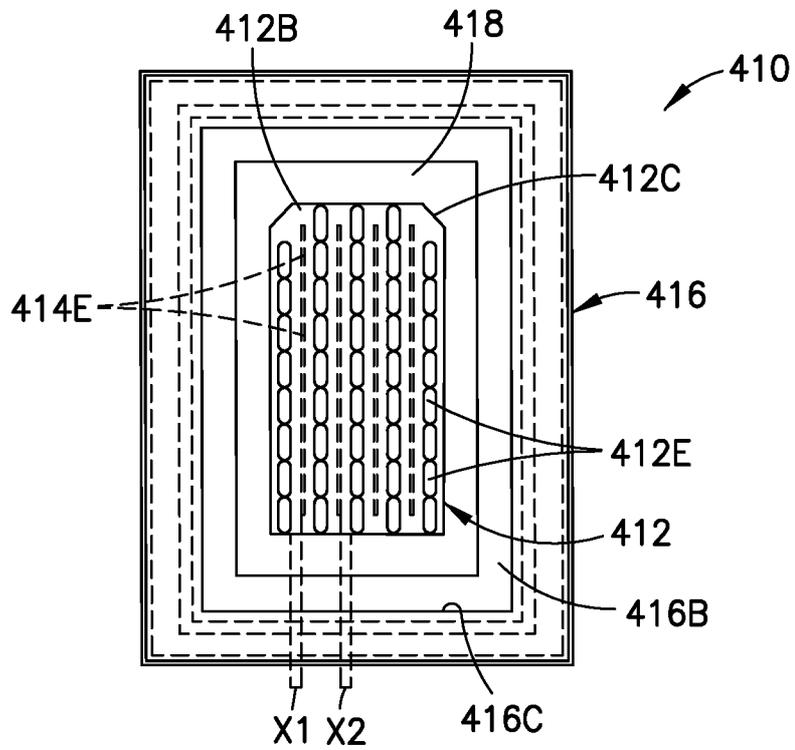
ФИГ. 2



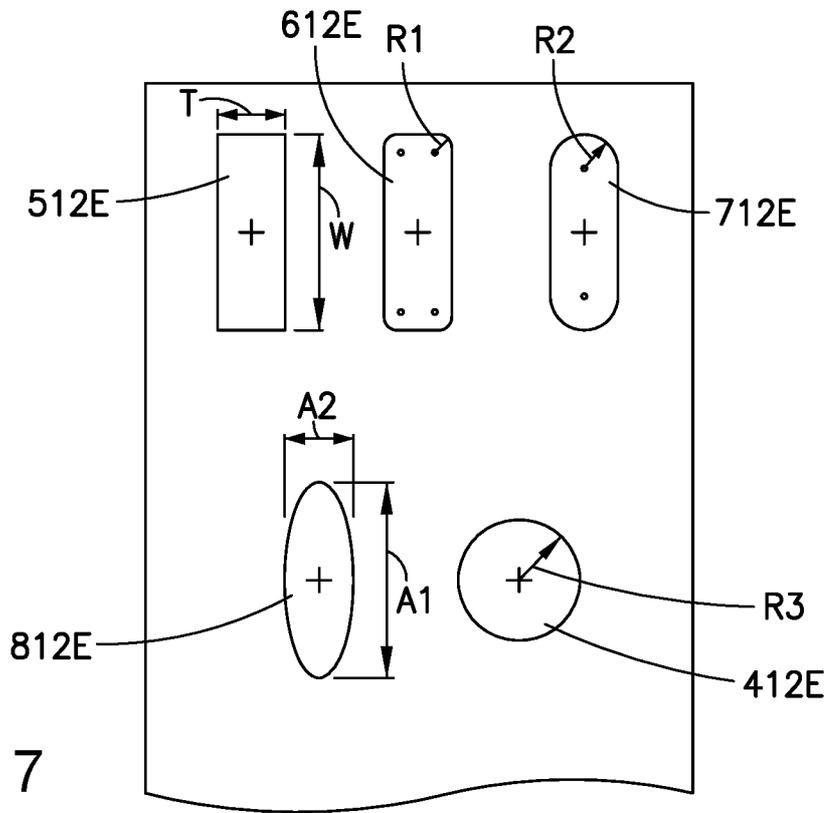
4/12



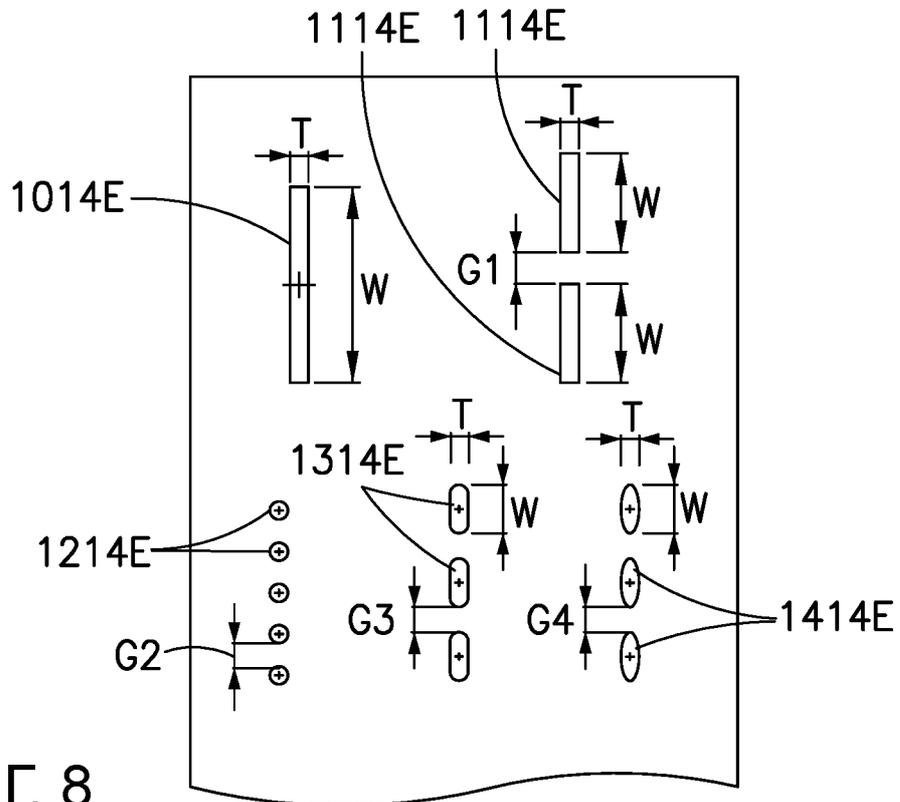
ФИГ. 5



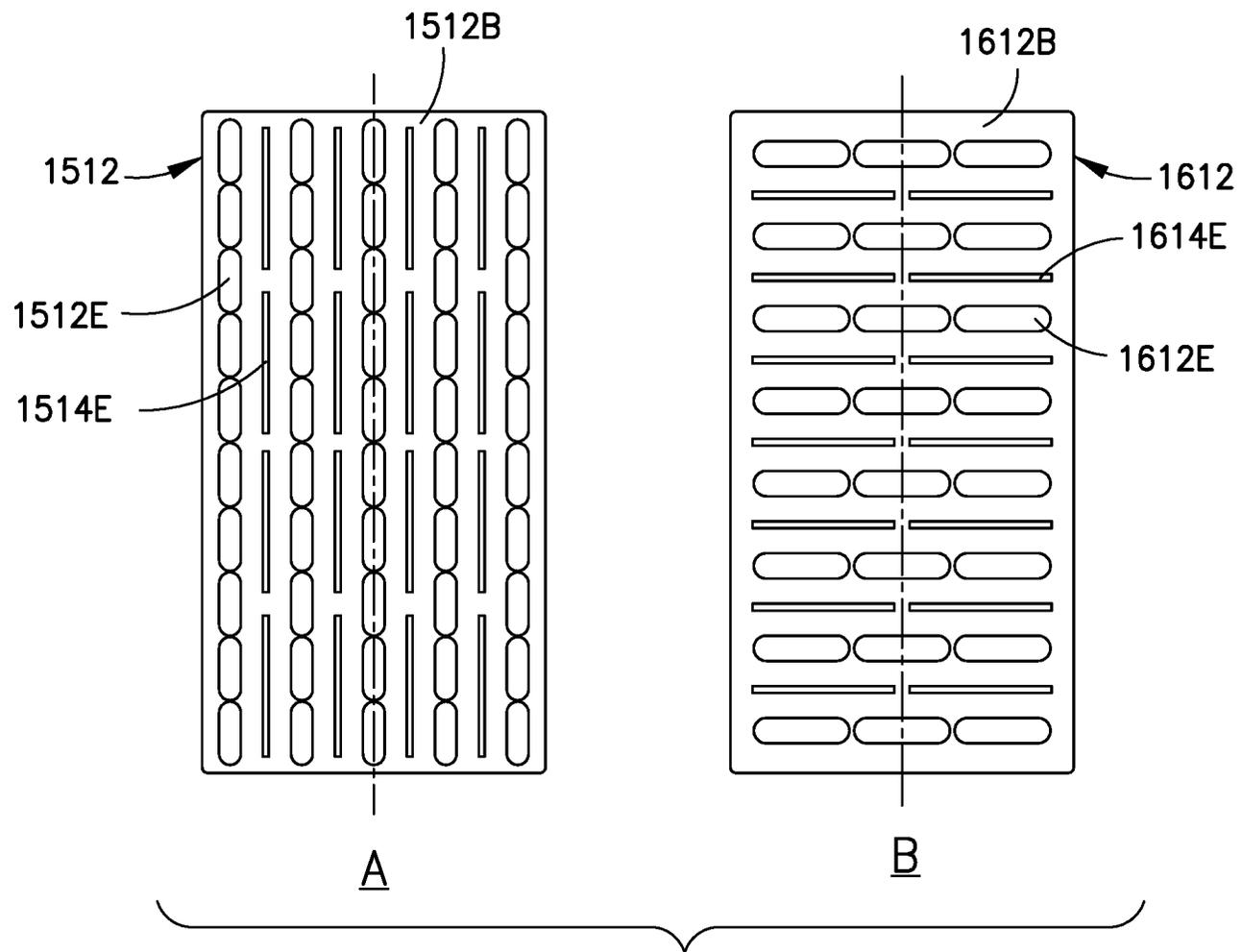
