

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202391427 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.08.28

(51) Int. Cl. C25C 7/06 (2006.01)  
C25C 3/18 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2021.11.23

(54) УДАЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ЭЛЕКТРОЛИТА

(31) 63/117,483

(32) 2020.11.24

(33) US

(86) PCT/CA2021/051665

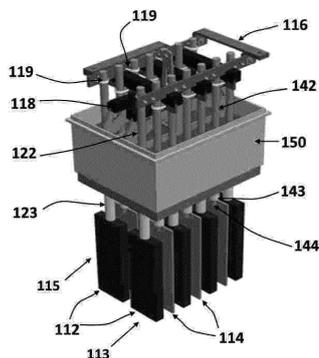
(87) WO 2022/109725 2022.06.02

(71) Заявитель:  
ЭЛИСИС ЛИМИТЕД  
ПАРТНЕРШИП (СА)

(72) Изобретатель:  
Д'Астольфо Лерой, Лю Синхуа,  
Микельсон Ларри, Маки Аллен  
Джордж (US), Форс Джон (NO)

(74) Представитель:  
Тагбергенова М.М., Тагбергенова А.Т.  
(KZ)

(57) Раскрыты очистительная установка и способ удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны перед ее использованием в электролитической ячейке для получения металла, такого как алюминий. Установка содержит бак очистки, расположенный перед ячейкой, для помещения ванны; и по меньшей мере один ряд, предпочтительно по меньшей мере два ряда чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов, выполненных с возможностью функционального подключения к источнику питания для подачи электрического тока на аноды и катоды. Размер рядов вертикальных катодов и анодов подобран для установки в бак. Очистительная установка выполнена с возможностью сохранения расстояния анод-катод (РАК) между катодами и анодами. Очистительная установка предназначена, в частности, для удаления серы, фосфора, железа и/или галлия из криолита для экологически чистого получения алюминия в ячейке с использованием выделяющих кислород или инертных анодов, для чего предпочтительна ванна большей чистоты.



A1

202391427

202391427

A1

## УДАЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ЭЛЕКТРОЛИТА

### Перекрестные ссылки на родственные заявки

5 [0001] Настоящая патентная заявка испрашивает приоритет предварительной патентной заявки США № 63/117,483 под названием “УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ОЧИСТКИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ВАННЫ”, поданной в Ведомство по патентам и товарным знакам США 24 ноября 2020 г., содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

### Область техники, к которой относится изобретение

10 [0002] Настоящая заявка на патент в целом относится к очистке расплавленной электролитической ванны электролитической ячейки, причем электролитическая ячейка используется, например, для получения металла, такого как алюминий.

### Предшествующий уровень техники

15 [0003] Металлический алюминий, также называемый алюминием, получают электролизом глинозема, также известного как оксид алюминия (ИЮПАК), в электролитической ванне расплавленного электролита при температуре около 750-1000°C, помещенным в несколько электролитических ячеек. Ячейки снабжены тиглем со стальным кожухом, содержащим углеродистый катодный материал, стальные токопроводящие стержни и огнеупорные изоляционные материалы, выполненным с  
20 возможностью помещения электролита, по меньшей мере, одного катода и, по меньшей мере, одного анода.

[0004] Постоянный ток, проходящий через аноды, электролит и катоды, вызывает реакции восстановления глинозема, а также способен поддерживать электролитическую ванну при заданной рабочей температуре за счет эффекта Джоуля.  
25 В электролизер регулярно подается глинозем, чтобы компенсировать расход глинозема, обусловленный реакциями электролиза.

[0005] В традиционном процессе Холла-Эру аноды, изготовленные из углерода, расходуются в ходе электролитической реакции. Аноды необходимо заменять через 3-4 недели. Потребление углеродистого материала приводит к выбросу большого  
30 количества углекислого газа в атмосферу.

[0006] Производители алюминия искали аноды, изготовленные из нерасходуемых материалов, называемых "инертными анодами" или "анодом, выделяющим кислород", чтобы избежать экологических проблем и затрат, связанных с изготовлением и использованием анодов из углеродистого материала. Было предложено несколько  
35 материалов, в частности керамические материалы (такие как SnO<sub>2</sub> и ферриты), металлические материалы и композиционные материалы, например материалы, известные как "металлокерамика", содержащие керамическую фазу и металлическую фазу, в частности никелевые ферриты, включающие металлическую фазу на основе меди.

40 [0007] Проблемы, возникающие при разработке инертных анодов, необходимых для

производства алюминия электролизом, заключаются не только в выборе и производстве материала, из которого изготовлен анод, но и в использовании электролитической ванны, содержащей электролит высокой чистоты, который был очищен для удаления нежелательных электрохимически активных примесей, таких как сера, фосфор, железо, никель, хром, медь и галлий.

5 [0008] Существующие решения потребовали бы слишком много места для установки в промышленном плавильной установке для ванны.

[0009] Таким образом, возникла потребность в новой системе очистки, в частности, адаптированной для удаления загрязняющих примесей из электролитических ванн или электролитов электролитических ячеек при вертикальном расположении анода и катода, в частности, с инертными анодами или анодами, выделяющими кислород.

#### Краткое изложение сущности изобретения

10 [0010] Недостатки предшествующего уровня техники, как правило, устраняются за счет новой очистительной установки и способа очистки электролитической ванны электролитической ячейки, обычно используемого для электролитического получения металла, такого как алюминий.

[0011] Впервые представлена очистительная установка для удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны перед ее использованием в электролитической ячейке для получения металла, причем очистительная установка содержит: бак очистки, расположенный перед электролитической ячейкой и выполненный с возможностью помещения, по меньшей мере, части электролитической ванны; и, по меньшей мере, один ряд чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов, выполненных с возможностью функционального подключения к источнику питания для подачи электрического тока на аноды и катоды, причем, по меньшей мере, размер одного ряда вертикально расположенных катодов и анодов подобран для установки в бак очистки; и причем очистительная установка выполнена с возможностью обеспечения и сохранения расстояния анод-катод (РАК) между каждыми из указанных вертикально расположенных катодов или анодов.

20 [0012] Согласно предпочтительному варианту осуществления, очистительная установка дополнительно содержит, по меньшей мере, два параллельных ряда чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов, причем каждый анод или катод одного ряда примыкает соответственно к другому аноду или катоду соседних параллельных рядов, образуя, таким образом, решетку чередующихся столбцов вертикально расположенных катодов и анодов.

25 [0013] Согласно предпочтительному варианту осуществления очистительная установка дополнительно содержит: по меньшей мере, одну анодную соединительную рейку, выполненную с возможностью функционального подключения к источнику питания, причем каждая анодная соединительная рейка выполнена с возможностью поддержки одного ряда вертикально расположенных анодов и электрического соединения анодов друг с другом параллельным соединением; и, по меньшей мере, одну катодную

соединительную рейку, выполненную с возможностью функционального подключения к источнику питания, причем каждая катодная соединительная рейка выполнена с возможностью поддержки одного ряда вертикально расположенных катодов и электрического соединения катодов один с другим параллельным соединением.

5 Предпочтительно, по меньшей мере, одна анодная и катодная соединительные рейки выполнены с возможностью независимого перемещения в желаемое положение относительно электролитической ванны в баке очистки. Еще более предпочтительно чтобы, по меньшей мере, одна катодная соединительная рейка была выполнена с  
10 возможностью полного погружения катодов ниже границы раздела ванна-пар электролитической ванны.

