

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202292856 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.02.28

(51) Int. Cl. C25C 7/06 (2006.01)
C25C 3/08 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.04.30

(54) СИСТЕМА И ПРОЦЕСС ДЛЯ ЗАПУСКА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ

(31) 63/018,680

(72) Изобретатель:

(32) 2020.05.01

Бардэ Бенуа, Бекасс Себастьян (FR),
Д'Астольфо Лерой (US), Форс Джон
(NO), Нуазэ Ален, Петижан Бруно
(FR)

(33) US

(86) PCT/CA2021/050609

(87) WO 2021/232147 2021.11.25

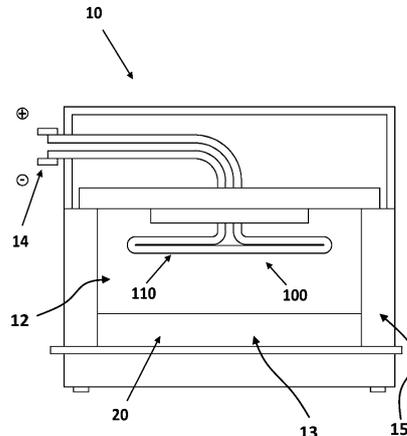
(71) Заявитель:

(74) Представитель:

ЭЛИСИС ЛИМИТЕД
ПАРТНЕРШИП (CA)

Тагбергенова М.М., Тагбергенова А.Т.
(KZ)

(57) В настоящем изобретении раскрываются система и способ запуска электролитической ячейки. Система и способ в частности предназначены для предварительного нагрева электролитической ячейки или емкости, имеющей катоды, перед установкой предварительно нагретых анодов в ячейку, при производстве металла (например, алюминия). Система содержит один или несколько электрических нагревателей, установленных в ячейке вместо анодных узлов, и может использоваться с сухой ванной или жидкой расплавленной ванной (например, криолитом). Предпочтительно, чтобы ячейка предварительно нагревалась количеством предварительных нагревателей, равным количеству анодных узлов. Предпочтительно, чтобы предварительный нагреватель ячейки питался от тока, доступного в основной электрошине. Изобретение экологически благоприятно, поскольку предусматривает предварительный нагрев электролитической ячейки с инертными или выделяющими кислород анодами. Кроме того, процесс запуска позволяет оптимизировать/сократить время, необходимое для запуска электролитической ячейки, при одновременном обеспечении сохранности материалов, находящихся внутри ячейки.



A1

202292856

202292856

A1

СИСТЕМА И ПРОЦЕСС ДЛЯ ЗАПУСКА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ

Перекрестные ссылки на родственные заявки

5 [0001] Настоящая заявка на патент испрашивает приоритет согласно предварительной заявке на патент США № 63/018,680 под названием “СИСТЕМА И ПРОЦЕСС ДЛЯ ЗАПУСКА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ”, поданной в Ведомство по патентам и товарным знакам США 1 мая 2020 г., содержание которой полностью включено в настоящий документ путем ссылки.

Область техники, к которой относится изобретение

10 [0002] Настоящее изобретение в целом относится к системе и способу запуска электролитической ячейки, например, путем предварительного нагрева ячейки или емкости перед установкой анодных узлов в предварительно нагретую ячейку, например, для получения металла, такого как алюминий.

Предшествующий уровень техники

15 [0003] В традиционных ячейках Холла-Эру с углеродными анодами для получения алюминия посредством электролиза, ячейка предварительно нагревается перед запуском с помощью газовых или топливных горелок (разомкнутая электрическая цепь) или с помощью эффекта Джоуля (замкнутая электрическая цепь), используя слой углеродсодержащего материала между анодом и катодом в качестве резистора.

20 [0004] Использование углеродсодержащего слоя резистора химически несовместимо с электродным материалом, используемым для изготовления инертных электродов, таких как инертные или выделяющие кислород аноды. Кроме того, когда ванна расплавится в конце предварительного нагрева, свободные частицы углеродсодержащего слоя будут плавать в ванне и могут оказать негативное влияние на срок службы анода.

25 [0005] Прямое нагревание газом или топливом неприменимо к ячейке с инертным анодом, облицовка которой может содержать некоторые материалы, чувствительные к тепловому удару, поскольку, учитывая геометрию ячейки, трудно предотвратить контакт пламени с материалами и, следовательно, трудно гарантировать плавную и контролируемую кривую нагрева и равномерную температуру во всей ячейке.

30 [0006] Таким образом, существует потребность в новой системе предварительного нагрева и способе для предварительного нагрева и запуска электролитической ячейки при производстве металла, такого как алюминий, который может использоваться с инертными электродами, такими как выделяющими кислород анодами.

Краткое изложение сущности изобретения

35 [0007] Недостатки предшествующего уровня техники, в целом, компенсируются новой

системой и способом предварительного нагрева электролитической ячейки, обычно используемой для получения металла, такого как алюминий, посредством электролиза и новым процессом запуска электролитической ячейки с использованием указанной системы или способа.

5 [0008] Изобретение в первую очередь касается системы предварительного нагрева электролитической ячейки. Электролитическая ячейка содержит, по меньшей мере, один катодный узел и выполнена с возможностью размещения, по меньшей мере, одного анодного узла и электролитической ванны для получения металла посредством электролиза. Система предварительного нагрева содержит, по меньшей мере, один
10 электрический нагреватель, выполненный с возможностью установки в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере, одного анодного узла для предварительного нагрева ячейки перед установкой, по меньшей мере, одного анодного узла в ячейку.

[0009] Согласно предпочтительному варианту осуществления, по меньшей мере, один
15 электрический нагреватель выполнен с возможностью обеспечения сопротивления R_{CH} , эквивалентного сопротивлению R_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла, ранее устанавливаемого в ванне, так что распределение электричества и тепла в электролитической ячейке остается сбалансированным при замене, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом.

20 [0010] Согласно другому предпочтительному варианту осуществления, по меньшей мере, один электрический нагреватель выполнен с возможностью обеспечения переменного сопротивления R_{CH} , которое настраивается так, чтобы быть эквивалентным сопротивлению R_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла, ранее устанавливаемого в ванне, так что распределение электричества и тепла в
25 электролитической ячейке остается сбалансированным при замене, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом.

[0011] Согласно предпочтительному варианту осуществления, электролитическая ячейка выполнена с возможностью размещения количества N_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла, с $N_{AA} \geq 1$, при этом система предварительного нагрева содержит
30 количество N_{CH} , по меньшей мере, одного электрического нагревателя, с $N_{CH} \geq 1$. Каждый, по меньшей мере, один электрический нагреватель выполнен с возможностью установки в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере, одного анодного узла с $N_{CH} = N_{AA}$; и дополнительно содержит силовой модуль, функционально подключенный к каждому, по меньшей мере, одному электрическому нагревателю для
35 электропитания, по меньшей мере, одного электрического нагревателя для

предварительного нагрева электролитической ячейки.

[0012] Согласно предпочтительному варианту осуществления, силовой модуль выполнен с возможностью подключения основной шины электролитической ячейки к каждому, по меньшей мере, одному электрическому нагревателю для подачи тока, имеющегося в основной шине.

[0013] Согласно предпочтительному варианту осуществления, система предварительного нагрева имеет мощность P , задаваемую силой тока A и сопротивлением R_{CH} нагревателей ячеек N_{CH} , причем $P = (R_{CH} / N_{CH}) * A^2$, при этом P превышает мощность, необходимую для нагрева ячейки, создавая избыток энергии, причем ячейка выполнена с возможностью отвода избытка тепла.

[0014] Согласно предпочтительному варианту осуществления, система предварительного нагрева дополнительно содержит, по меньшей мере, одно сопротивление в верхней части системы предварительного нагрева для отвода указанного избытка тепла.

[0015] Согласно предпочтительному варианту осуществления, катодный и анодный узлы содержат соответственно множество вертикальных катодов и вертикальных анодов.

[0016] Согласно предпочтительному варианту осуществления, система предварительного нагрева, указанная в настоящем изобретении, может дополнительно использоваться для поддержания температуры предварительно нагретой ячейки.

[0017] Согласно предпочтительному варианту осуществления, система предварительного нагрева, указанная в настоящем изобретении, может дополнительно использоваться для замены одного дефектного анодного узла из, по меньшей мере, одного анодного узла электролитической ячейки при производстве металла и для обслуживания и/или замены указанного дефектного анодного узла.

[0018] Согласно предпочтительному варианту осуществления, получаемым металлом является алюминий, и, по меньшей мере, один анодный узел содержит инертные или выделяющие кислород аноды.

[0019] Изобретение также относится к способу предварительного нагрева электролитической ячейки, причем электролитическая ячейка содержит, по меньшей мере, один катодный узел и выполнена с возможностью размещения, по меньшей мере, одного анодного узла, а также электролитической ванны для получения алюминия посредством электролиза. Способ включает этап предварительного нагрева электролитической ячейки, по меньшей мере, одним электрическим нагревателем, устанавливаемого в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере, одного

анодного узла.

[0020] Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ, указанный в настоящем изобретении, может дополнительно включать этапы: установки в электролитической ячейке электролитической ванны после достижения заданной температуры электролитической ячейки; и замены, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом.

[0021] Согласно предпочтительному варианту осуществления, этап предварительного нагрева электролитической ячейки может включать этап: создания сопротивления R_{CH} , эквивалентного или почти эквивалентного сопротивлению R_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла в ванне, чтобы распределение электричества и тепла в ячейке оставалось сбалансированным при замене электрических нагревателей анодными узлами.

[0022] Согласно предпочтительному варианту осуществления, этап предварительного нагрева электролитической ячейки может включать этап: создания переменного сопротивления R_{CH} для, по меньшей мере, одного электрического нагревателя; и настройки переменного сопротивления R_{CH} до тех пор, пока оно не станет равным сопротивлению R_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла ранее устанавливаемого в ванне, так что распределение электричества и тепла в электролитической ячейке остается сбалансированным при замене, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом.

[0023] Согласно предпочтительному варианту осуществления, электролитическая ячейка выполнена с возможностью размещения количества N_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла, при $N_{AA} \geq 1$, способ, включающий этапы: установки количества N_{CH} электрических нагревателей в электролитической ячейке, при $N_{CH} \geq 1$, вместо, по меньшей мере, одного анодного узла, при $N_{CH} = N_{AA}$; и питание током каждого, по меньшей мере, одного электрического нагревателя для нагрева электролитической ячейки.

[0024] Согласно предпочтительному варианту осуществления, этап питания каждого, по меньшей мере, одного электрического нагревателя включает этап: подачи тока, имеющегося в основной шине электролитической ячейки, на каждый, по меньшей мере, один электрический нагреватель.

[0025] Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ, указанный в настоящем изобретении, при предварительном нагреве электролитической ячейки может дополнительно включать этап: отвода избытка тепла из ячейки.

[0026] Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ, указанный в

настоящем изобретении, может дополнительно включать этап: поддержания температуры предварительно нагретой электролитической ячейки путем подачи электропитания, по меньшей мере, на один электрический нагреватель, установленный в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере, одного анодного узла.

- 5 [0027] Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ, указанный в настоящем изобретении, может дополнительно включать этап: замены одного дефектного анодного узла из, по меньшей мере, одного анодного узла электролитической ячейки при производстве металла для технического обслуживания и/или замены указанного дефектного анодного узла.
- 10 [0028] Согласно предпочтительному варианту осуществления, металлом, получаемым способом, указанным в настоящем изобретении, является алюминий, и, по меньшей мере, один анодный узел содержит множество инертных или выделяющих кислород анодов, более предпочтительно в соответствии с вертикальным расположением электродов.
- 15 [0029] Изобретение дополнительно относится к способу запуска электролитической ячейки для получения металла, при этом электролитическая ячейка содержит, по меньшей мере, один катодный узел и выполнена с возможностью размещения, по меньшей мере, одного анодного узла и электролитической ванны для получения металла посредством электролиза, причем электролитическая ванна представляет собой
- 20 сухую ванну при температуре окружающей среды. Процесс включает в себя:
- подготовку сухой ванны при температуре окружающей среды в электролитической ячейке;
 - установку при температуре окружающей среды, по меньшей мере, одного нагревательного элемента в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере,
 - 25 одного анодного узла;
 - нагрев электролитической ячейки, подавая ток на каждый, по меньшей мере, один нагревательный элемент;
 - сразу после достижения заданной температуры в электролитической ячейке следят за тем, чтобы сухая ванна расплавилась благодаря, по меньшей мере, одному
 - 30 нагревательному элементу, и, при необходимости, вводят в электролитическую ячейку часть электролитической ванны в жидкой форме для заполнения электролитической ячейки;
 - введение части получаемого металла в электролитическую ячейку; и
 - замену одного или нескольких, по меньшей мере, одного нагревательного
 - 35 элемента анодным узлом до тех пор, пока каждый, по меньшей мере, один

нагревательный элемент не будет удален из электролитической ячейки.