ФИГ. 6



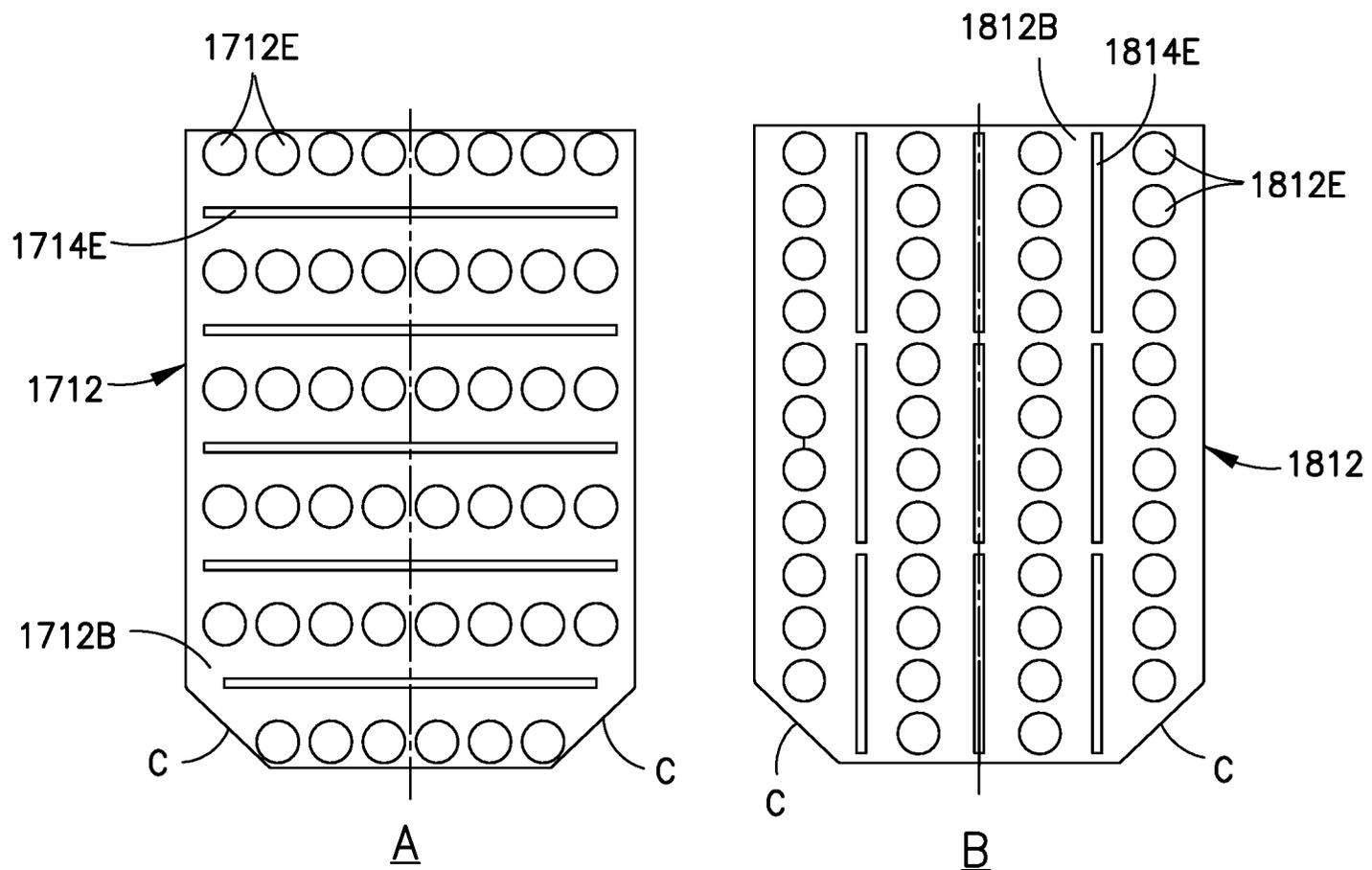
ФИГ. 7



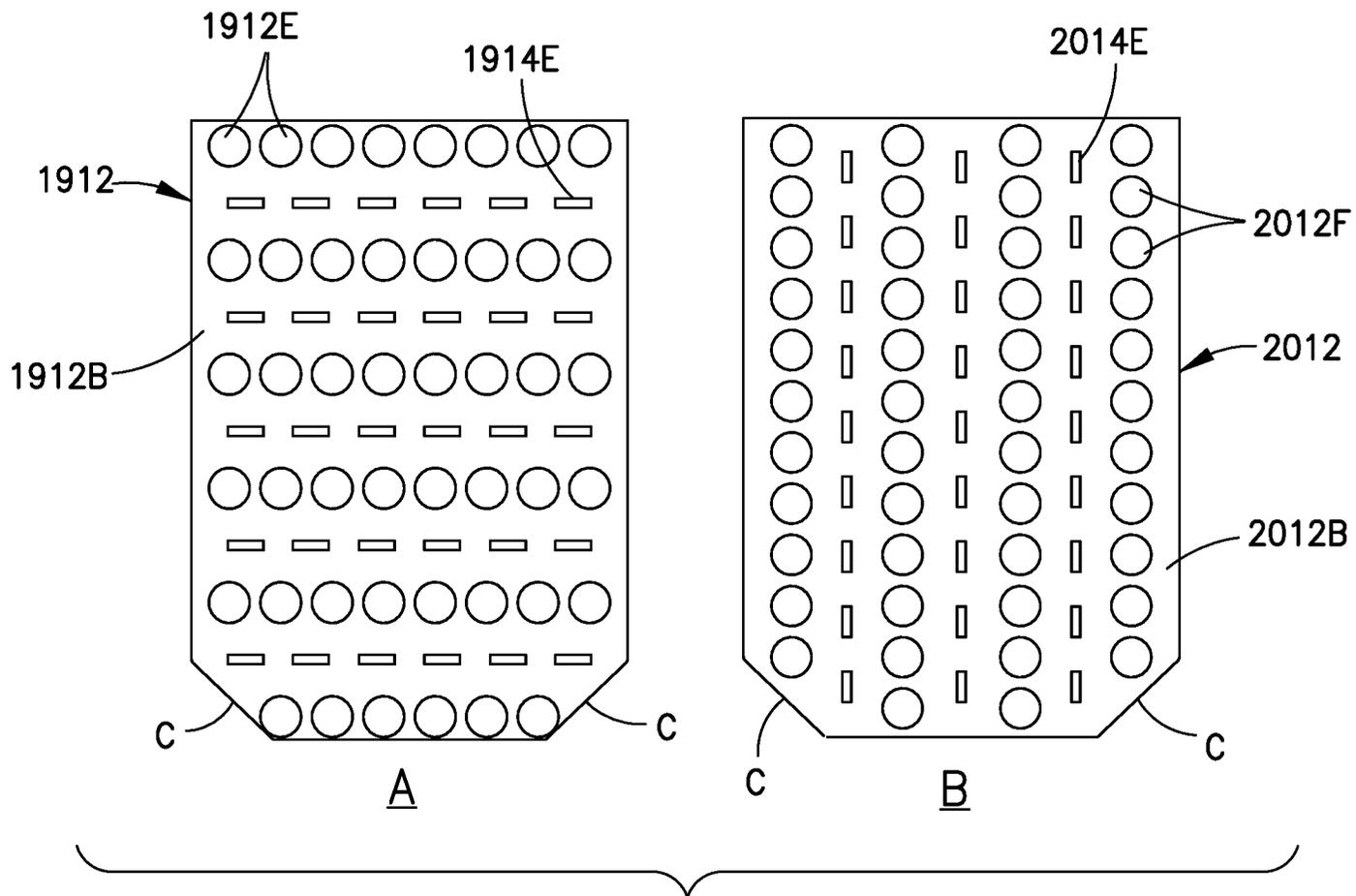
ФИГ. 8



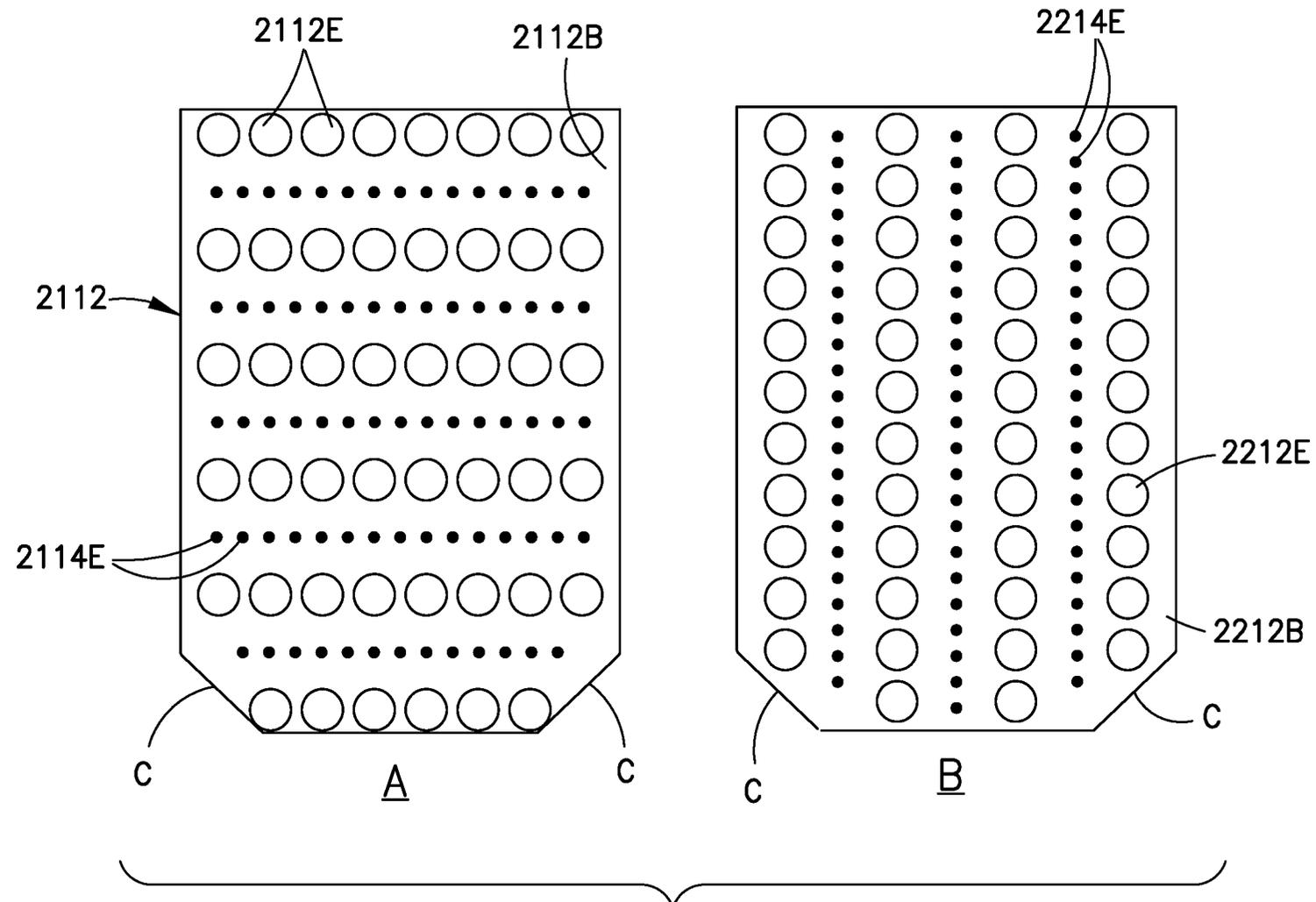
ФИГ. 9



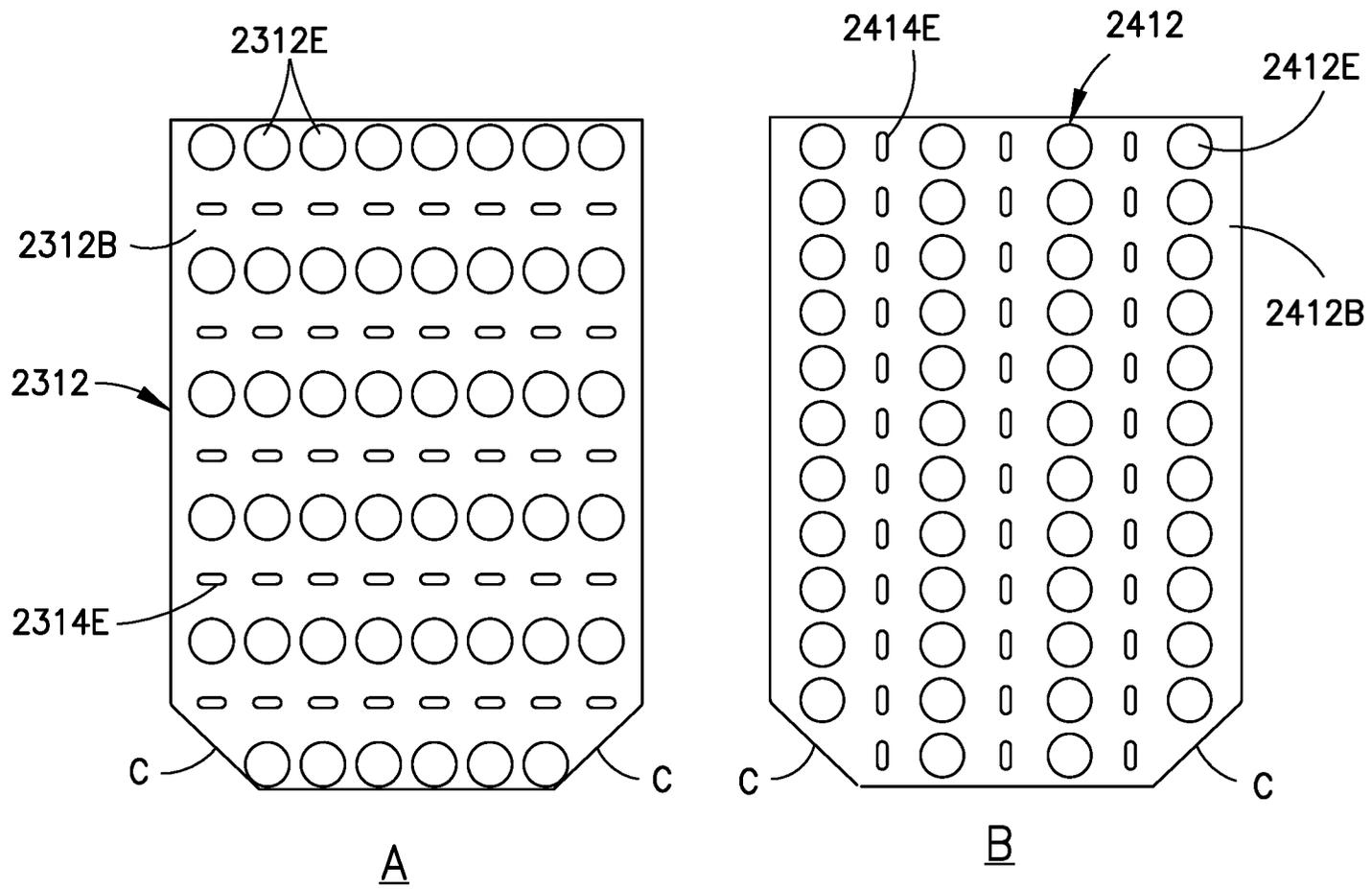