**[0014]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, каждый из анодов или катодов содержит продольный стержень, один конец которого соединен с телом анода или катодной пластиной, а противоположный конец выполнен с возможностью функционального соединения с анодными или катодными соединительными рейками  
15 соответственно. Предпочтительно, чтобы верхний конец каждого из анодных тел и катодных пластин соединялся с их соответствующими стержнями, при этом верхние концы катодов расположены ниже верхних концов анодов, когда ряд электродов погружен в электролитическую ванну, чтобы полностью погрузить катодные пластины в ванну.

20 **[0015]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, тело анода содержит углерод или графит, катодные пластины выполнены из стали или нержавеющей стали, а продольный стержень выполнен из стали или нержавеющей стали.

**[0016]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, каждый из анодов и катодов дополнительно содержит защитную оболочку вокруг продольного стержня для  
25 защиты продольного стержня от коррозии. Предпочтительно, продольная оболочка содержит: оксид металла получаемого металла, оксид металла представляет собой оксид алюминия, когда получаемым металлом является алюминий; полублагородный металл, такой как медь; или карбид кремния (SiC).

**[0017]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, очистительная  
30 установка дополнительно содержит опорную конструкцию для закрепления, по меньшей мере, одного ряда чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов в определенном положении относительно бака очистки. Предпочтительно соединительные рейки прикреплены к опорной конструкции для укрепления и стабилизации положения анодов и катодов.

35 **[0018]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, опорная конструкция имеет размер, позволяющий закрыть верхнее отверстие бака очистки и герметизировать бак. Предпочтительно, опорная конструкция выполнена с возможностью обеспечения изоляции, должна быть устойчивой к коррозии и предотвращать выход газа из бака очистки при закрытом верхнем отверстии, бак очистки при этом оборудован  
40 газоотводом для безопасного сбора анодного газа.

**[0019]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, бак очистки может быть частью плавильной установки, которая используется для плавления сухой (твердой) электролитической ванны.

5 **[0020]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, по меньшей мере, один ряд чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов образует компактную решетку с РАК в диапазоне от приблизительно 1 см до приблизительно 5 см, предпочтительно около 2,5 см.

**[0021]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, источник питания содержит преобразователь постоянного тока.

10 **[0022]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, металлом, получаемым электролитической ячейкой, является алюминий, электролитическая ванна поэтому содержит криолит и добавки, и подлежащие удалению примеси, включающие серу, фосфор, железо, никель, хром, медь, галлий или их смесь.

15 **[0023]** Также раскрыт способ удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны перед использованием ее в электролитической ячейке для получения металла, способ, включающий следующие этапы:

введение, по меньшей мере, части электролитической ванны для очистки в бак очистки, расположенный перед электролитической ячейкой;

20 помещение в бак очистки, по меньшей мере, одного ряда чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов, выполненных с возможностью функционального подключения к источнику питания для подачи электрического тока на аноды и катоды; по меньшей мере, один ряд чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов имеет размер, позволяющий вставлять его в бак очистки и обеспечивать и сохранять расстояние анод-катод (РАК) между каждым из

25 вертикально расположенных катодов или анодов; и

подачу электрического тока между анодами и катодами в течение периода времени для удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны.

30 **[0024]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, каждый из катодов содержит катодную пластину, катоды расположены в электролитической ванне таким образом, чтобы быть полностью погруженными в электролитическую ванну.

**[0025]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, если подлежащая очистке электролитическая ванна представляет собой сухую электролитическую ванну, способ дополнительно включает этап:

35 плавление сухой ванны перед вводом, по меньшей мере, части электролитической ванны в бак очистки; или

плавление сухой ванны непосредственно в баке очистки.

**[0026]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, электрический ток является постоянным током, подаваемым с использованием преобразователя постоянного тока.

40 **[0027]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, подача электрического

тока включает измерение количества загрязняющих примесей, присутствующих в ванне перед регулировкой общего электрического заряда, проходящего через очистительную установку, содержащую указанный бак очистки и указанный, по меньшей мере, один ряд чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов.

5 Предпочтительно, общий заряд составляет приблизительно от 0,1 до приблизительно 10 ампер-часов (Ач) на килограмм электролитической ванны, подлежащей очистке, более предпочтительно приблизительно от 0,3 до приблизительно 4,0 ампер-часов (Ач) на килограмм электролитической ванны, подлежащей очистке.

10 **[0028]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, плотность тока на катодах составляет приблизительно от 0,004 до приблизительно 0,4 А/см<sup>2</sup>, предпочтительно приблизительно от 0,1 до приблизительно 0,3 А/см<sup>2</sup>.

15 **[0029]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, напряжение на очистительной установке, содержащей ряд чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов и бак очистки, составляет от приблизительно 0,5 В до приблизительно 2,5 В.

**[0030]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, продолжительность составляет приблизительно от 1 до приблизительно 150 часов, предпочтительно приблизительно от 24 до приблизительно 96 часов.

20 **[0031]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ дополнительно включает увеличение плотности тока либо для увеличения удельного электрического заряда (Ач/кг ванны), сокращения продолжительности очистки, либо для их комбинации.

25 **[0032]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ дополнительно включает извлечение катодов из бака очистки и удаление твердых загрязняющих примесей, скопившихся на катодах.

30 **[0033]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, металлом, получаемым электролитической ячейкой, является алюминий, поэтому ванна содержит криолит и добавки, а к примесям, подлежащим удалению, относятся сера, фосфор, железо, никель, хром, медь, галлий или их смесь. Предпочтительно добавки содержат фторид натрия, фторид алюминия, фторид кальция и/или оксид алюминия.

35 **[0034]** Также представлена очистительная установка для очистки электролитической ванны, помещенная в бак очистки, расположенный перед электролитической ячейкой, ванну после очистки используют в упомянутой электролитической ячейке для получения металла. Очистительная установка содержит чередующиеся аноды и катоды в компактной решетке; размеры компактной решетки выполнены с возможностью установки в бак очистки; и очистительная установка выполнена с возможностью функционального подключения к источнику питания, расположенному снаружи бака очистки для подачи электрического тока на аноды и катоды.

40 **[0035]** Также представлен способ очистки электролитической ванны электролитической ячейки, способ, включающий следующие этапы:

- a) загрузка электролитической ванны в бак очистки;
- b) опускание анодов и катодов очистительной установки, как описано в настоящем документе, в бак до тех пор, пока аноды и катоды не погрузятся, по меньшей мере, частично, в электролитическую ванну; и
- 5 c) подача тока между анодами и катодами в течение заданного промежутка времени для удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны.

**[0036]** Изобретение особенно подходит для очистки электролитической ванны электролитической ячейки, использующей инертные или выделяющие кислород аноды, для которых требуется ванна большей чистоты. Очистка электролитической ванны

10 путем погружения и пропускания постоянного тока через графитовый или угольный анод к стальному или металлическому катоду в течение промежутка времени подходит для осаждения различных примесей, таких как Fe, Ni, Cr, Cu, S и P, на катодах в виде твердых металлов и соединений, а также выделения из анода дополнительных примесей, таких как сернистый газ.