[0030] Изобретение также относится к способу запуска электролитической ячейки для получения металла, при этом электролитическая ячейка содержит, по меньшей мере, один катодный узел и выполнена с возможностью размещения, по меньшей мере, 5 одного анодного узла и электролитической ванны для получения металла посредством электролиза, причем электролитическая ванна представляет собой жидкую расплавленную ванну. Процесс включает в себя:

установку при температуре окружающей среды, по меньшей мере, одного нагревательного элемента в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере, 10 одного анодного узла;

нагрев электролитической ячейки, подавая ток на каждый, по меньшей мере, один нагревательный элемент;

сразу после достижения заданной температуры в электролитической ячейке, заливают жидкую расплавленную ванну и, при необходимости, часть получаемого 15 металла в электролитическую ячейку; и

замену одного или нескольких, по меньшей мере, одного нагревательного элемента анодным узлом до тех пор, пока каждый, по меньшей мере, один нагревательный элемент не будет удален из электролитической ячейки.

[0031] Согласно предпочтительному варианту осуществления двух вышеупомянутых 20 процессов (с сухой или жидкой ванной), для установки одного анодного узла в электролитической ячейке, из электролитической ячейки удаляют некоторое количество нагревательных элементов N_{HE} , причем $N_{HE} \geq 1$ и N_{HE} зависит от общего сопротивления R , обеспечиваемого нагревательными элементами N_{HE} , причем R выбирается близким или почти эквивалентным сопротивлению R_{AA} указанного, по 25 меньшей мере, одного анодного узла.

[0032] Согласно предпочтительному варианту осуществления, каждый из 30 нагревательных элементов обеспечивает, по меньшей мере, одно электрическое сопротивление, причем каждое, по меньшей мере, одно электрическое сопротивление подключено параллельно, когда имеется более одного из указанных, по меньшей мере, одно электрическое сопротивление.

[0033] Согласно предпочтительному варианту осуществления, электролитическая 35 ячейка дополнительно нагревается путем распределения тепла, вырабатываемого внутри электролитической ячейки, по направлению, по меньшей мере, к одному катодному узлу. Предпочтительно, тепло внутри электролитической ячейки распределяется с учетом повышения температуры, причем повышение температуры

зависит от типа нагреваемых материалов внутри электролитической ячейки.

[0034] Согласно предпочтительному варианту осуществления, два вышеуказанных процесса (с сухой или жидкой ванной) могут дополнительно включать этап: отвода избытка тепла из электролитической ячейки. Предпочтительно, отвод избыточного
5 тепла осуществляется благодаря наличию, по меньшей мере, одного дополнительного сопротивления в верхней части, по меньшей мере, одного нагревательного элемента. Более предпочтительно, избыток тепла может отводиться из электролитической ячейки через систему отвода газа электролитической ячейки, расположенную в верхней части электролитической ячейки.

10 [0035] Согласно предпочтительному варианту осуществления, два вышеуказанных процесса (с сухой или жидкой ванной) могут дополнительно включать этап: защиты от нагрева боковых стенок электролитической ячейки. Предпочтительно, защита от нагрева боковых стенок включает этап: принудительной циркуляции тепла от, по
15 меньшей мере, одного нагревательного элемента к, по меньшей мере, одному катодному узлу за счет использования защитных материалов, проходящих вдоль боковых стенок.

[0036] Согласно предпочтительному варианту осуществления, для двух вышеуказанных процессов (с сухой или жидкой ванной) заданная температура
20 предварительно нагретой электролитической ячейки достигается через промежуток времени от 2 до 5 дней и составляет от 700 до 1000 °C. Предпочтительно, получаемым металлом является алюминий, и, по меньшей мере, один анодный узел содержит инертные или выделяющие кислород аноды.

[0037] Изобретение является экологически безопасным, поскольку оно специально выполнено с возможностью предварительного нагрева перед установкой анодных узлов
25 в электролитической ванне электролитических ячеек с использованием инертных или выделяющих кислород анодов, с электролитической ванной или без нее.

[0038] Другие и дополнительные аспекты и преимущества настоящего изобретения будут более понятны при чтении иллюстративных вариантов осуществления, которые
30 будут описаны или представлены в прилагаемой формуле изобретения, различные преимущества, не упомянутые здесь, будут получены специалистом в данной области при применении изобретения на практике.

Краткое описание чертежей:

[0039] Вышеуказанные и другие аспекты, признаки и преимущества изобретения станут более очевидными из следующего описания, при этом делается ссылка на
35 прилагаемые чертежи, на которых:

- [0040] На Фиг. 1 представлено схематическое изображение анодного узла согласно предпочтительному варианту осуществления;
- [0041] На Фиг.2 показан вид спереди электролитической ячейки с вертикальными анодными и катодными узлами согласно предпочтительному варианту осуществления;
- 5 [0042] На Фиг. 3 представлено боковое поперечное сечение электролитической ячейки, изображенной на Фиг. 2, вдоль линии А-А, согласно предпочтительному варианту осуществления;
- [0043] На Фиг. 4 показан схематический вид спереди предварительного нагревателя ячейки согласно предпочтительному варианту осуществления;
- 10 [0044] На Фиг. 5 показан схематический вид сбоку предварительного нагревателя ячейки, изображенного на Фиг. 4, согласно предпочтительному варианту осуществления;
- [0045] На Фиг. 6 представлены схематические виды снизу предварительных нагревателей ячейки, изображенных на Фиг. 4 и 5, в соответствии с разными
- 15 предпочтительными вариантами осуществления;
- [0046] На Фиг. 7 приведено схематическое изображение предварительного нагревателя ячейки, установленного в электролитической ячейке или емкости и подключенного к контуру питания, согласно предпочтительному варианту осуществления;
- [0047] На Фиг. 8 представлено схематическое изображение предварительного
- 20 нагревателя ячейки, установленного в электролитической ячейке или емкости и подключенного к шине емкости, согласно другому предпочтительному варианту осуществления;
- [0048] На Фиг. 9 представлено схематическое изображение множества предварительных нагревателей ячейки, установленных в ячейке, согласно другому
- 25 предпочтительному варианту осуществления;
- [0049] На Фиг. 10 представлено схематическое изображение множества предварительных нагревателей ячейки, установленных в ячейке с сопротивлением в верхней части предварительных нагревателей ячейки для рассеивания избытка тепла, согласно другому предпочтительному варианту осуществления;
- 30 [0050] На Фиг. 11 приведена блок-схема, разъясняющая способ предварительного нагрева согласно предпочтительному варианту осуществления;
- [0051] На Фиг. 12 приведена блок-схема, иллюстрирующая этап предварительного нагрева способа, показанного на фиг. 11, согласно первому предпочтительному варианту осуществления;
- 35 [0052] На Фиг. 13 приведена блок-схема, иллюстрирующая этап предварительного

нагрева способа, показанного на фиг. 11, согласно второму предпочтительному варианту осуществления;

[0053] На Фиг. 14 представлена блок-схема, иллюстрирующая процесс запуска с использованием сухой ванны, согласно предпочтительному варианту осуществления; и

5 [0054] На Фиг. 15 представлена блок-схема, иллюстрирующая процесс запуска с использованием жидкой расплавленной ванны, согласно предпочтительному варианту осуществления.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения:

[0055] Далее в настоящем документе описываются новая система, способ и процессы.

10 Хотя изобретение описано в рамках конкретных иллюстративных вариантов осуществления, следует понимать, что представленные варианты осуществления приведены только в качестве примера, и что объем изобретения этим не ограничивается.

[0056] Описание, которое следует далее, и изложенные в нем варианты осуществления 15 представлены в качестве пояснения примера конкретных вариантов осуществления принципов и аспектов настоящего изобретения. Эти примеры приведены в целях разъяснения принципов изобретения, но не ограничивают их. В последующем описании и на чертежах аналогичные детали и/или этапы обозначены одинаковыми соответствующими ссылочными номерами.

20 [0057] Используемая здесь терминология соответствует определениям, изложенным ниже.

[0058] Под "приблизительно" подразумевается, что значение времени, сопротивления, силы тока, объема или температуры может изменяться в определенном диапазоне в зависимости от предела погрешности метода или устройства, используемого для 25 оценки такого времени, сопротивления, силы тока, объема или температуры.

[0059] Используемое здесь выражение "анодный узел" относится к одному отдельному аноду или множеству анодов.

[0060] Используемое здесь выражение "катодный узел" относится к одному отдельному катоду или множеству катодов.

30 [0061] Как указано выше, описанное здесь изобретение, прежде всего, направлено на систему предварительного нагрева для предварительного нагрева электролитической ячейки.

[0062] Как показано на Фиг. 2 и 3, электролитическая ячейка **10**, или далее просто ячейка или емкость, обычно содержит нижнюю стенку **13** и боковые стенки **15**, 35 отходящие от нее, и выполнена с возможностью размещения электролитической ванны

12 для получения металла, такого как алюминий, посредством электролиза. Ванна **12** может быть либо сухой твердой ванной при температуре окружающей среды, подвергаемой плавлению, либо жидкой расплавленной ванной, содержащей электролит, такой как криолит (Na_3AlF_6). Ячейка **10** также содержит, по меньшей мере, один катодный узел **20**, имеющий, по меньшей мере, один катод, такой как вертикальные катоды, но не ограничивается ими.

[0063] Ячейка **10** дополнительно предназначена для размещения, по меньшей мере, одного соответствующего анодного узла **30**, как один из которых показан на Фиг. 1. Анодный узел **30** содержит, по меньшей мере, один анод **32**. Предпочтительно, после установки в электролитическую ячейку, анодный узел **30** содержит множество вертикальных анодов, проходящих вниз по направлению к катодному узлу (Фиг. 2 и 3). Пример электролитической ячейки, содержащей вертикальные катоды или модули и вертикальные анодные узлы или модули, описан в патенте США №. **US 10,415,147 B2** (ELYSIS LIMITED PARTNERSHIP), содержание которого включено в настоящий документ путем ссылки. В рамках настоящего изобретения могут рассматриваться другие конфигурации электролитической ячейки.

[0064] Система предварительного нагрева в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения показана на Фиг. 4 и 5. Система предварительного нагрева **100** может содержать, по меньшей мере, один электрический нагреватель **110**, устанавливаемый в электролитической ячейке вместо соответствующего анодного узла, как показано на Фиг. 7 и 8, для предварительного нагрева ячейки перед установкой соответствующего анодного узла в ячейку. Как показано на Фиг. 6, электрический нагреватель **110** может содержать различные конфигурации сопротивления (R).

[0065] Согласно предпочтительному варианту осуществления, каждый электрический нагреватель **110** выполнен с возможностью обеспечения сопротивления R_{CH} , близкого или эквивалентного сопротивлению R_{AA} соответствующего анодного узла в ванне. В другом варианте, сопротивление R_{CH} может быть переменным и настраиваться с помощью внешнего источника так, чтобы оно было эквивалентно сопротивлению R_{AA} анодного узла, ранее установленного в ванне. В обоих случаях, сопротивление R_{CH} , близкое к сопротивлению R_{AA} или эквивалентное ему, обеспечивает сбалансированное распределение электричества и тепла в ячейке при замене электрических нагревателей анодными узлами перед размещением электролитической ванны в ячейке. Согласно другому предпочтительному варианту осуществления, допустим некоторый избыток тепла, чтобы компенсировать рассеивание тепла над нагревателями.