ФИГ. 10



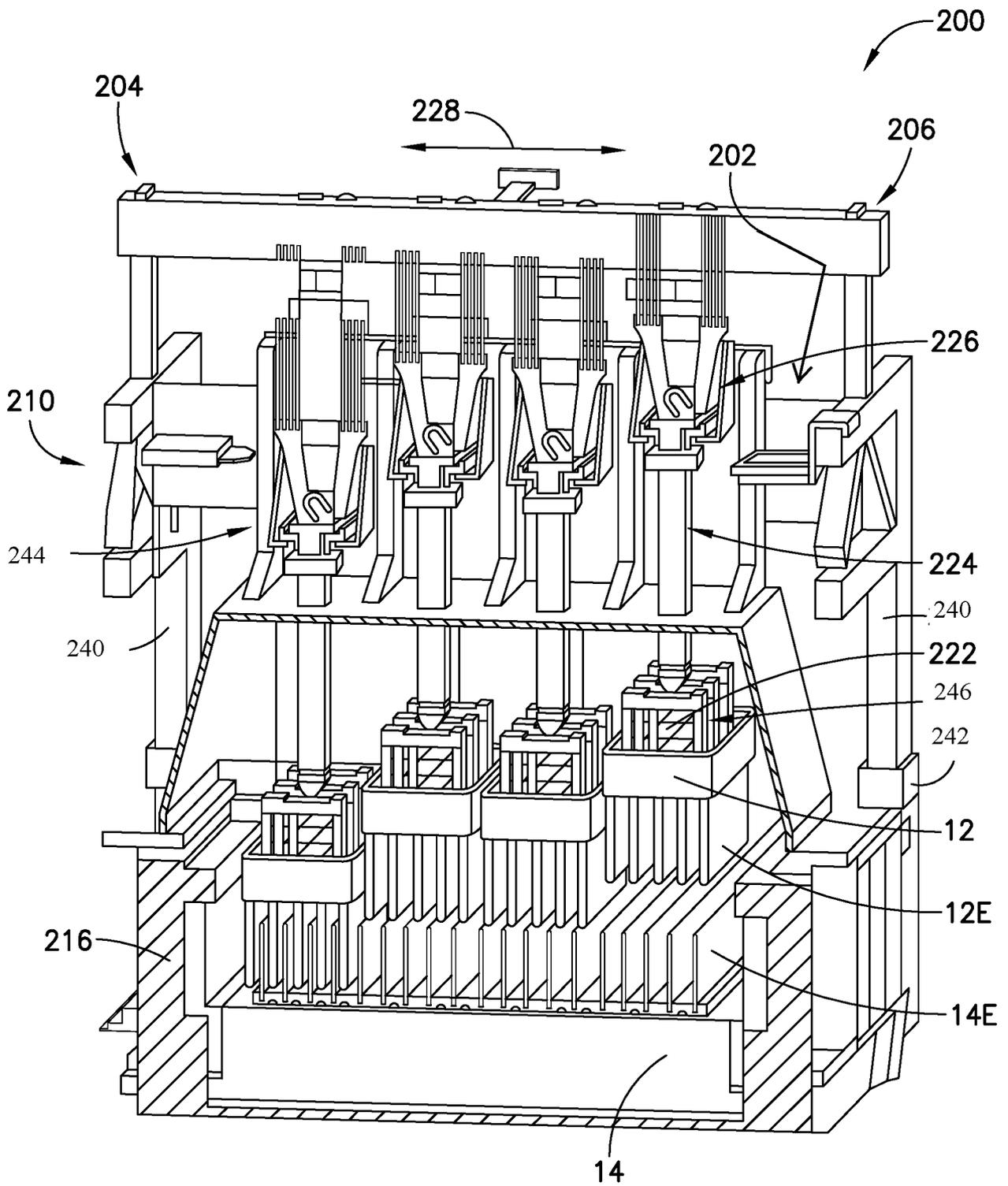
ФИГ. 11



ФИГ. 12



ФИГ. 13



ФИГ. 15

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202091993

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

C25C 3/06 (2006.01)

C25C 3/08 (2006.01)

C25C 3/10 (2006.01)

C25C 3/12 (2006.01)

C25C 3/20 (2006.01)

C25C 7/06 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

C25C 3/00 - 7/08

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
WIPO Patentscope, Espacenet (Worldwide collection), Google Patents

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X	US 4,405,433 A (KAISER ALUMINIUM CHEM CORP), 20.09.1983, реферат, фиг. 2 и 3	1
X	US 5,279,715 A (ALUMINUM CO OF AMERICA), 18.01.1994, реферат, фиг.1a, кол.7,стр. 41-кол.8,стр.35)	1-23
X, A	WO 01/77414 A2 (ALCOA INC; KOZAREK ROBERT L), 18.10.2001, реферат, с.4 стр.25 - с.5 стр.15, с.6 стр.1- с.6 стр.30, фиг. 1	1,2,13 3-12, 14-23
A	US 4,664,760 A (ALUMINUM CO OF AMERICA), 12.05.1987, весь документ	1-23

последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **26/01/2021**

Уполномоченное лицо:

Заместитель начальника отдела механики,

физики и электротехники

 Д.Ф. Крылов