15 **[0037]** Другие и дополнительные аспекты, а также преимущества настоящего изобретения будут лучше поняты при ознакомлении с иллюстративными вариантами осуществления, которые представлены ниже, или указаны в прилагаемой формуле изобретения, а специалистам в данной области техники станут понятны различные преимущества, не упомянутые в настоящем изобретении, при применении изобретения

20 на практике.

#### **Краткое описание чертежей**

**[0038]** Вышеуказанные и другие аспекты, признаки и преимущества изобретения станут более очевидными из следующего описания, при этом делается ссылка на прилагаемые чертежи, на которых:

25 **[0039]** На Фиг. 1 представлено схематическое изображение очистительной установки в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

**[0040]** На Фиг. 2 представлено схематическое изображение очистительной установки, расположенной перед электролитической ячейкой, в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

30 **[0041]** На Фиг. 3 представлено трехмерное изображение анода в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

**[0042]** На Фиг. 4 представлено трехмерное изображение катода в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

**[0043]** На Фиг. 5 представлено трехмерное изображение электродов очистительной

35 установки в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

**[0044]** На Фиг. 6А представлен вид сверху в изометрической проекции очистительной установки в соответствии с другим предпочтительным вариантом осуществления;

**[0045]** На Фиг. 6В представлен вид снизу в изометрической проекции электродов очистительной установки, представленной на Фиг. 6А;

40 **[0046]** На Фиг. 6С представлен вид сверху в изометрической проекции электродов и

направляющих реек, представленных на Фиг. 6А и 6В;

[0047] На Фиг. 6D представлен вид снизу в изометрической проекции электродов и направляющих реек, представленных на Фиг. 6С;

5 [0048] На Фиг. 7А представлена изометрическая проекция электродов и направляющих реек очистительной установки в соответствии с другим предпочтительным вариантом осуществления;

[0049] На Фиг. 7В представлен вид спереди электродов и направляющих реек очистительной установки, представленных на Фиг. 7А;

10 [0050] На Фиг. 7С представлен в увеличенном масштабе вид направляющих реек, показанных на Фиг. 7А и 7В;

[0051] На Фиг. 7D представлен в увеличенном масштабе вид электродов, показанных на Фиг. 7А и 7В;

15 [0052] На Фиг. 8 представлена блок-схема способа удаления загрязняющих примесей из электролитического узла в соответствии с другим предпочтительным вариантом осуществления;

[0053] На Фиг. 9 представлен вид сверху в изометрической проекции двух рядов электродов в соответствии с другим предпочтительным вариантом осуществления; и

20 [0054] На Фиг. 10 представлен поперечный разрез очистительной установки с двумя рядами электродов, показанных на Фиг. 9, введенные в бак очистки в соответствии с другим предпочтительным вариантом осуществления.

#### **Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения**

25 [0055] Далее в настоящем документе описаны новые очистительная установка и способ. Хотя изобретение описано в рамках конкретных иллюстративных вариантов осуществления, следует понимать, что описанные варианты осуществления приведены только в качестве примера и что объем изобретения этим не ограничивается.

[0056] Используемая здесь терминология соответствует определениям, изложенным ниже.

30 [0057] В контексте настоящего документа % или вес.% означает весовой процент, если не указано иное. При использовании в настоящем документе % относится к весовому проценту по сравнению с общим весовым процентом рассматриваемой фазы или композиции.

35 [0058] Выражение "приблизительно" означает, что значение расстояния (см), весового процента (вес.%), силы тока (А), напряжения (В), времени (секунда, час или день), сопротивления, объема или температуры (°С) может изменяться в пределах определенного диапазона в зависимости от допустимого предела погрешности способа или устройства, используемого для оценки такого расстояния, весового процента, времени, сопротивления, объема или температуры. Обычно допустимый предел погрешности составляет 10%.

40 [0059] Описание, которое следует далее, и изложенные в нем варианты осуществления представлены в качестве разъяснения 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.

5 **[0060]** Как указано выше, описанное в настоящем документе изобретение относится к устройству, также называемому очистительной установкой, для удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны или электролита в электролитической ячейке. Электролитическую ячейку предпочтительно используют для получения металлов, такого как алюминий. Если получаемым металлом является алюминий, то электролит содержит криолит, а подлежащие удалению примеси включают серу, фосфор, железо, галлий или их смесь.

10 **[0061]** На Фиг. 1 и 2 представлены схематические изображения системы очистки в соответствии с принципом изобретения.

15 **[0062]** Очистительная установка **100** обеспечивает очистку или удаление загрязняющих примесей из электролитической ванны **102**, помещенной в бак очистки **104**, который расположен перед электролизером **200** (Фиг. 2). Для ввода электролита в бак **104** может быть предусмотрено входное отверстие **101**. После очистки ванну **102** переносят в электролитическую ячейку **200** для производства металла. Электролитическая ванна **102** после очистки может быть перенесена в ячейку **200** путем перекачивания ее в тигель перед заливкой в ячейку. Можно рассмотреть другой способ переноса очищенного электролита из очистительной установки в электролитическую ячейку.

20 **[0063]** Как показано на Фиг. 1 и 2, в ванне образуется граница раздела ванна-пар **103**. Как указано выше, если получаемым металлом является алюминий, электролитическая ванна обычно содержит криолит и добавки. Предпочтительно добавки содержат фторид натрия, фторид алюминия, фторид кальция и/или оксид алюминия.

25 **[0064]** Очистительная установка **100** может содержать один или несколько рядов чередующихся вертикально расположенных анодов **112** и катодов **114**, предпочтительно образующих компактную решетку из одного ряда (см., например, Фиг. 6 и 7), двух рядов (см., например, Фиг. 5) или большее количество рядов чередующихся анодов и катодов. Размер электродов подобран таким образом, чтобы их можно было вводить или погружать в бак очистки **104**. Очистительная установка **100** может также функционально подключаться к источнику питания **120**, предпочтительно расположенному снаружи бака очистки **104** и функционально подключенному к анодам и катодам для подачи электрического тока на аноды и катоды.

35 **[0065]** Описанная в настоящем изобретении очистительная установка содержит аноды и катоды, предпочтительно в виде компактной решетки. Тело анодов может содержать углерод, предпочтительно графит. Катоды обычно представляют собой катодные пластины из стали или нержавеющей стали. Все аноды электрически соединены друг с другом параллельным соединением. Аналогичным образом, катоды предпочтительно

соединены друг с другом параллельным соединением. Очистительная установка, как описано в настоящем документе, выполнена с возможностью функционального подключения к источнику питания, предпочтительно содержащему преобразователь постоянного тока, подающему постоянный ток.

5 [0066] Как показано на Фиг. 1, 5-7, каждый анод 112 одного ряда 113 может соединяться с анодной соединительной или направляющей рейкой 116, тогда как каждый катод 114 того же ряда соединяется с катодной соединительной или направляющей рейкой 118. Анодная и катодная соединительные рейки 116, 118 функционально подключены к источнику питания 120, предпочтительно преобразователю постоянного тока, для генерирования постоянного тока, который  
10 будет проходить через аноды 112 и катоды 114, погруженные в бак очистки 110. Предпочтительно, чтобы катоды были полностью погружены в ванну, чтобы избежать или уменьшить их коррозию.

[0067] Согласно предпочтительному варианту осуществления, представленному на  
15 Фиг. 5 и 9, очистительная установка 100 содержит два ряда 113, 115 множества параллельных чередующихся анодов 112 и катодов 114 в форме компактной решетки.