[0066] Согласно предпочтительному варианту осуществления, электролитическая ячейка **10** может содержать один или несколько катодных узлов **20** и выполнена с возможностью размещения некоторого количества N_{AA} соответствующих анодных узлов **30**. Система **100** предварительного нагрева в этом случае может содержать некоторое количество N_{CH} электрических нагревателей ячейки и предназначена для их установки в ячейке **10** вместо соответствующего анодного узла с $N_{CH} = N_{AA}$. Как показано на Фиг. 9, количество электрических нагревателей (сопротивление) также может превышать количество анодных узлов. Силовой модуль **120** может быть функционально подключен к каждому из электрических нагревателей **110** в целях питания электрических нагревателей током для получения тепла и подогрева электролитической ячейки **10**. Ток может иметь фиксированную или переменную интенсивность.

[0067] Согласно предпочтительному варианту осуществления, например, показанному на Фиг. 7, для подачи тока силовой модуль выполнен с возможностью подключения контура питания **14** ячейки **10** к каждому из электрических нагревателей.

[0068] Согласно предпочтительному варианту осуществления, например, показанному на Фиг. 8, силовой модуль выполнен с возможностью подключения основной шины **16** электролитической ячейки к каждому электрическому нагревателю для подачи тока, имеющегося в основной шине. Ток может подаваться на предварительные нагреватели ячеек от серийного шинпровода с током, имеющим очень низкое напряжение (например, постоянный ток от 2 до 5 вольт) и очень высокую силу тока (например, от 15 до 50кА). В другом варианте, электропитание целиком или частично может подаваться от внешнего источника.

[0069] Согласно предпочтительному варианту осуществления, система предварительного нагрева имеет мощность **P**, определяемую силой тока **A** и сопротивлением R_{CH} нагревателей ячеек N_{CH} , причем: $P = (R_{CH} / N_{CH}) * A^2$. В этом случае значение **P** превышает мощность, необходимую для нагрева ячейки, создавая избыток энергии. Предварительные нагреватели ячеек могут служить для отвода этого избытка энергии.

[0070] Как указано выше, изобретение, описанное в настоящем документе, дополнительно относится к способу предварительного нагрева электролитической ячейки, содержащей, по меньшей мере, один вертикальный катодный узел и выполненной с возможностью размещения, по меньшей мере, одного соответствующего вертикального анодного узла и электролитической ванны для получения алюминия посредством электролиза. Как показано на Фиг. 11, способ **1000**

включает этап предварительного нагрева электролитической ячейки, по меньшей мере, одним электрическим нагревателем, устанавливаемым в электролитической ячейке вместо соответствующего анодного узла **1100**. Предпочтительно, способ **1000** дополнительно включает этапы размещения электролитической ванны в
5 электролитической ячейке после достижения в ней заданной температуры **1200** перед заменой, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом **1300**.

[0071] Согласно предпочтительному варианту осуществления, показанному на Фиг. 12, этап предварительного нагрева **1100** способа **1000** может состоять в обеспечении
10 сопротивления R_{CH} , почти эквивалентного сопротивлению R_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла в ванне, так что распределение электричества и тепла в ячейке остается сбалансированным при замене электрических нагревателей анодными узлами **1110**.

[0072] Согласно другому предпочтительному варианту осуществления, как показано на
15 Фиг. 13, этап предварительного нагрева **1100** может сначала включать этап обеспечения переменного сопротивления R_{CH} для, по меньшей мере, одного электрического нагревателя **1120**, за которым следует этап настройки переменного сопротивления R_{CH} до тех пор, пока оно не станет равным сопротивлению R_{AA} , по
20 меньшей мере, одного анодного узла, ранее установленного в ванне, так что распределение электричества и тепла в электролитической ячейке остается сбалансированным при замене, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом **1130**. Настройка сопротивления R_{CH} возможна путем регулирования величины тока, обеспечиваемого сопротивлением.

[0073] Согласно предпочтительному варианту осуществления, электролитическая
25 ячейка выполнена с возможностью размещения количества N_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла, при этом $N_{AA} \geq 1$. Затем способ **1000** может включать этап установки в электролитической ячейке количества N_{CH} электрических нагревателей при $N_{CH} \geq 1$ вместо, по меньшей мере, одного анодного узла при $N_{CH} = N_{AA}$; перед подачей электропитания на каждый, по меньшей мере, один электрический нагреватель для
30 подогрева электролитической ячейки. Предпочтительно, электропитание каждого, по меньшей мере, одного электрического нагревателя может включать этап подачи тока, доступного в основной шине электролитической ячейки, на каждый, по меньшей мере, один электрический нагреватель. Ток, подаваемый на нагреватели, предпочтительно предусмотренный в основной шине емкости. Например, ток, доступный в шине, может
35 иметь очень низкое напряжение (например, постоянный ток от 2 до 5 вольт) и очень

высокую силу тока (например, от 15 до 50кА).

[0074] Согласно предпочтительному варианту осуществления, при предварительном нагреве электролитической ячейки способ **1000** может дополнительно включать этап отвода избытка тепла из ячейки.

5 [0075] Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ **1000** может дополнительно включать этап поддержания температуры предварительно нагретой электролитической ячейки путем подачи электропитания, по меньшей мере, на один электрический нагреватель, установленный в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере, одного анодного узла.

10 [0076] Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ **1000** может дополнительно включать этап замены одного дефектного анодного узла из, по меньшей мере, одного анодного узла электролитической ячейки при производстве металла для обслуживания и/или замены указанного дефектного анодного узла.

[0077] Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ может
15 дополнительно включать отвод избытка энергии из ячейки. Способ отвода избытка энергии приведен ниже.

[0078] Согласно предпочтительному варианту осуществления, металлом, получаемым после запуска ячейки, является алюминий, а анодный узел содержит инертные или выделяющие кислород аноды.

20 [0079] В настоящем изобретении также описан способ запуска электролитической ячейки для получения металла. Электролитическая ячейка обычно содержит, по меньшей мере, один катодный узел, выполненный с возможностью размещения, по меньшей мере, одного анодного узла и электролитическую ванну для получения металла, такого как алюминий посредством электролиза. Электролитическая ванна
25 может быть твердой или жидкой. Твердая ванна обычно содержит твердый криолит и предпочтительно другие добавки при температуре окружающей среды, и перед следующими этапами процесса электролитическую ячейку заполняют твердой ванной. Жидкая ванна обычно содержит уже расплавленный криолит и предпочтительно другие добавки при заданной температуре (обычно выше 700°C).

30 [0080] Процесс запуска, когда электролитическая ванна является сухой, показан на Фиг. 14. Способ **2000** сначала включает этапы подготовки сухой ванны при температуре окружающей среды в электролитической ячейке **2100** перед установкой при температуре окружающей среды, по меньшей мере, одного нагревательного элемента в электролитической ячейке вместо соответствующего анодного узла **2200**.

35 Как показано на Фиг. 9 и 10, каждая электролитическая ячейка **10** может иметь

несколько предварительных нагревателей **100**, причем каждый из предварительных нагревателей имеет электрические нагреватели **110** с одним или несколькими сопротивлениями. Каждое из сопротивлений **110** может иметь различную геометрию, как показано на рисунке 6.

5 [0081] Под “температурой окружающей среды” подразумевается температура непосредственной среды гидролитической ячейки (ячеек), например, температура $25^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$. Фактически, температура окружающей среды вокруг гидролитической ячейки (емкости) в цехе электролиза может быть выше из-за тепла, выделяемого из соседних емкостей, особенно при жарком климате. В другом варианте, температура окружающей среды также может быть ниже, особенно в Канаде, где цеха электролиза, как правило, не отапливаются, а температура окружающей среды поддерживается за счет тепла, выделяемого гидролитическими ячейками или емкостями.

10 [0082] Предпочтительно, $N_{\text{СН}}$ электрических сопротивлений $R_{\text{СН}}$ электрических нагревателей **110** обычно соединены, например, параллельно, при наличии более чем одного электрического сопротивления для формирования системы предварительного нагрева **100**. В системе с множеством $N_{\text{СН}}$ равных сопротивлений $R_{\text{СН}}$ соединенных параллельно, общее сопротивление равно $R = R_{\text{СН}}/N_{\text{СН}}$. Другие типы соединений для сопротивления могут быть рассмотрены в пределах объема настоящего изобретения. Как показано на Фиг. 9 или 10, каждый из нагревательных элементов предпочтительно

15 установлен в верхней части электролитической ячейки вместо анодных узлов с сопротивлением, проходящим сверху к катодам, обычно расположенным в нижней части электролитической ячейки. Другие конфигурации могут быть рассмотрены в пределах объема настоящего изобретения.

20 [0083] Способ **2000**, как показано на Фиг. 14, может дополнительно включать этап нагрева электролитической ячейки путем подачи тока на каждый нагревательный элемент **2300**. Предпочтительно, чтобы ток был доступен в шине ячейки. Шины представляют собой токопроводящие стержни, обычно изготовленные из меди или алюминия, более предпочтительно алюминия, которые пропускают электрический ток от источника питания к электродам (например, ссылка 16, Фиг. 8)

30 [0084] Предпочтительно, электролитическая ячейка **10** и, в некоторых случаях, содержащаяся в ней сухая ванна **12** могут дополнительно нагреваться за счет эффективного распределения тепла внутри электролитической ячейки по направлению, по меньшей мере, к одному катодному узлу **20**. Например, тепло может быть эффективно распределено внутри электролитической ячейки с учетом повышения

35 температуры, причем повышение температуры зависит от типа материалов,

нагреваемых внутри электролитической ячейки. В этом смысле электролитическая ячейка может содержать защитные материалы для защиты боковых стенок **13**. Например, циркуляция тепла направлена от нагревательного элемента (элементов) **110** к, по меньшей мере, одному катодному узлу **20** за счет использования защитных материалов, проложенных вдоль боковых стенок электролитической ячейки. Следует отметить, что, в соответствии с настоящим изобретением, предварительные нагреватели ячеек имеют боковые стенки. Предпочтительно, боковые стенки предварительных нагревателей не должны изготавливаться из материалов, чувствительных к скорости увеличения нагрева, поскольку они обычно находятся в контакте с соседними предварительными нагревателями (см., например, Фиг. 9).

[0085] Как показано на Фиг. 14, процесс **2000** с использованием сухой ванны дополнительно включает этап контроля того, чтобы сухая ванна в электролитической ячейке расплавилась благодаря нагревательному элементу (элементам) **2400** сразу после достижения заданной температуры в емкости, как подробно описано ниже.

Преимущество настоящего изобретения также в том, что оно позволяет осуществлять предварительный нагрев ячейки при плавлении сухой ванны с помощью нагревательных элементов.

[0086] Как показано на Фиг. 14, способ **2000** может в некоторых случаях включать этап впрыскивания в электролитическую ячейку части жидкой расплавленной ванны для заполнения электролитической ячейки **2500**, если это необходимо для запуска процесса получения металла (например, алюминия) посредством электролиза. Действительно, когда используется сухая ванна, объем ванны уменьшается при ее расплавлении, и затем добавляется порция жидкой ванны для заполнения электролитической ячейки.

[0087] Как показано на Фиг. 14, способ **2000** дополнительно включает этап введения в электролитическую ячейку **10** порции получаемого металла **2600**, такого как алюминий, для смачивания катодов **20** и дна ячейки **13** (более подробная информация приведена ниже в этом документе).

[0088] Наконец, как показано на Фиг. 14, процесс **2000** дополнительно включает этап замены каждого из нагревательных элементов анодным узлом до тех пор, пока все нагревательные элементы не будут удалены из электролитической ячейки **2700**. В частности, для установки в электролитической ячейке одного анодного узла из него извлекается некоторое количество N_{HE} нагревательных элементов, при этом $N_{HE} \geq 1$ и N_{HE} зависит от общего сопротивления R_{CH} , обеспечиваемого N_{HE} нагревательных элементов, при этом R_{CH} близко или почти эквивалентно сопротивлению R_{AA} указанного одного анодного узла.