[0068] В контексте настоящего изобретения, понятие “компактная решетка” означает, что расстояние анод-катод (РАК) составляет приблизительно до 5 см, предпочтительно от 1 см до 3 см, и еще более предпочтительно около 2,5 см. Расстояние анод-катод  
20 номинально составляет приблизительно 2,5 см, но может изменяться.

[0069] Согласно предпочтительному варианту осуществления, анодная соединительная рейка 116 выполнена с возможностью поддержки и электрического соединения анодов 112 друг с другом параллельным соединением. Анодная и катодная соединительные рейки предпочтительно выполнены с возможностью независимого перемещения в  
25 желаемое положение относительно электролитической ванны в баке очистки. Как представлено на Фиг. 9, каждое из анодных тел 121 и катодных пластин 141 имеет верхний конец 121a, 141a, соединенный с их соответствующими стержнями 122, 142. Верхние концы катодов 121a расположены ниже верхних концов анодов 141a, когда ряд электродов погружен в электролитическую ванну, чтобы катодные пластины были  
30 полностью погружены в ванну или ниже границы раздела ванна-пар. Это обеспечивает преимущество, заключающееся в защите катодных пластин, предпочтительно изготовленных из стали, как описано ниже, от коррозии под действием паров над поверхностью раздела.

[0070] Согласно предпочтительному варианту осуществления, представленному на  
35 Фиг. 3, каждый анод 112 содержит тело анода 121 и продольный стержень 122 для электрического соединения каждого анодного тела с анодной соединительной рейкой 116. Продольный стержень 122 может быть изготовлен из любого подходящего токопроводящего материала и иметь резьбу для надежного и электрического соединения продольного стержня 122 с соединительной рейкой 116 с использованием,  
40 например, крепежных элементов из нержавеющей стали. Анодный корпус 121 может

содержать углерод или графит.

5 [0071] Как показано, например, на Фиг. 6C и 7C, анодная соединительная рейка **116** может содержать множество отверстий **117**, выполненных с возможностью приема и удержания стержня анодов. Предпочтительно, отверстия **117** расположены вдоль рейки **116** приблизительно на расстоянии от 2 см до 10 см от другого отверстия для сохранения расстояния анод-катод (РАК), например, приблизительно от 1 см до 5 см, причем анодная соединительная рейка **116** и катодная соединительная рейка **118** уложены вместе слоями в очистительной установке. Как показано на Фиг. 7C, каждая из реек может представлять собой единый элемент с боковыми выступами **116b**, **118b**,  
10 позволяющими отверстиям **117**, **119** реек **116**, **118** совмещаться таким образом, чтобы все отверстия обоих рельсов были выровнены для формирования ряда электродов **113**. Другой вариант осуществления реек представлен, например, на Фиг. 6C, где каждая рейка содержит основной продольный элемент **116a** с шарнирно прикрепленным к нему удлинением **116b**, причем отверстие **117** расположено на конце удлинения **116b**.

15 [0072] Расстояние от центра до центра между двумя анодными отверстиями может быть в два раза больше РАК плюс толщина одного анодного тела **121** и одной катодной пластины **141**. То же самое может быть и для катодных реек, как описано далее. Расстояние между поверхностями или гранями двух анодов обычно в два раза превышает РАК плюс толщина катодной пластины **141**, расположенной между двумя  
20 анодными телами **121**.

[0073] Анод **112** может дополнительно содержать оболочку **123** для герметизации и защиты продольного стержня **122** от электролитической ванны и паров, предпочтительно прилегающую к анодной пластине. Оболочка предпочтительно цилиндрическая и крепится с возможностью съема к опорной конструкции или  
25 разделительной плите с помощью крепежных элементов или тому подобного. Оболочка предпочтительно изготовлена из оксида получаемого металла. Например, анод для производства алюминия будет содержать оболочку, изготовленную из оксида металла, который содержит оксид алюминия, или глинозем, или также кремнийсодержащий материал, такой как карбид кремния. Другим вариантом может быть использование для  
30 оболочки меди.

[0074] Согласно предпочтительному варианту осуществления, аноды представляют собой расходные аноды, предпочтительно содержащие углерод или графит. Анод может соединяться со стержнем **122** с помощью, например, резьбового соединения **124**, как видно, например, на Фиг. 6D, где один анод изображен прозрачно, чтобы  
35 показать соединение в теле анода.

[0075] Согласно предпочтительному варианту осуществления, очистительная установка также содержит катодную соединительную рейку **118**, выполненную аналогично анодной соединительной рейке **116**, для опоры и электрического соединения катодов друг с другом параллельным соединением вдоль ряда **113**.

40 [0076] Согласно предпочтительному варианту осуществления, представленному на

Фиг. 4, каждый катод **114** предпочтительно содержит катодную пластину **141** и продольный стержень **142** для электрического соединения каждой катодной пластины с катодной соединительной рейкой **118**. Продольный стержень **142** может быть изготовлен из любого подходящего токопроводящего материала, предпочтительно из стали, и может иметь резьбу для надежного и электрического соединения продольного стержня с соединительной рейкой с помощью, например, крепежных элементов из нержавеющей стали. Катодная соединительная рейка **118** содержит множество отверстий **119**, каждое на расстоянии приблизительно от 2 см до 10 см от другого отверстия, чтобы сохранять расстояние анод-катод (РАК) приблизительно от 1 см до 5 см, при этом анодная соединительная рейка **116** и катодная соединительная рейка **118** уложены вместе слоями в очистительной установке. Что касается анодных реек, расстояние от центра до центра между двумя катодными отверстиями катодной рейки может быть в два раза больше РАК плюс толщина одного анодного тела **121** и одной катодной пластины **141**. Расстояние между двумя поверхностями катодных пластин может быть в два раза больше РАК плюс толщина одного анода.

[0077] Катод **114** может дополнительно содержать оболочку **143** для герметизации и защиты продольного стержня **142** от электролитической ванны в части продольного стержня, прилегающей к катодной пластине. Оболочка **143** предпочтительно цилиндрическая и крепится с возможностью съема к опорной конструкции или разделительной плите с помощью крепежных элементов или тому подобного. Оболочка предпочтительно изготовлена из оксида металла, получаемого в последующем процессе. Например, катод для производства алюминия будет содержать оболочку, изготовленную из оксида металла, который содержит оксид алюминия или глинозем. Также было установлено, что полублагородный металл, такой как медь, а также кремнийсодержащий материал, такой как карбид кремния, хорошо подходят в качестве материала оболочки.

[0078] Согласно предпочтительному варианту осуществления, катодная пластина **141** выполнена из стали, предпочтительно из нержавеющей стали. Когда пластина **141** и стержень **142** изготовлены из одного и того же металла или сплава, такого как сталь, они могут быть соединены непрерывным сварным швом **144**, как показано на Фиг. 4. Можно использовать другой материал для катода, если это электропроводящий материал, устойчивый к коррозии при контакте с электролитической ванной и газом. К неограничивающим примерам относятся сталь, никель, медь или углерод.

[0079] Согласно другому варианту осуществления, показанному на Фиг. 5, электроды очистительной установки **100** могут быть прикреплены к опорной конструкции **150** для закрепления электродов **112**, **114** в желаемом положении относительно бака очистки **104**. Опорная конструкция может содержать поперечину **152**, такую, как показано на Фиг. 6А, 6В или 7А, 7В, для перемещения и поддержки электродов над баком **104**. Решетка электродов **112**, **114** может крепиться к опорной конструкции с помощью крепежных элементов и продольного стержня с резьбой. Таким образом, аноды и

катоды закреплены как на направляющих рейках **116, 118**, так и на опорной конструкции **150**. Направляющие рейки **116, 118** также могут крепиться к опорной конструкции **150** для усиления и стабилизации положения электродов **112, 114**.

5 **[0080]** Согласно другому варианту осуществления, очистительная установка выполнена с возможностью изменения расстояния анод-катод (РАК). Как показано на Фиг. 6D, опорная конструкция **150** может содержать удлиненные прорези **154**, обеспечивающие перемещение стержней в боковом направлении. Центральный электрод **114с**, предпочтительно катод, может быть закреплен в качестве исходной точки, тогда как другие катоды и аноды могут перемещаться в боковом направлении для регулировки  
10 РАК.

**[0081]** Как показано на Фиг. 2 и 10, размер опорной конструкции **150** очистительной установки **100** также может быть подобран таким образом, чтобы закрывать верхнее отверстие **105** бака **104** очистительной установки **100**. Опорная конструкция **150** также может обеспечивать изоляцию, быть устойчивой к коррозии и предотвращать утечку  
15 газа из бака. Как показано на Фиг. 2, бак **104** может быть оснащен газоотводом **107** для безопасного сбора анодного газа.

**[0082]** Как показано на Фиг. 9, опорная конструкция **150** очистительной установки может также содержать несколько крепежных элементов **156** для крепления опорной конструкции и электродов, и помещения их в резервуар **104** и извлечения из него.

20 **[0083]** Также описан способ удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны или электролита электролитической ячейки.

**[0084]** Как показано сначала на Фиг. 2, необработанная неочищенная электролитическая ванна **102** поступает в бак очистки **104**, например, через впускное отверстие **101**. Электроды **112, 114** погружают в необработанную ванну **102**.  
25 Предпочтительно, чтобы катодные пластины катодов **114** очистительной установки **100** были полностью погружены в ванну **102**, что предотвращает коррозию верхнего конца катодных пластин, который находился бы над поверхностью раздела ванна-пар **103** при очистке. Затем включают источник питания **120**, такой как преобразователь постоянного тока, для подачи постоянного тока на аноды и катоды, погруженные в  
30 необработанную ванну. Затем электрический ток подают в течение времени до тех пор, пока загрязняющие примеси не осядут на поверхности катода или не выделятся вместе с анодным газом (например, диоксид серы, сероводород, карбонилсульфид и т.д.). Очищенную ванну **102** затем можно перенести **109** в электролитическую ячейку **200** для последующего применения, например, для получения алюминия.

35 **[0085]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, как показано на Фиг. 8, способ **1000** удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны перед ее использованием в электролитической ячейке для получения металла включает следующие этапы:

40 введение **1010**, по меньшей мере, части электролитической ванны для очистки в бак очистки, помещенный перед электролитической ячейкой;

помещение **1020** в бак очистки, по меньшей мере, одного ряда чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов, выполненных с возможностью функционального подключения к источнику питания для подачи электрического тока на аноды и катоды, причем, по меньшей мере, один ряд чередующихся вертикально ориентированных катодов и анодов сконфигурирован по размеру для установки в бак очистки, а также обеспечения и сохранения расстояния анод-катод (РАК) между

5

каждыми из вертикально расположенных катодов или анодов; и подача электрического тока **1030** между анодами и катодами в течение промежутка времени для удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны.

10

**[0086]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, если подлежащая очистке электролитическая ванна является сухой электролитической ванной (например, твердый криолит), способ **1000** может дополнительно включать этап:

15

плавления сухой ванны **1040** перед вводом, по меньшей мере, части электролитической ванны в бак очистки; или

плавления сухой ванны **1050** непосредственно в баке очистки.

**[0087]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ включает, перед этапом загрузки сухой ванны, этап монтажа очистительной установки на первую опорную конструкцию, чтобы закрепить установку в нужном положении.

20

**[0088]** Подлежащие удалению примеси могут включать, но не только, серу, фосфор, железо, никель, хром, медь и/или галлий. Загрязняющие примеси, скапливающиеся на поверхностях катодов, периодически удаляются с них, например, путем соскабливания. Газовые примеси безопасно удаляются из бака через газоотводящий клапан **107**.

25

**[0089]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, величина подаваемого тока будет зависеть от нескольких параметров, таких как количество электродов в очистительной установке, обычно выбираемое в зависимости от размера бака очистки и количества электролита, подлежащего очистке. Например, подают постоянный ток с общим зарядом предпочтительно приблизительно от 0,1 до 10, предпочтительно приблизительно от 0,3 до 4,0 ампер-часов на килограмм ванны, подлежащей очистке.

30

Предпочтительно, плотность тока составляет от приблизительно 0,004 до приблизительно 0,3 А/см<sup>2</sup>, предпочтительно от 0,1 до приблизительно 0,3 А/см<sup>2</sup>, а напряжение на очистительной установке может составлять от приблизительно 0,5 В до приблизительно 2,5 В.

35

**[0090]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, продолжительность времени для удаления загрязняющих примесей может составлять от 1 часа до приблизительно 150 часов, более предпочтительно от приблизительно 24 до приблизительно 96 часов.

40

**[0091]** Согласно предпочтительному варианту осуществления, подача электрического тока может включать измерение количества загрязняющих примесей, присутствующих в ванне, перед регулировкой общего электрического заряда, проходящего через катоды

и аноды.

[0092] Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ 1000 включает извлечение катодов после очистки 1060 для чистки и удаления с них твердых загрязняющих примесей.

5 [0093] Согласно предпочтительному варианту осуществления, способ дополнительно включает подачу очищенной ванны в электролитическую ячейку до запуска процесса электролиза.

10 [0094] Настоящее изобретение предлагает способ достижения необходимой силы тока и площади поверхности электрода при гораздо меньшем поперечном сечении за счет использования множества электродов в одном или нескольких рядах. Это позволяет устанавливать электроды очистительной установки через изолированную крышку промышленной плавильной установки для ванн с рабочим отверстием приемлемого размера.

15 [0095] Компактность очистительной установки позволяет выйти данному изобретению на промышленные масштабы, а также упрощает электрическое подключение электродов и возможность установки через рабочее отверстие в изолированной крышке.

## **ПРИМЕРЫ**

### **Пример 1**

20 [0096] Экспериментальная очистительная установка, описанная ниже, позволила получить основы расчета для проектирования опытной установки. Используемый ориентировочный показатель - Ампер-часы / килограмм ванны. Экспериментальная установка состояла из одной плоской стальной пластины-катода и одного цилиндрического графитового анода. Поскольку имелись только один анод и один катод, плотности тока катода и анода рассчитывались только на основе площади стороны, обращенной к противоположному электроду (т.е. 50% от общей площади погруженной поверхности).