[0089] На Фиг. 15 показан процесс запуска **3000**, когда электролитическая ванна используется уже жидкой, т.е. горячая расплавленная электролитическая ванна.

[0090] Способ **3000** сначала включает этапы установки при температуре окружающей среды, по меньшей мере, одного нагревательного элемента в электролитической ячейке
5 вместо, по меньшей мере, одного анодного узла **3100**, перед нагревом электролитической ячейки путем подачи тока **3200** на каждый, по меньшей мере, один нагревательный элемент. Сразу после достижения заданной температуры в электролитической ячейке, способ **3000** охватывает этапы заливки жидкой расплавленной ванны и порции получаемого металла в электролитическую ячейку
10 **3300**. Наконец, способ **3000** включает этап замены одного или нескольких, по меньшей мере, одного нагревательного элемента анодным узлом до тех пор, пока каждый, по меньшей мере, один нагревательный элемент не будет удален из электролитической ячейки **3400**.

[0091] Указанная здесь температура оценивается в соответствии с типом
15 электролитического материала, используемого для получения металла, и может составлять от 700 до 1000 °C (даже больше), например, когда алюминий получают из глинозема.

[0092] Как правило, в соответствии с настоящим изобретением, в процессе запуска заданная температура в емкости достигается через период времени в несколько дней,
20 например, от 2 до 5 дней. Электролитическая ванна может содержать глинозем для получения алюминия, и порцию металла, такого как алюминий, используется для придания катодам смачиваемости. Другие варианты обеспечения смачиваемости катодов описаны в международной патентной заявке № WO 2018/009862 A1 (LIU, Xinghua), содержание которой приведено в настоящем документе путем ссылки.
25 Например, смачиваемый алюминием материал может, по меньшей мере, содержать один из TiB_2 , ZrB_2 , HfB_2 , SrB_2 , или их комбинацию.

[0093] Предпочтительно, анодные узлы могут предварительно нагреваться снаружи электролитической ячейки перед перемещением и размещением в электролитической ячейке. Это особенно подходит для электролитической ячейки, использующей
30 инертные или выделяющие кислород электроды. В качестве примера можно привести устройство и способ эксплуатации электролитической ячейки, описанные в международной патентной заявке № WO2021/035356 (ELYTIS LIMITED PARTNERSHIP), содержание которой включено путем ссылки.

[0094] Когда сопротивление R_{CH} нагревателей ячеек близко или почти эквивалентно
35 R_{AA} , это может означать выработку большого количества тепла. Соответственно,

способ может дополнительно включать этап отвода избытка тепла из ячейки. Как показано на Фиг. 10, отвод избыточного тепла предпочтительно осуществляется при наличии, по меньшей мере, одного дополнительного сопротивления **130**, расположенного в верхней части, по меньшей мере, одного нагревательного элемента

5 **100**. Предпочтительно, избыток тепла отводится из электролитической ячейки через систему отвода газа, расположенную в верхней части электролизера над электролитической ячейки. Другие способы отвода избытка тепла могут быть рассмотрены в пределах объема настоящего изобретения.

[0095] Способ, описанный здесь, является особенно эффективным, поскольку его можно использовать для оптимизации (например, сокращения) времени, необходимого для запуска электролитической ячейки, тем самым уменьшая количество энергии, необходимое для запуска ячейки, что делает настоящее изобретение экологически благоприятным, обеспечивая при этом сохранность материалов, расположенных внутри ячейки (например, инертных анодов).

15 **ПРИМЕРЫ**

[0096] Сокращения, обычно используемые в настоящем описании:

- АУ: Анодный узел
- ЦПГ: Центр подготовки газа
- ХЭ: Холл-Эру
- 20 • ИА: Инертный анод
- БТК: Блок транспортировки катода
- КОЭ: Кран, обслуживающий электролизер

[0097] Предварительный нагреватель ячейки, являющийся предметом настоящего изобретения, представляет собой электрический нагреватель, который устанавливается

25 в ячейке вместо анодного узла. Ячейка предварительно нагревается таким количеством нагревателей, сколько имеется анодных узлов. Электропитание предварительного нагревателя ячейки подается от основной шины емкости, т.е. с использованием очень низкого напряжения (например, постоянного тока от 2 до 5 Вольт) и очень высокой силы тока (например, от 15 до 50кА), в отличие от традиционных систем нагревания,

30 которые обычно используют переменный ток с более высоким напряжением (110-480 В) и меньшей силой тока (несколько сотен ампер).

[0098] Другой особенностью является то, что в конце предварительного нагрева, когда жидкая ванна заливается в ячейку, и предварительные нагреватели ячеек постепенно заменяются горячими анодными узлами, сопротивление предварительного нагревателя

35 предпочтительно равно или почти равно сопротивлению анодного узла в ванне, так что

распределение электроэнергии и тепла в ячейке не нарушается в процессе замены, и инертные анодные узлы принимают необходимую долю тока, не перегружаясь и не недогружаясь.

5 [0099] Наконец, мощность предварительного нагревателя ячейки определяется током в сети и требованиями к сопротивлению. Такая мощность $P = \text{сопротивление} * \text{сила тока}^2$ выше, чем мощность, необходимая для нагрева ячейки. Следовательно, предварительный нагреватель ячейки должен быть способен отводить избыточную энергию.

10 [00100] Система, способ и процессы запуска, описанные в настоящем изобретении, позволяют осуществлять предварительный нагрев электролитических ячеек с использованием вертикальной компоновки инертных анодов и катодов с диапазоном температур, равномерно регулируемым во всей ячейке.

15 [00101] Система и способ, раскрытые в настоящем документе, позволяют не нарушать распределение электроэнергии при последовательной замене предварительных нагревателей ячеек анодными узлами во время процедуры запуска ячейки в конце предварительного нагрева.

[00102] Кроме того, благодаря использованию дополнительного сопротивления, которое расположено в верхней части предварительного нагревателя, можно рассеивать избыточную энергию, что препятствует дальнейшему нагреву ячейки.

20 **ВАРИАНТ 1: Нагреватели ячеек подключены к контуру питания (Фиг. 7):**

[00103] Альтернативным решением для предварительного нагрева ячейки является подвод к нагревателям тока напряжением 480В. Однако, учитывая мощность, необходимую для нагрева ячейки (например, около 500 кВт – 1 МВт для ячейки AP45), это означало бы наличие рядом с ячейкой генератора, имеющего 34 мощных кабеля, для подключения к 17 подогревателям ячеек, что создает большую проблему с логистикой в то время, когда вокруг ячейки недостаточно свободного места. Что еще более важно, это создало бы непреодолимые проблемы с электробезопасностью при напряжении 480 В переменного тока в сети и риске замыкания, а также серьезную проблему при установке анодных узлов в весьма сжатые промежутки времени, чтобы
30 можно было задать силу тока сети в ячейке без охлаждения емкости.

ВАРИАНТ 2: Нагреватели ячеек функционально подключены к шине ячейки (Фиг.8)

[00104] Процедура запуска:

- Ячейка с ИА замыкается накоротко шунтированием шины к следующей в ряду емкости;
- 35

- Первый кран, обслуживающий электролитическую ячейку (КОЭ), предназначен для переноса каждого из предварительных нагревателей ячеек и установки предварительного нагревателя внутри ячейки вместо ИА;
 - Каждый нагреватель ячейки подключен к шинам емкости;
- 5
- Шунты удаляются; начинается предварительный нагрев емкости, после заданного периода времени (например, около 2-5 дней) электролитическая ячейка предварительно нагревается до желаемой температуры, и порция металла (например, алюминия) и электролитическая ванна помещаются внутрь ячейки. Каждый из нагревателей ячейки отключается от электросети, затем извлекается с помощью первого КОЭ и сразу же заменяется предварительно нагретым АУ с использованием второго КОЭ, предназначенного для транспортировки и размещения предварительно нагретого АУ в ячейке при поддержании температуры предварительно нагретого АУ. Второй КОЭ, также известный как “переносная коробка”, позволяет избежать потери температуры в ванне и резкого колебания температуры оборудования, в частности, когда АУ содержит инертные или выделяющие кислород аноды. Пример второго КОЭ описан в процитированном ранее документе № WO2021/035356.
- 10
- 15

[00105] Параметры:

- Электрическое сопротивление нагревателя ячейки и АУ в ячейке должны быть правильно рассчитаны, чтобы получить надлежащую силу тока и тепловой баланс после замены предварительного нагревателя ячейки на АУ ($R_{CH} = R_{AA}$). В другом варианте, сопротивление можно настроить или скорректировать для получения $R_{CH} = R_{AA}$.
 - Производится подключение каждого АУ к эквипотенциальной анодной шине.
- 20
- 25

[00106] Как уже говорилось выше, время установки всех АУ внутри электролитической ячейки должно быть достаточно кратким, чтобы избежать потери температуры и резкого колебания температуры оборудования.

Примеры систем предварительного нагрева:

- [00107] Как показано на Фиг. 6, сопротивления можно изготовить из цельного стержня (например, из резистивного сплава, например, диаметром 40 мм) различной конфигурации. Конструкция сопротивления предпочтительно должна соответствовать характеристикам номинального напряжения ячейки 5 В постоянного тока на уровне 12000 А. Допуск на удельное сопротивление составляет 12 500 А при 5 В постоянного тока, то есть номинальное значение 200 000 А при 5 В постоянного тока для 16
- 30
- 35
- нагревательных модулей. Устройство предварительного нагрева может содержать

компоненты из стали и огнеупорного материала, устойчивые в ванне, огнеупор для горячей поверхности с изолирующими огнеупорами сзади.

[00108] Запуск ячейки заключается в замене предварительного нагревателя на АУ, который был отдельно предварительно нагрет в камере предварительного нагрева, чтобы избежать резкого изменения температуры анодов, как описано в вышеуказанном документе WO2021/035356.

[00109] **Пример:** Блок предварительного нагрева (например, электрический нагреватель мощностью 63 кВт - 5 В постоянного тока - 14 400 Ампер) может содержать:

- 10 • 2-1/2" (около 6,35 см) труба Sch. 40 из сплава Inconel[®] 600;
- 1-1/2" * 4" (около 6,35*10,16 см) силовые провода из сплава Inconel[®] 600;
- Размер верхнего шпунта: 30" * 58" * 13-3/4" (76,2 * 147,32 * 34,93 см);
- Подъемные кольца;
- Огнеупорная обмазка, покрытая изоляцией из плит, с огнеупорными анкерами;
- 15 • Подвесные опоры для секции трубы; и
- Транспортировочная подставка из простой стали.

[00110] Хотя иллюстративные и в данном случае предпочтительные варианты осуществления изобретения подробно описаны выше, следует понимать, что концепции изобретения могут быть реализованы и использованы иным образом, и что прилагаемая формула изобретения предназначена для разъяснения таких вариантов, за исключением случаев, ограниченных предшествующим уровнем техники.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система предварительного нагрева для предварительного нагрева электролитической ячейки, причем электролитическая ячейка содержит, по меньшей мере, один катодный узел и выполнена с возможностью размещения, по меньшей мере, одного анодного узла и электролитической ванны для получения металла посредством электролиза, при этом система предварительного нагрева содержит:
- 5 по меньшей мере, один электрический нагреватель, выполненный с возможностью установки в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере, одного анодного узла для предварительного нагрева ячейки перед установкой, по меньшей мере, одного анодного узла в ячейку.
- 10
2. Система предварительного нагрева по п. 1, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, один электрический нагреватель выполнен с возможностью обеспечения сопротивления R_{CH} , эквивалентного сопротивлению R_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла, ранее устанавливаемого в ванне, так что распределение электричества и тепла в электролитической ячейке остается сбалансированным при замене, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом.
- 15
3. Система предварительного нагрева по п. 1, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, один электрический нагреватель выполнен с возможностью обеспечения переменного сопротивления R_{CH} , которое настраивается так, чтобы быть эквивалентным сопротивлению R_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла, ранее устанавливаемого в ванне, так что распределение электричества и тепла в электролитической ячейке остается сбалансированным при замене, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом.
- 20
4. Система предварительного нагрева по любому из пп. 1-3, отличающаяся тем, что электролитическая ячейка выполнена с возможностью размещения количества N_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла, с $N_{AA} \geq 1$, при этом система предварительного нагрева содержит:
- 30 количество N_{CH} , по меньшей мере, один анодный узел, с $N_{CH} \geq 1$, каждый, по меньшей мере, один электрический нагреватель выполнен с возможностью установки в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере, одного анодного узла, с $N_{CH} =$
- 35 N_{AA} ; и дополнительно содержит:

силовой модуль, функционально подключенный к каждому, по меньшей мере, одному электрическому нагревателю для электропитания, по меньшей мере, одного электрического нагревателя для предварительного нагрева электролитической ячейки.