**Таблица 1: Параметры экспериментальной очистительной установки**

|                                    |                                |  |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|
| Общий вес ванны                    | 658 кг                         | Погруженная площадь катода                                 | 365 см <sup>2</sup>            |
| Напряжение                         | 1.6 В                          | Активная площадь составляет прибл. 50% погруженной площади | 182см <sup>2</sup>             |
|                                    | <b>Минимальное</b>             | <b>Среднее</b>   | <b>Максимальное</b>            |
| Сила тока                          | 5 А                            | 7 А  | 10 А                           |
| Количество эксплуатационных суток  | 2                              | 3  | 4                              |
| Общий заряд (Ампер-часы/кг. ванны) | <b>0,36 Ач.кг<sup>-1</sup></b> | <b>0,77 Ач.кг<sup>-1</sup></b>                             | <b>1,46 Ач.кг<sup>-1</sup></b> |
| Плотность тока на катодах          | 0,027 А.см <sup>-2</sup>       | 0,038 А.см <sup>-2</sup>                                   | 0,055 А.см <sup>-2</sup>       |

30 **Пример 2**

[0097] Преобразование физической конструкции экспериментальной установки в промышленный образец потребовало компактную конструкцию с меньшими габаритными размерами. Новая конструкция включает компактную пластинчатую (в отличие от круглой) решетку электродов для достижения требуемой площади поверхности.

5

**Таблица 2: Расчетные параметры промышленной установки**

|   |                                |                                |                                |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Общий вес ванны                                       | 16 400 кг                      |                                |                                |
| Общая величина Ач (Ампер-часов)                       | 12 567 Ач                      |                                |                                |
|   | <b>Минимальное</b>             | <b>Среднее</b>                 | <b>Максимальное</b>            |
| Необходимая сила тока [Относительно дней и силы тока] | 131 А                          | 174 А                          | 262 А                          |
| Количество эксплуатационных суток                     | 2                              | 3                              | 4                              |
| Общая заряд (Ампер-часы/кг. ванны)                    | <b>0.38 Ач.кг<sup>-1</sup></b> | <b>0.77 Ач.кг<sup>-1</sup></b> | <b>1.53 Ач.кг<sup>-1</sup></b> |
| Плотность тока  | 0,0046 А.см <sup>-2</sup>      | 0,0062 А.см <sup>-2</sup>      | 0,0092 А.см <sup>-2</sup>      |

[0098] Для испытания промышленного образца был сконструирован прототип очистительной установки для ванны, содержащий решетку из 4 анодов и 3 катодов, каждый электрод прямоугольной формы высотой 19 см и шириной 6,35 см, с РАК 2,54 см. Аноды толщиной 40 мм состояли из мелкозернистого графита, а катоды толщиной 10 мм - из углеродистой стали. Очистительную установку погружали в расплавленную ванну, содержащую загрязняющие примеси, до уровня примерно на 2,5 см ниже места соединения электрода со стержнем. Расплавленная ванна предпочтительно представляет собой расплавленную соль, состоящую из фторида натрия, фторида алюминия и фторида кальция, и обычно является такой же, которая используется в электролитической ячейке. Преобразователь постоянного тока, используемый для подачи электроэнергии на очистительную установку, был настроен на постоянный ток 7 А и работал в течение 72 часов. Напряжение преобразователя первоначально составляло 1,15 В и снизилось приблизительно до 0,7 В через 12 часов. Пробы ванны отбирали с интервалом в 12 часов и анализировали на наличие примесей. Результаты приведены ниже в таблице 3 в частях на миллион (ч/млн).

10

15

20

**Таблица 3: Концентрация примесей в ванне в течение 72 часов очистки с интервалом в 12 часов**

25

| Время (часы) | Примеси (ч/млн) |      |     |     |     |      |    |
|--------------|-----------------|------|-----|-----|-----|------|----|
|              | P               | S    | Ca  | Mn  | Fe  | Cu   | Ga |
| 0            | 35.0            | 3.44 | 282 | 2.9 | 99  | 6.2  | 24 |
| 12           | 38.7            | 2.54 | 233 | 3.4 | 154 | 7.8  | 16 |
| 24           | 28.2            | 5.07 | 274 | 4.0 | 89  | 13.9 | 16 |

|           |      |      |     |     |    |      |    |
|-----------|------|------|-----|-----|----|------|----|
| <b>36</b> | 18.4 | 3.86 | 240 | 4.5 | 94 | 4.9  | 18 |
| <b>48</b> | 24.3 | 1.58 | 222 | 4.6 | 75 | 10.7 | 12 |
| <b>60</b> | 11.5 | <1   | 265 | 5.6 | 62 | 6.1  | 15 |
| <b>72</b> | 6.4  | <9   | 220 | 5.5 | 39 | 7.0  | 14 |

**[0099]** Содержание железа, серы, фосфора и галлия в очищенной ванне было значительно снижено. Большая часть фосфора, удаленного из неочищенной ванны, накапливалась на катодном наросте. Катодный нарост означает накопление отложений на поверхности катода в процессе эксплуатации. Fe и Ga также были обнаружены в катодном наросте. Напротив, большая часть серы выделялась в виде диоксида серы на аноде, поскольку никакой серы, удаленной из неочищенной ванны, на поверхности катода обнаружено не было. Кальций (Ca) не подвергался электролизу при подаваемом напряжении, в то время как Mn и Cu существенно не изменялись. В совокупности, это исследование демонстрирует возможность удаления множества загрязнений из неочищенной ванны с использованием очистительной установки, описанной в настоящем документе.

**[00100]** 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. Очистительная установка для удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны перед ее использованием в электролитической ячейке для получения металла, очистительная установка, содержащая:
    - бак очистки, расположенный перед электролитической ячейкой и выполненный с возможностью вмещения, по меньшей мере, части электролитической ванны; и
    - по меньшей мере, один ряд чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов, выполненных с возможностью функционального подключения к источнику питания для подачи электрического тока на аноды и катоды,причем, по меньшей мере, один ряд вертикально ориентированных катодов и анодов имеет размер, позволяющий вставлять их в бак очистки; и
  - причем очистительная установка выполнена с возможностью обеспечения и сохранения расстояния анод-катод (РАК) между каждыми из указанных вертикально расположенных катодов или анодов.
2. Очистительная установка по п. 1, содержащая, по меньшей мере, два параллельных ряда чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов, причем каждый анод или катод одного ряда примыкает соответственно к другому аноду или катоду соседних параллельных рядов, образуя, таким образом, решетку чередующихся столбцов вертикально расположенных катодов и анодов.
  3. Очистительная установка по п. 1 или 2, дополнительно содержащая:
    - по меньшей мере, одну анодную соединительную рейку, выполненную с возможностью функционального подключения к источнику питания, причем каждая анодная соединительная рейка выполнена с возможностью поддержки одного ряда вертикально расположенных анодов и электрического соединения анодов друг с другом параллельным соединением; и
    - по меньшей мере, одну катодную соединительную рейку, выполненную с возможностью функционального подключения к источнику питания, причем каждая катодная соединительная рейка выполнена с возможностью поддержки одного ряда вертикально расположенных катодов и электрического соединения катодов один с другим параллельным соединением.
  4. Очистительная установка по п. 3, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, одна анодная и катодная соединительные рейки выполнены с возможностью независимого перемещения в желаемое положение относительно электролитической ванны в баке очистки.
  5. Очистительная установка по п. 4, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, одна катодная соединительная рейка выполнена с возможностью полного погружения катодов ниже границы раздела ванна-пар в электролитической ванне.
  6. Очистительная установка по любому из пп. 3-5, отличающаяся тем, что каждый из

анодов или катодов содержит продольный стержень, один конец которого соединен с анодным телом или катодной пластиной, а противоположный конец выполнен с возможностью функционального соединения с анодными или катодными соединительными рейками соответственно.