- 5 5. Система предварительного нагрева по п. 4, отличающаяся тем, что силовой модуль выполнен с возможностью подключения основной шины электролитической ячейки к каждому, по меньшей мере, одному электрическому нагревателю для подачи тока, имеющегося в основной шине.
- 10 6. Система предварительного нагрева по п. 5, отличающаяся тем, что система предварительного нагрева имеет мощность P , задаваемую силой тока A и сопротивлением R_{CH} нагревателей ячеек N_{CH} , причем $P = (R_{CH} / N_{CH}) * A^2$, при этом P превышает мощность, необходимую для нагрева ячейки, создавая избыток энергии, причем ячейка выполнена с возможностью отвода избытка тепла.
- 15 7. Система предварительного нагрева по п. 6, дополнительно содержащая, по меньшей мере, одно сопротивление в верхней части системы предварительного нагрева для отвода указанного избытка тепла.
- 20 8. Система предварительного нагрева по любому из пп. 1-7, отличающаяся тем, что катодный и анодный узлы содержат соответственно множество вертикальных катодов и вертикальных анодов.
- 25 9. Система предварительного нагрева по любому из пп. 1-8, дополнительно используемая для поддержания температуры предварительно нагретой ячейки.
- 30 10. Система предварительного нагрева по любому из пп. 1-9, дополнительно используемая для замены одного дефектного анодного узла из, по меньшей мере, одного анодного узла электролитической ячейки при производстве металла для обслуживания и/или замены указанного дефектного анодного узла.
- 35 11. Система предварительного нагрева по любому из пп. 1-10, отличающаяся тем, что получаемым металлом является алюминий, и, по меньшей мере, один анодный узел содержит инертные или выделяющие кислород аноды.

12. Способ предварительного нагрева электролитической ячейки, причем электролитическая ячейка содержит, по меньшей мере, один катодный узел и выполнена с возможностью размещения, по меньшей мере, одного анодного узла и электролитической ванны для получения алюминия посредством электролиза, способ
- 5 включающий:
- предварительный нагрев электролитической ячейки, по меньшей мере, одним электрическим нагревателем, установленным в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере, одного анодного узла.
- 10 13. Способ по п. 12, дополнительно содержащий:
- размещение электролитической ванны в электролитической ячейке после достижения в ней заданной температуры; и
- замену, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом.
- 15 14. Способ по п. 12 или 13, отличающийся тем, что предварительный нагрев электролитической ячейки включает:
- создание сопротивления $R_{СН}$, эквивалентного или почти эквивалентного сопротивлению $R_{АА}$, по меньшей мере, одного анодного узла в ванне, чтобы
- 20 распределение электричества и тепла в ячейке оставалось сбалансированным при замене электрических нагревателей анодными узлами.
15. Способ по п. 12 или 13, отличающийся тем, что предварительный нагрев электролитической ячейки включает:
- 25 создание переменного сопротивления $R_{СН}$ для, по меньшей мере, одного электрического нагревателя; и
- настройку переменного сопротивления $R_{СН}$ до равного сопротивлению $R_{АА}$, по меньшей мере, одного анодного узла, ранее установленного в ванне, так что распределение электричества и тепла в электролитической ячейке остается
- 30 сбалансированным при замене, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом.
16. Способ по одному из пп. 12-15, отличающийся тем, что электролитическая ячейка выполнена с возможностью размещения количества $N_{АА}$, по меньшей мере,
- 35 одного анодного узла, при этом $N_{АА} \geq 1$; способ, включающий:

установку в электролитической ячейке количества N_{CH} электрических нагревателей при $N_{CH} \geq 1$ вместо, по меньшей мере, одного анодного узла при $N_{CH} = N_{AA}$; и

5 подачу электропитания на каждый из, по меньшей мере, одного электрического нагревателя для подогрева электролитической ячейки.

17. Способ по п. 16, отличающийся тем, что подача питания на каждый, по меньшей мере, один электрический нагреватель включает:

10 подачу тока, доступного в основной шине электролитической ячейки, на каждый, по меньшей мере, один электрический нагреватель.

18. Способ по одному из пп. 12-17, при предварительном нагреве электролитической ячейки дополнительно включающий:

15 отвод избытка тепла из ячейки.

19. Способ по одному из пп. 12-18, дополнительно включающий:

20 поддержание температуры предварительно нагретой электролитической ячейки путем подачи электропитания, по меньшей мере, на один электрический нагреватель, установленный в электролитической ячейке вместо, по меньшей мере, одного анодного узла.

20. Способ по одному из пп. 12-19, дополнительно включающий:

25 замену одного дефектного анодного узла из, по меньшей мере, одного анодного узла электролитической ячейки при производстве металла для обслуживания и/или замены указанного дефектного анодного узла.

21. Способ по одному из пп. 12-20, отличающийся тем, что получаемым металлом является алюминий, и, по меньшей мере, один анодный узел содержит инертные или выделяющие кислород аноды.

30

22. Способ запуска электролитической ячейки для получения металла, при этом электролитическая ячейка содержит, по меньшей мере, один катодный узел и выполнена с возможностью размещения, по меньшей мере, одного анодного узла и электролитической ванны для получения металла посредством электролиза, причем
35 электролитическая ванна представляет собой сухую ванну при температуре

окружающей среды, способ, включающий:

подготовку сухой ванны при температуре окружающей среды в электролитической ячейке;

5 установку при температуре окружающей среды, по меньшей мере, одного нагревательного элемента в электролитическую ячейку вместо, по меньшей мере, одного анодного узла;

нагрев электролитической ячейки, подавая ток на каждый, по меньшей мере, один нагревательный элемент;

10 сразу после достижения заданной температуры в электролитической ячейке контролирование, чтобы сухая ванна расплавилась благодаря, по меньшей мере, одному нагревательному элементу, и, при необходимости, вводят в электролитическую ячейку порцию электролитической ванны в жидкой форме для заполнения электролитической ячейки;

15 введение порции получаемого металла в электролитическую ячейку; и замену одного или нескольких, по меньшей мере, одного нагревательного элемента анодным узлом до тех пор, пока каждый, по меньшей мере, один нагревательный элемент не будет удален из электролитической ячейки.

23. Способ запуска электролитической ячейки для получения металла, при этом 20 электролитическая ячейка содержит, по меньшей мере, один катодный узел и выполнена с возможностью размещения, по меньшей мере, одного анодного узла и электролитической ванны для получения металла посредством электролиза, причем электролитическая ванна представляет собой жидкую расплавленную ванну, способ, включающий:

25 установку при температуре окружающей среды, по меньшей мере, одного нагревательного элемента в электролитическую ячейку вместо, по меньшей мере, одного анодного узла;

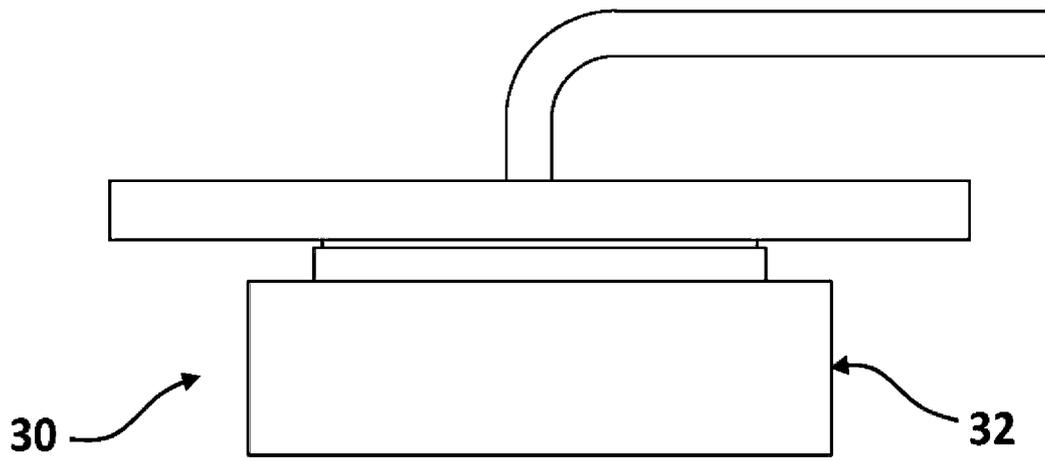
нагрев электролитической ячейки, подавая ток на каждый, по меньшей мере, один нагревательный элемент;

30 сразу после достижения заданной температуры в электролитической ячейке, заливка жидкой расплавленной ванны и порции получаемого металла в электролитическую ячейку; и

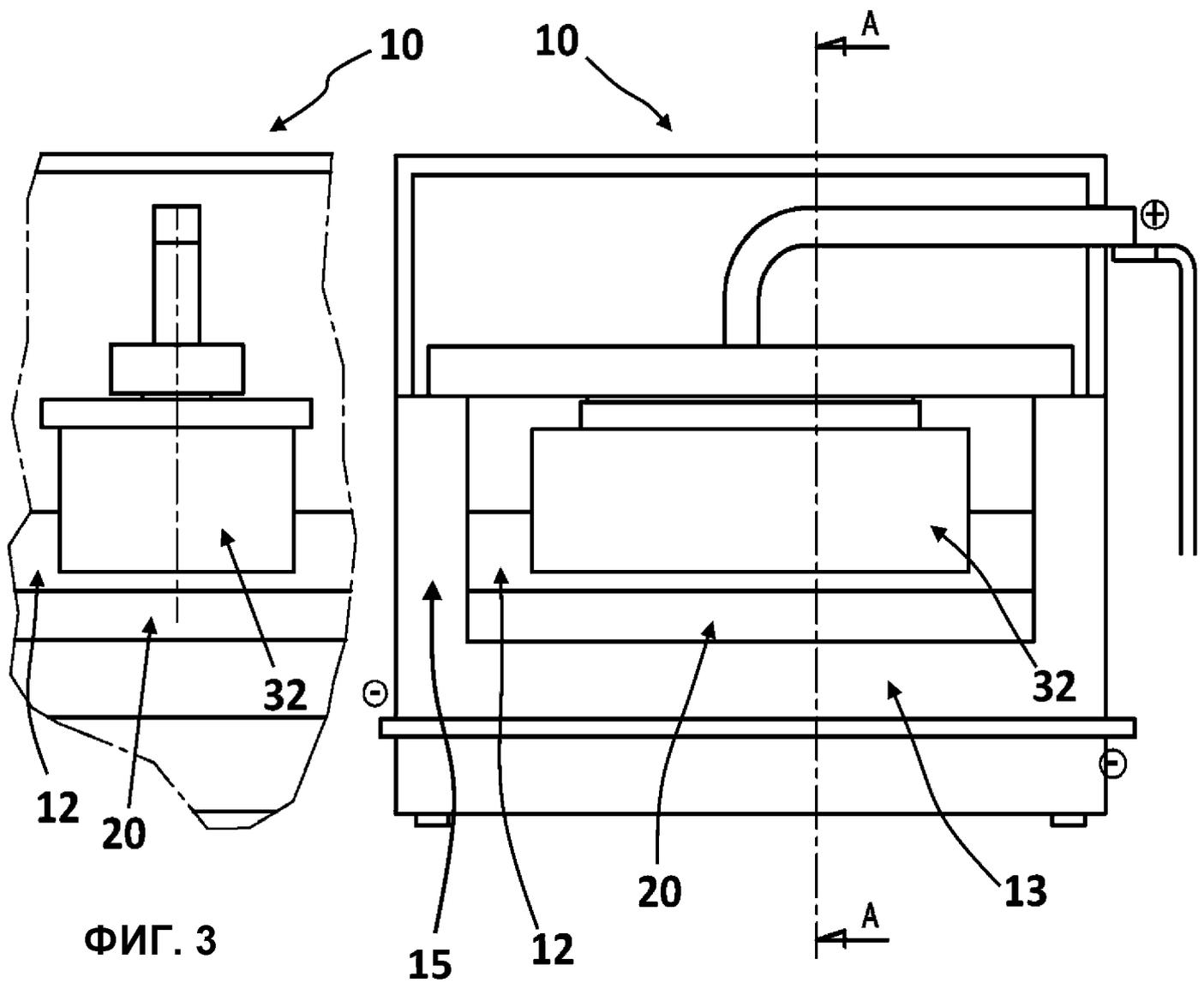
35 замену одного или нескольких, по меньшей мере, одного нагревательного элемента анодным узлом до тех пор, пока каждый, по меньшей мере, один нагревательный элемент не будет удален из электролитической ячейки.