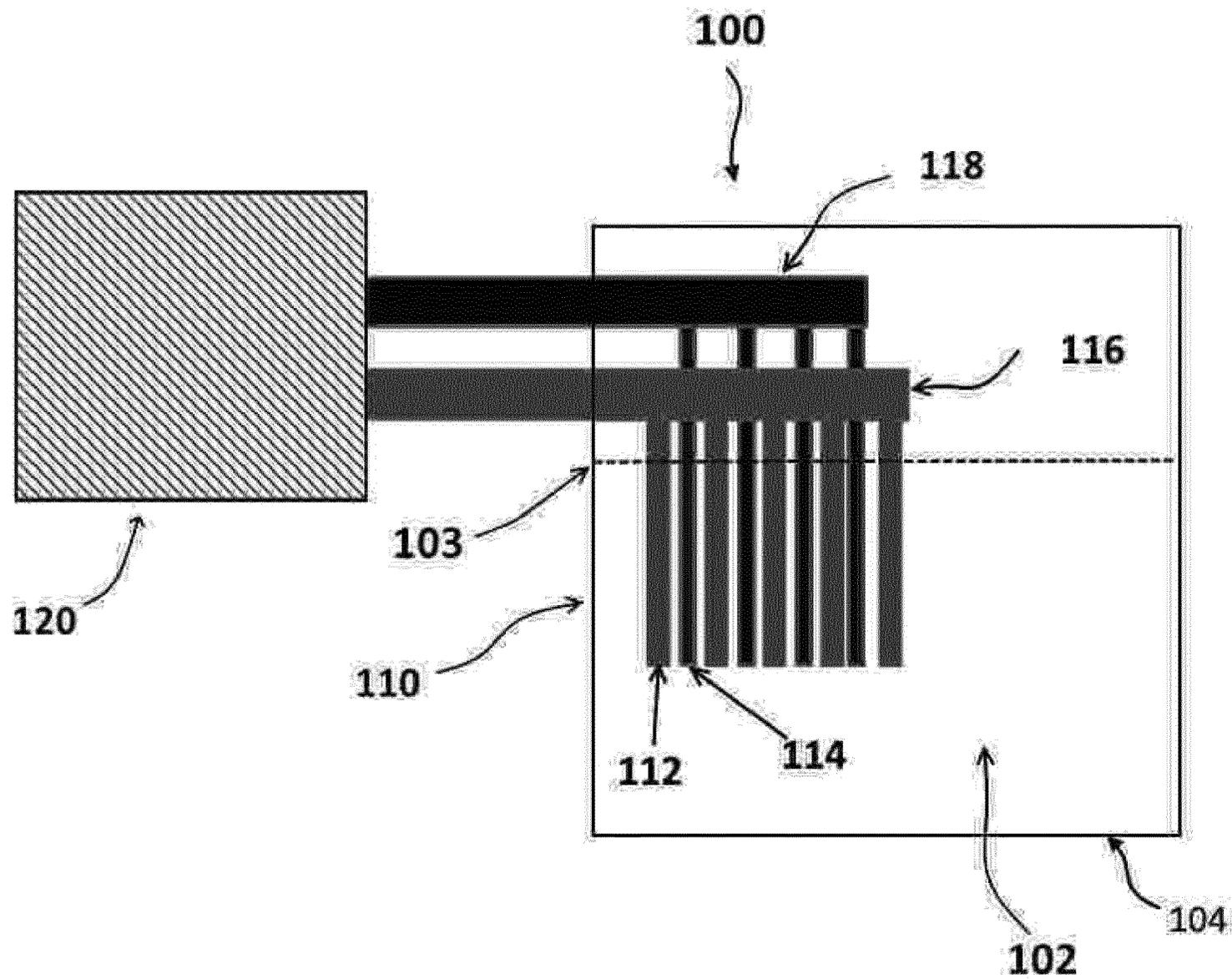
7. Очистительная установка по п. 6, отличающаяся тем, что верхний конец каждого из анодных тел и катодных пластин соединен с их соответствующими стержнями, при этом верхние концы катодов расположены ниже верхних концов анодов, когда ряд электродов погружен в электролитическую ванну, так чтобы катодные пластины были полностью погружены в ванну.
8. Очистительная установка по п. 6 или 7, отличающаяся тем, что анодное тело состоит из углерода или графита, катодные пластины состоят из стали или нержавеющей стали, и продольный стержень выполнен из стали или нержавеющей стали.
9. Очистительная установка по любому из пп. 6-8, отличающаяся тем, что каждый из анодов и катодов дополнительно содержит защитную оболочку вокруг продольного стержня для защиты продольного стержня от коррозии.
10. Очистительная установка по п. 9, отличающаяся тем, что защитная оболочка содержит:
  - оксид получаемого металла, причем оксид металла представляет собой оксид алюминия, когда получаемым металлом является алюминий;
  - полублагородный металл, такой как медь; или
  - карбид кремния (SiC).
11. Очистительная установка по любому из пп. 3-10, дополнительно содержащая опорную конструкцию для закрепления, по меньшей мере, одного ряда чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов в положении относительно бака очистки.
12. Очистительная установка по п. 11, отличающаяся тем, что соединительные рейки прикреплены к опорной конструкции для упрочнения и стабилизации положения анодов и катодов.
13. Очистительная установка по п. 11 или 12, отличающаяся тем, что опорная конструкция имеет размер, позволяющий закрыть верхнее отверстие бака очистки и герметизировать бак.
14. Очистительная установка по п. 13, отличающаяся тем, что опорная конструкция выполнена с возможностью обеспечения изоляции, устойчивой к коррозии и предотвращения выхода газа из бака очистки при закрытом верхнем отверстии, при этом бак очистки оборудован газоотводом для безопасного сбора анодного газа.
15. Очистительная установка по п. 13, отличающаяся тем, что бак очистки может относиться к плавильной установке, которую используют для плавления сухой ванны указанной электролитической ванны.
16. Очистительная установка по любому из пп. 1-15, отличающаяся тем, что, по

меньшей мере, один ряд чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов образует компактную решетку с РАК в диапазоне от приблизительно 1 см до приблизительно 5 см.