24. Способ по п. 22 или 23, отличающийся тем, что для установки в электролитической ячейке одного анодного узла из него извлекается некоторое количество N_{HE} нагревательных элементов, при этом $N_{HE} \geq 1$, и N_{HE} зависит от общего сопротивления R , обеспечиваемого N_{HE} нагревательных элементов, при этом R выбирается близким или почти эквивалентным сопротивлению R_{AA} упомянутого, по меньшей мере, одного анодного узла.
25. Способ по одному из пп. 22-24, отличающийся тем, что каждый из нагревательных элементов обеспечивает, по меньшей мере, одно электрическое сопротивление, причем каждое, по меньшей мере, одно электрическое сопротивление электрически подключено параллельно, когда имеется более одного из указанных, по меньшей мере, одного электрического сопротивления.
26. Способ по одному из пп. 22-25, отличающийся тем, что электролитическая ячейка дополнительно нагревается путем распределения тепла, вырабатываемого внутри электролитической ячейки, по направлению, по меньшей мере, к одному катодному узлу.
27. Способ по п. 26, отличающийся тем, что тепло внутри электролитической ячейки распределяется с учетом повышения температуры, причем повышение температуры зависит от типа нагреваемых материалов внутри электролитической ячейки.
28. Способ по одному из пп. 22-25, дополнительно включающий:
отвод избытка тепла из электролитической ячейки.
29. Способ по п. 28, отличающийся тем, что отвод избыточного тепла осуществляется благодаря наличию, по меньшей мере, одного дополнительного сопротивления в верхней части, по меньшей мере, одного нагревательного элемента.
30. Способ по п. 29, отличающийся тем, что избыток тепла отводится из электролизера через систему отвода газа электролитической ячейки, расположенную в верхней части электролитической ячейки.

31. Способ по любому из пп. 22-30, дополнительно включающий:
защиту от нагрева боковых стенок электролитической ячейки.
32. Способ по п. 31, отличающийся тем, что защита от нагрева боковых стенок
5 включает:
принудительную циркуляцию тепла от, по меньшей мере, одного
нагревательного элемента к, по меньшей мере, одному катодному узлу за счет
использования защитных материалов, проходящих вдоль боковых стенок.
- 10 33. Способ по любому из пп. 22-32, отличающийся тем, что заданная температура
предварительно нагретой электролитической ячейки достигается через промежуток
времени от 2 до 5 дней и составляет от 700 до 1000 °С.
- 15 34. Способ по любому из пп. 22-33, отличающийся тем, что получаемым металлом
является алюминий, и, по меньшей мере, один анодный узел содержит инертные или
выделяющие кислород аноды.

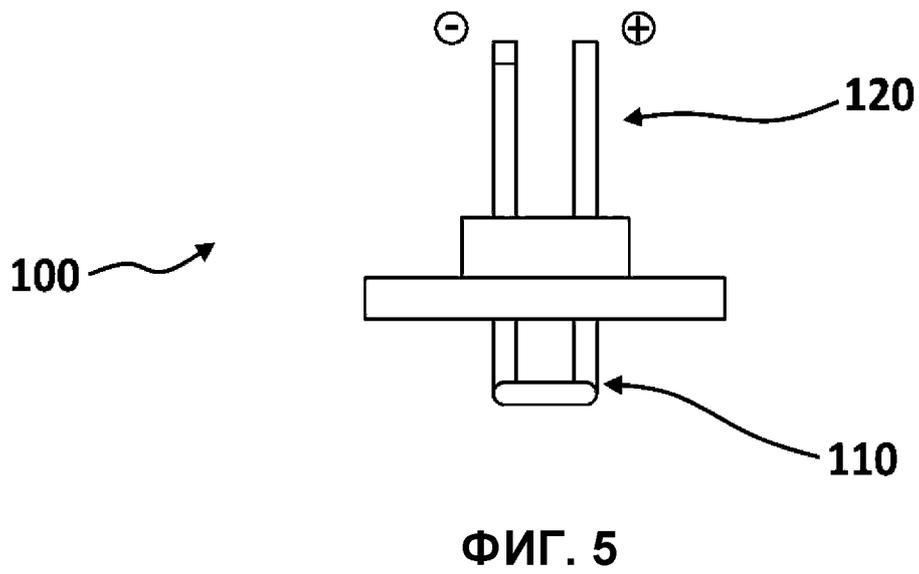
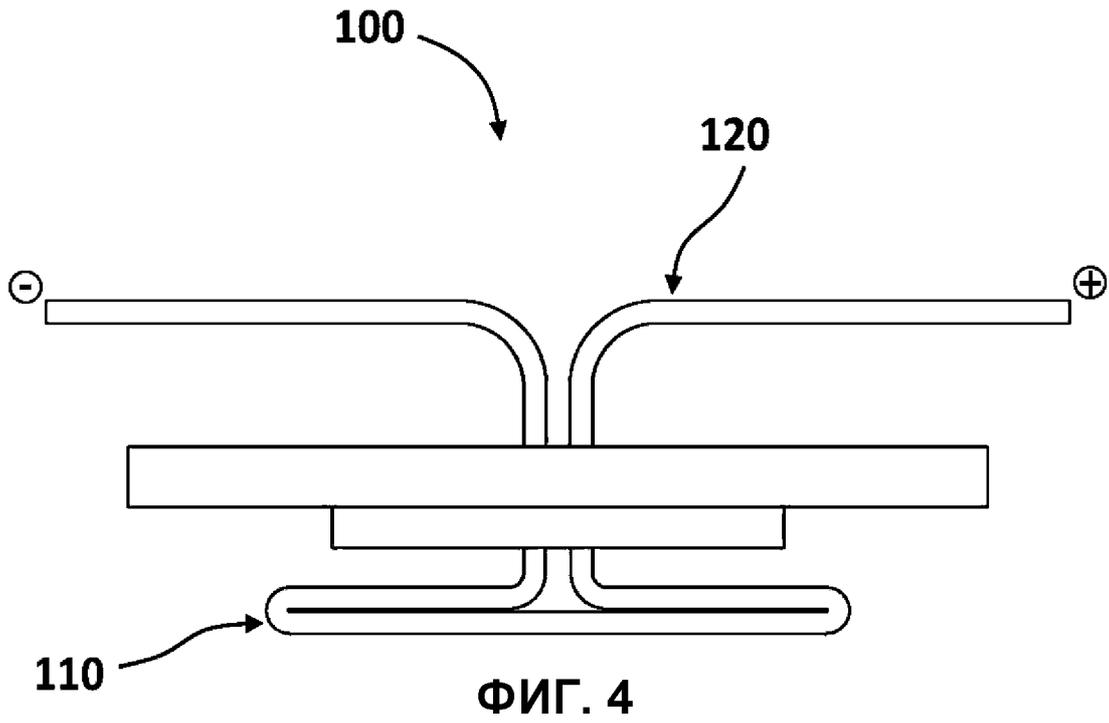


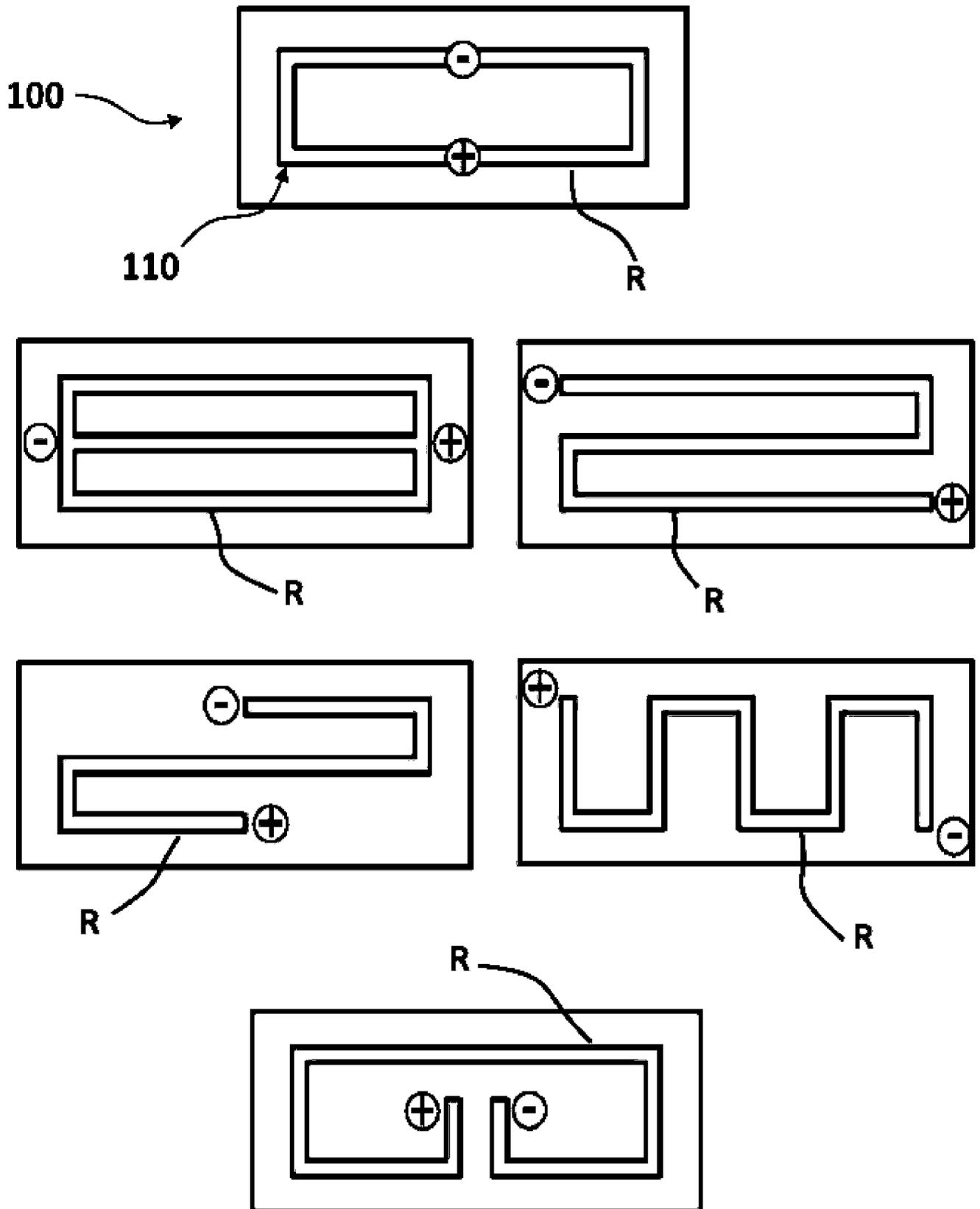
ФИГ. 1



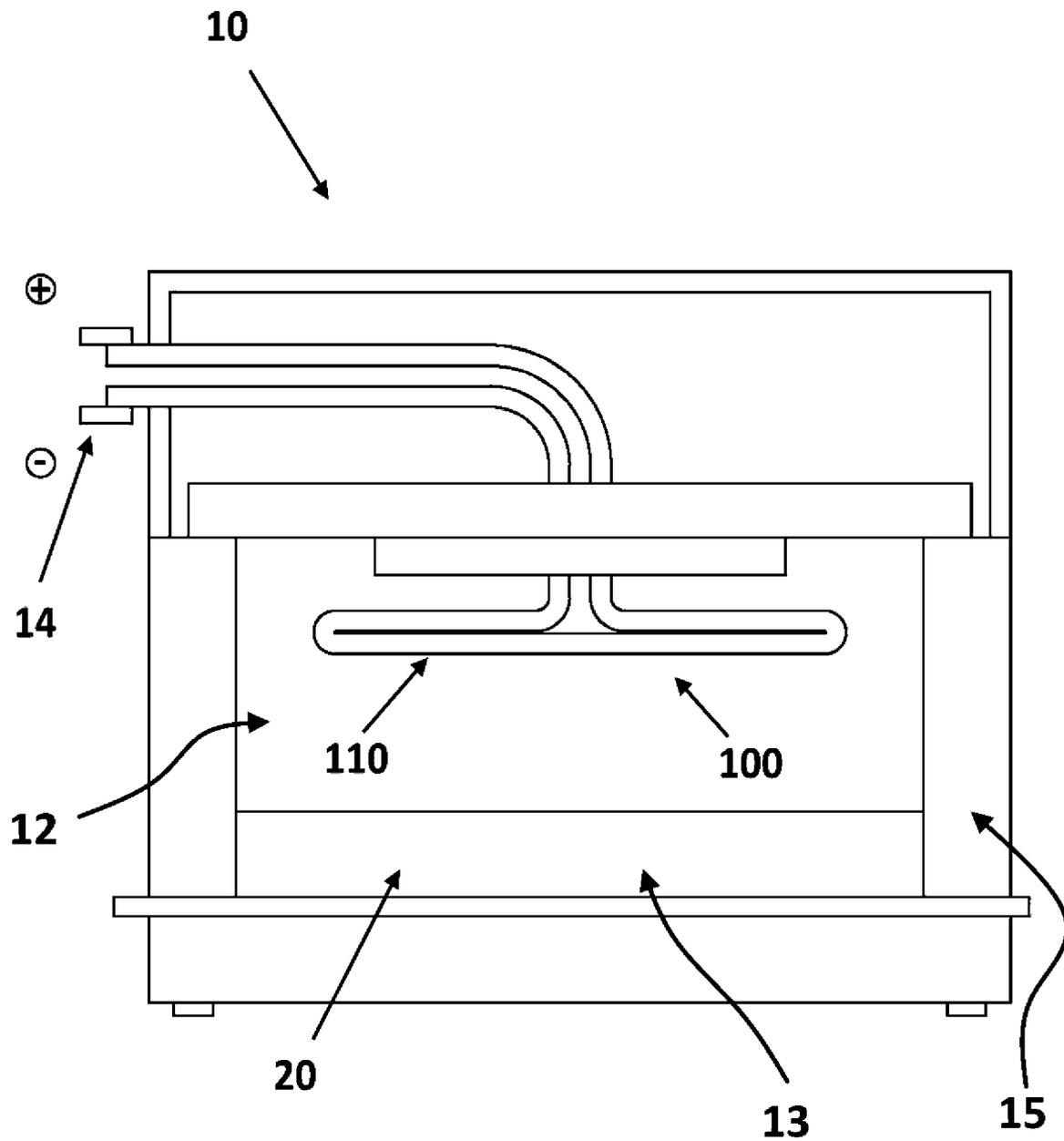
ФИГ. 3

ФИГ. 2

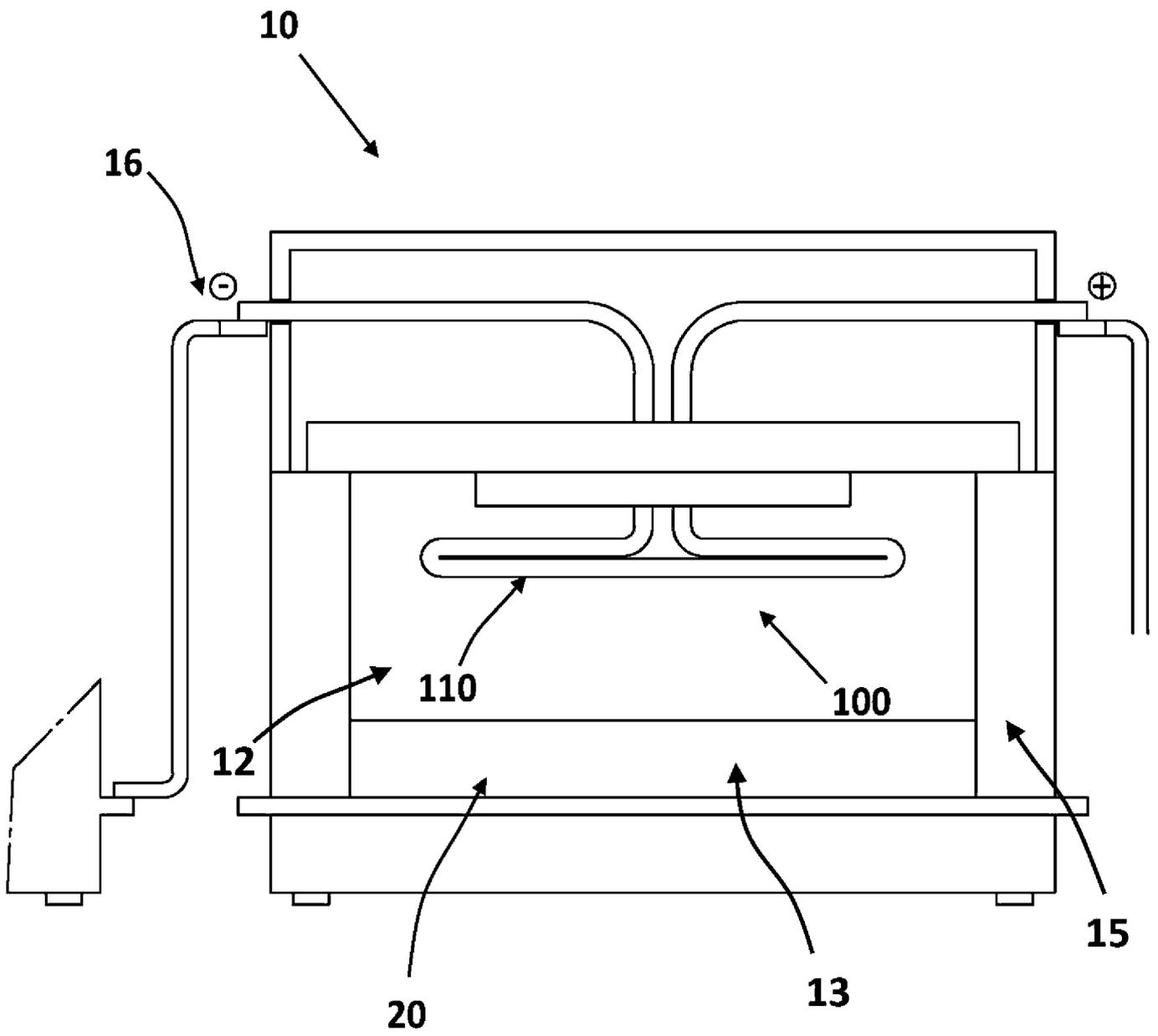




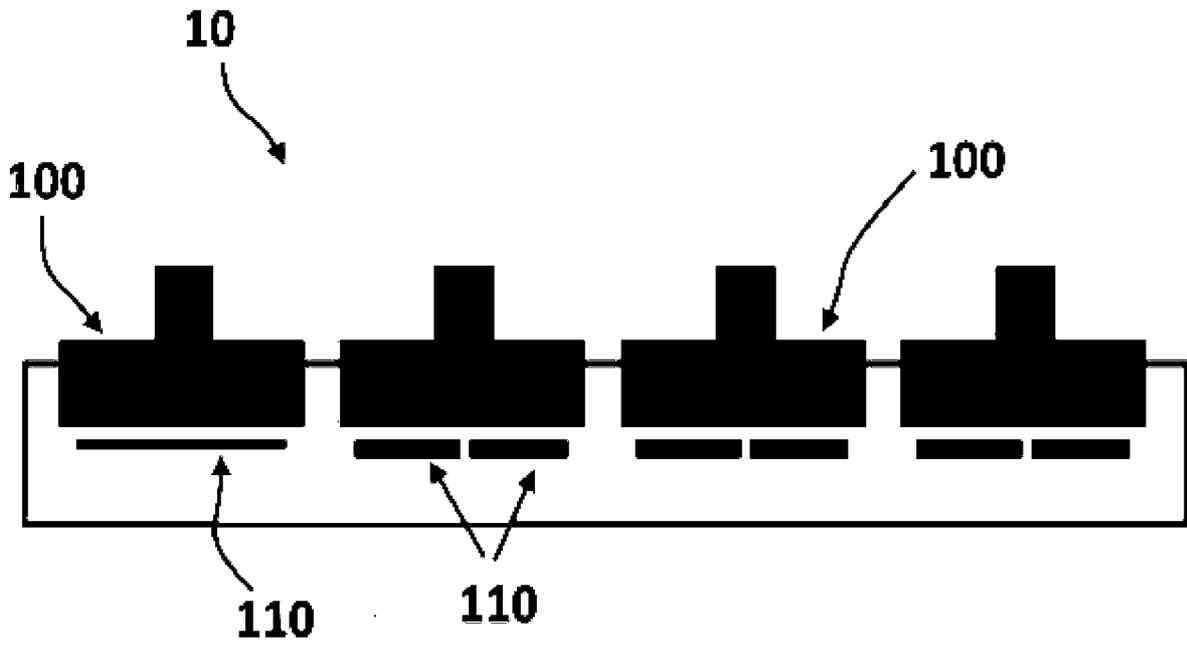
ФИГ. 6



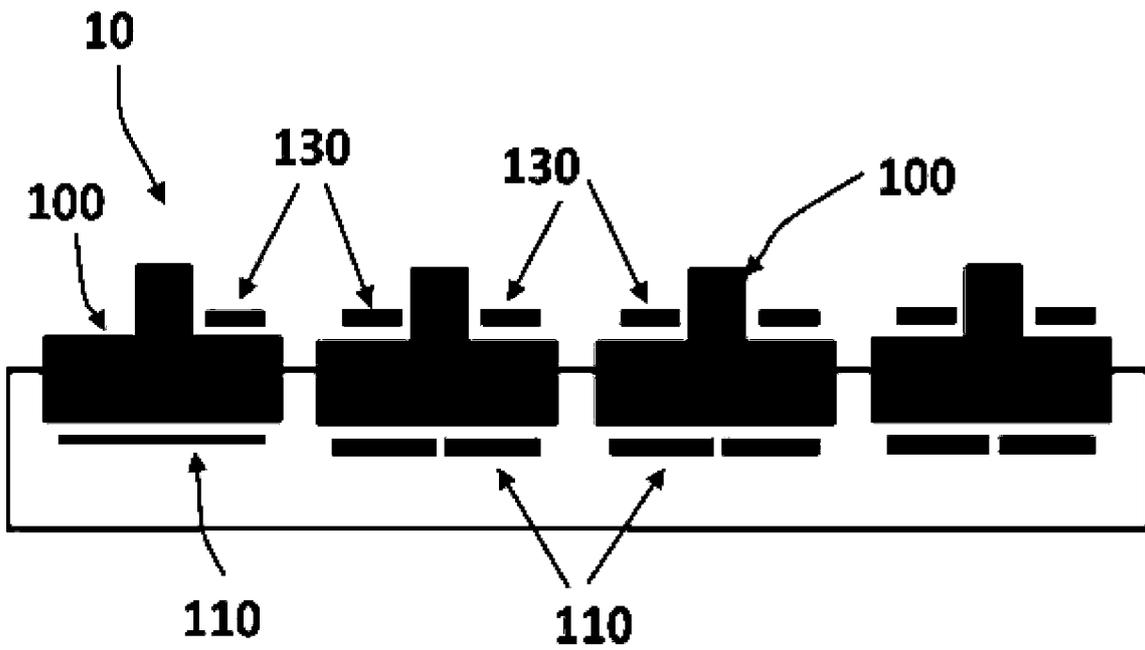
ФИГ. 7



ФИГ. 8

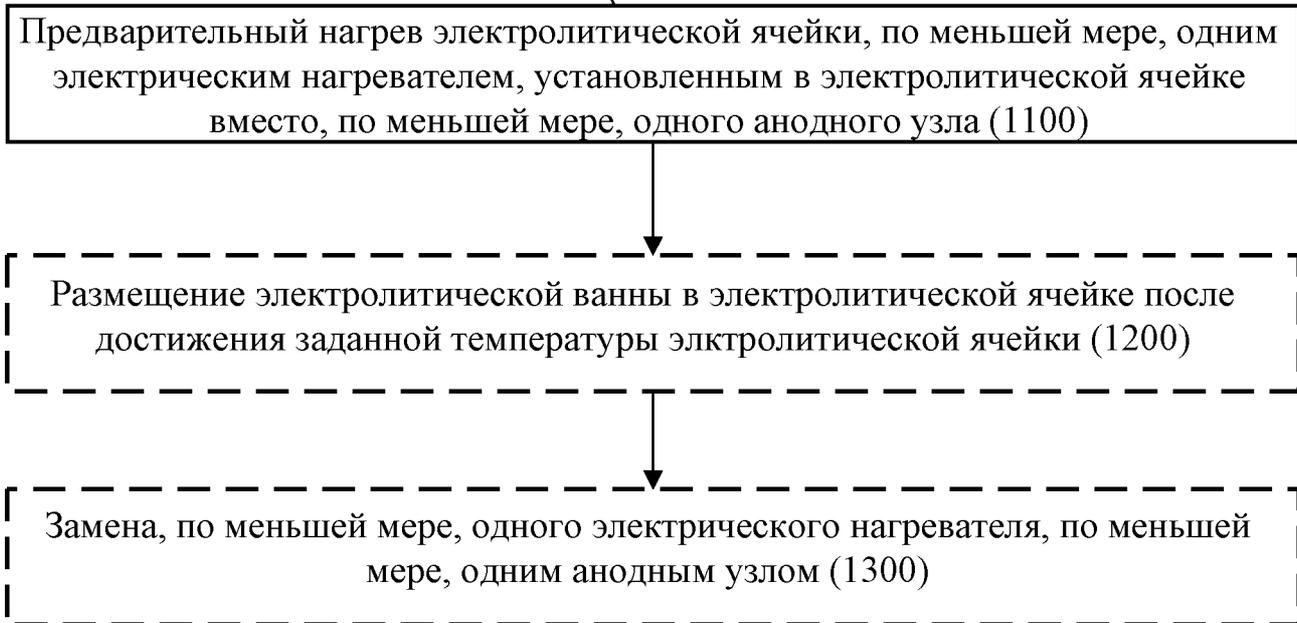


ФИГ. 9



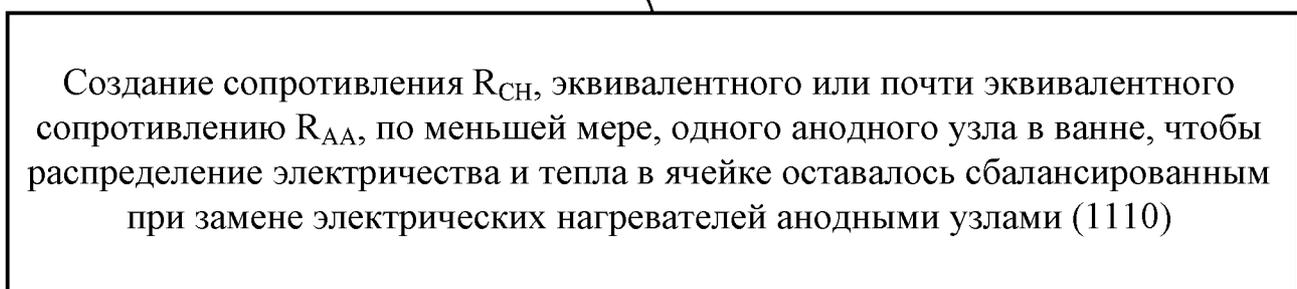
ФИГ. 10

1000



ФИГ. 11

1100



ФИГ. 12

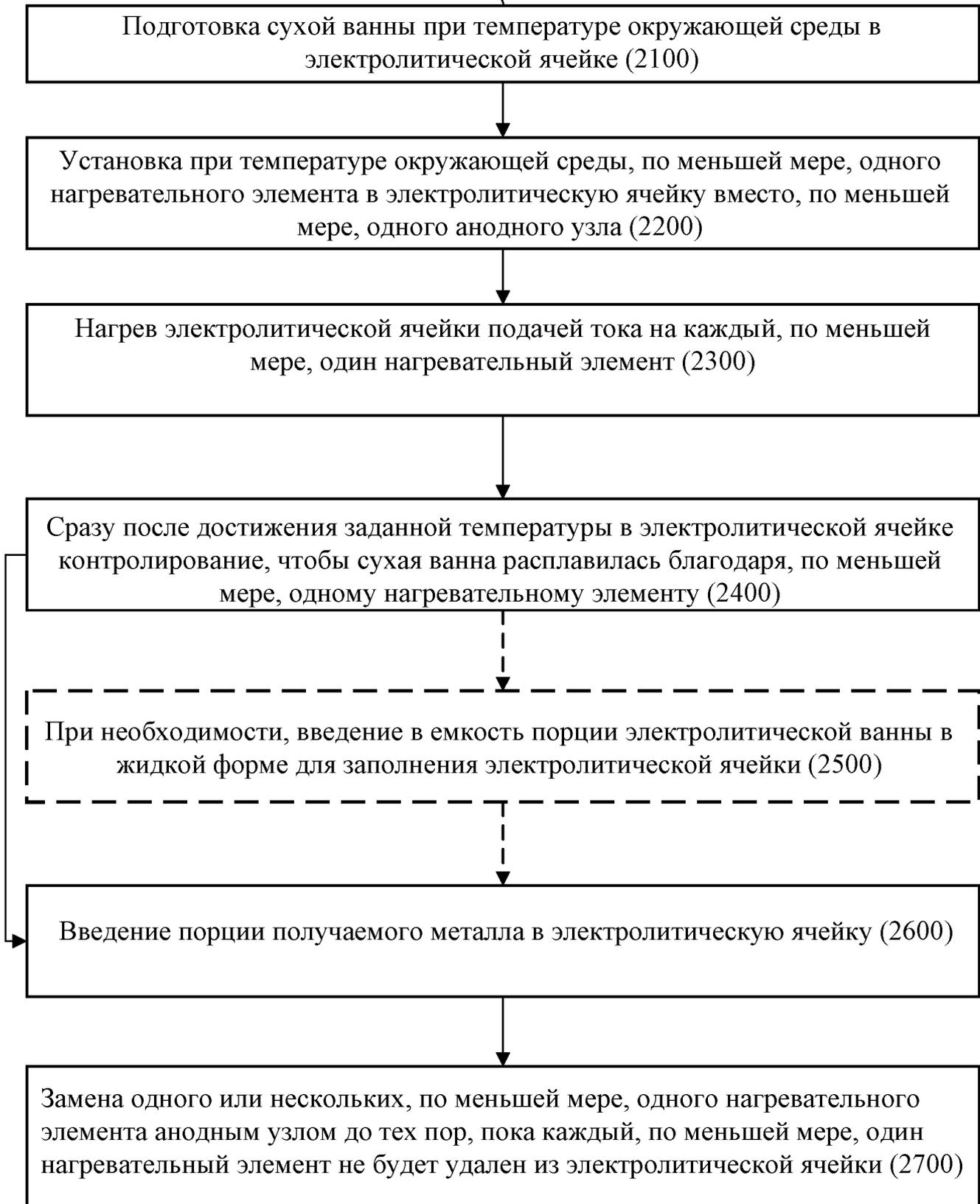
1100

Создание переменного сопротивления R_{CH} для, по меньшей мере, одного электрического нагревателя (1120)

Настройка переменного сопротивления R_{CH} до равного сопротивлению R_{AA} , по меньшей мере, одного анодного узла, ранее установленного в ванне, так что распределение электричества и тепла в электролитической ячейке остается сбалансированным при замене, по меньшей мере, одного электрического нагревателя, по меньшей мере, одним анодным узлом (1130)

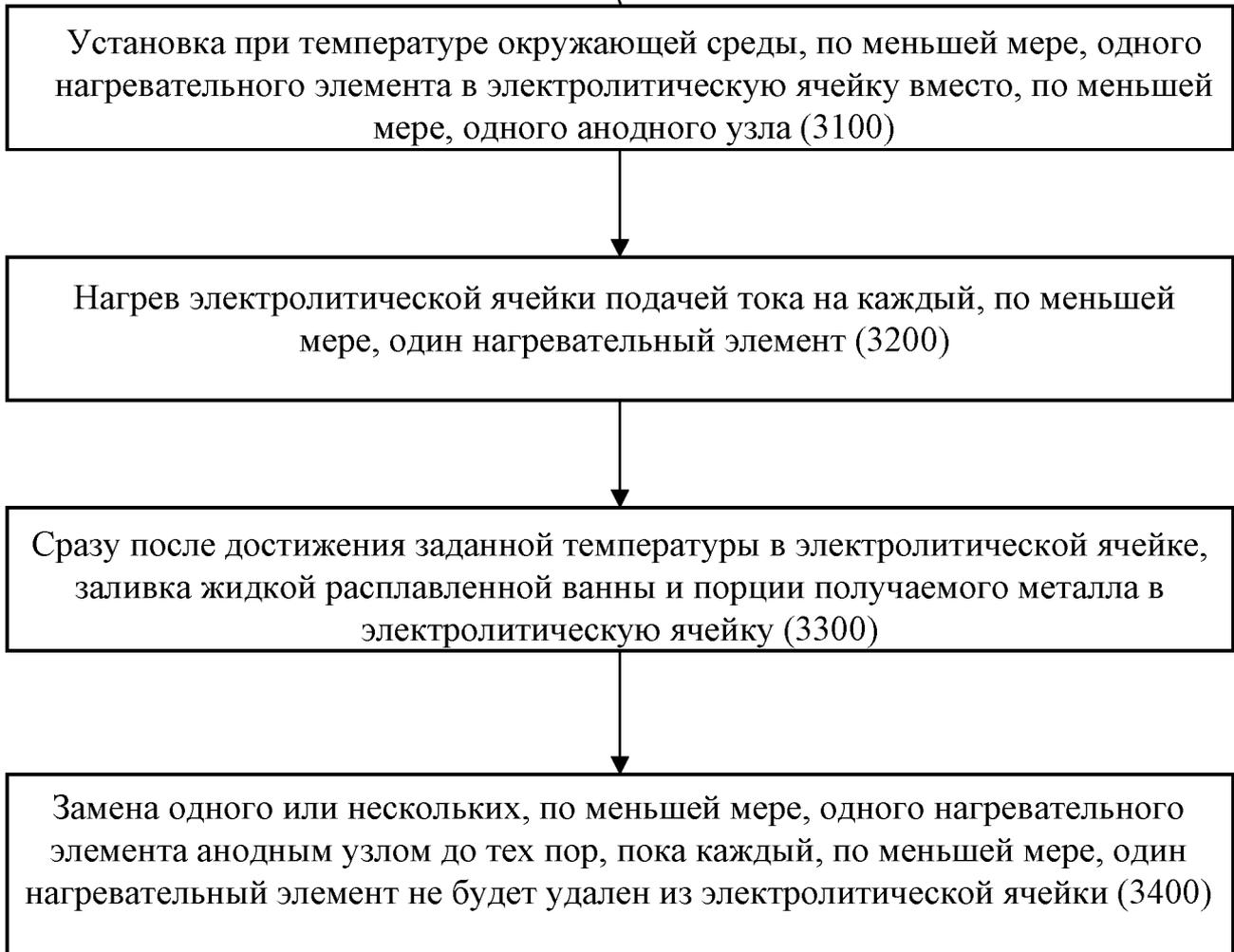
ФИГ. 13

2000



ФИГ. 14

3000



ФИГ. 15