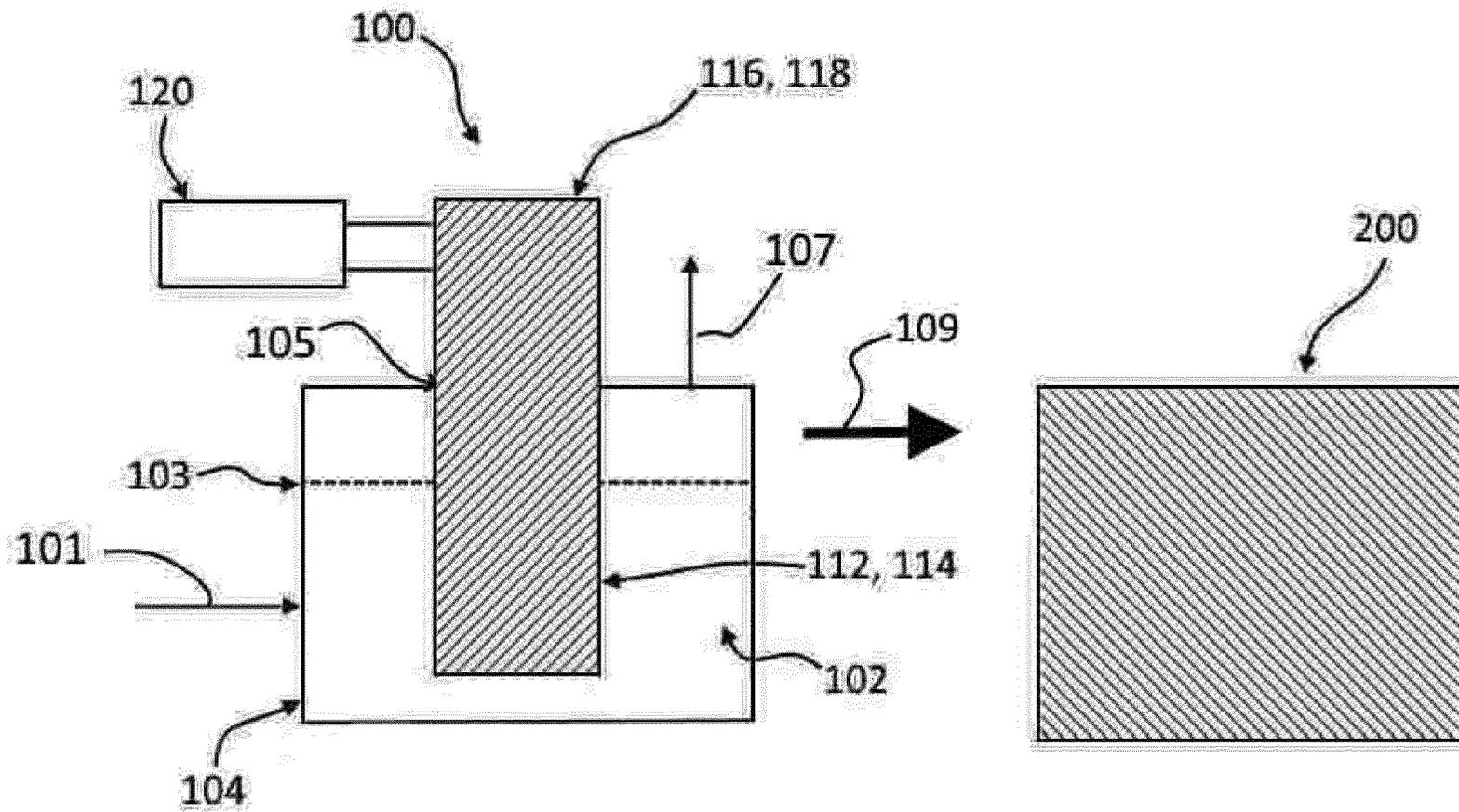
17. Очистительная установка по п. 14, отличающаяся тем, что РАК составляет приблизительно 2.5 см.
18. Очистительная установка по любому из пп. 1-17, отличающаяся тем, что источник питания содержит преобразователь постоянного тока.
19. Очистительная установка по любому из пп. 1-18, отличающаяся тем, что металлом, получаемым электролитической ячейкой, является алюминий, электролитическая ванна поэтому содержит криолит, а подлежащие удалению загрязняющие примеси включают серу, фосфор, железо, никель, хром, медь, галлий или их смесь.
20. Способ удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны перед ее использованием в электролитической ячейке для получения металла, способ, включающий следующие этапы:
  - введение, по меньшей мере, части электролитической ванны для очистки в бак очистки, расположенный перед электролитической ячейкой;
  - помещение в бак очистки, по меньшей мере, одного ряда чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов, выполненных с возможностью функционального подключения к источнику питания для подачи электрического тока на аноды и катоды, причем, по меньшей мере, один ряд чередующихся вертикально ориентированных катодов и анодов имеет размер, позволяющий вставлять их в бак очистки, обеспечивающий и сохраняющий расстояние анод-катод (РАК) между каждыми из вертикально расположенных катодов или анодов; и
  - подача электрического тока между анодами и катодами в течение периода времени для удаления загрязняющих примесей из электролитической ванны.
21. Способ по п. 20, отличающийся тем, что каждый из катодов содержит катодную пластину, причем катоды расположены в электролитической ванне таким образом, чтобы быть полностью погруженными в электролитическую ванну.
22. Способ по п. 20 или 21, отличающийся тем, что если подлежащая очистке электролитическая ванна представляет собой сухую электролитическую ванну, способ дополнительно включает этап:
  - плавление сухой ванны перед вводом, по меньшей мере, части электролитической ванны в бак очистки; или
  - плавление сухой ванны непосредственно в баке очистки.
23. Способ по любому из пп. 20-22, отличающийся тем, что электрический ток является постоянным током, подаваемым с использованием преобразователя постоянного тока.
24. Способ по любому из пп. 20-22, отличающийся тем, что подача электрического тока включает измерение количества загрязняющих примесей, присутствующих в

ванне, перед регулировкой общего электрического заряда, проходящего через очистительную установку, содержащую указанный бак очистки и указанный, по меньшей мере, один ряд чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов.

25. Способ по п. 24, отличающийся тем, что общий заряд составляет приблизительно от 0,1 до приблизительно 10 ампер-часов (Ач) на килограмм электролитической ванны для очистки.
26. Способ по п. 25, отличающийся тем, что полный заряд составляет приблизительно от 0,3 до приблизительно 4,0 ампер-часов (Ач) на килограмм электролитической ванны для очистки.
27. Способ по любому из пп. 20-26, отличающийся тем, что плотность тока на катодах составляет приблизительно от 0,004 до приблизительно 0,4 А/см<sup>2</sup>.
28. Способ по п. 27, отличающийся тем, что плотность тока на катодах составляет приблизительно от 0,1 до приблизительно 0,3 А/см<sup>2</sup>.
29. Способ по любому из пп. 20-25, отличающийся тем, что напряжение на очистительной установке, содержащей ряд чередующихся вертикально расположенных катодов и анодов и бак очистки, составляет от приблизительно 0,5 В до приблизительно 2,5 В.
30. Способ по любому из пп. 20-29, отличающийся тем, что продолжительность времени составляет приблизительно от 1 до приблизительно 150 часов.
31. Способ по п. 30, отличающийся тем, что продолжительность времени составляет приблизительно от 24 до приблизительно 96 часов.
32. Способ по любому из пп. 20-31, дополнительно включающий увеличение плотности тока либо для увеличения удельного электрического заряда (Ач/кг ванны), сокращения продолжительности очистки, либо для их комбинации.
33. Способ по любому из пп. 20-32, отличающийся тем, что способ дополнительно включает извлечение катодов из бака очистки и удаление твердых загрязняющих примесей, скопившихся на катодах.
34. Способ по любому из пп. 20-33, отличающийся тем, что металлом, получаемым электролитической ячейкой, является алюминий, поэтому ванна содержит криолит и добавки, загрязняющие примеси, подлежащие удалению, содержат серу, фосфор, железо, никель, хром, медь, галлий или их смесь.
35. Способ по п. 34, отличающийся тем, что добавки содержат фторид натрия, фторид алюминия, фторид кальция и/или оксид алюминия.

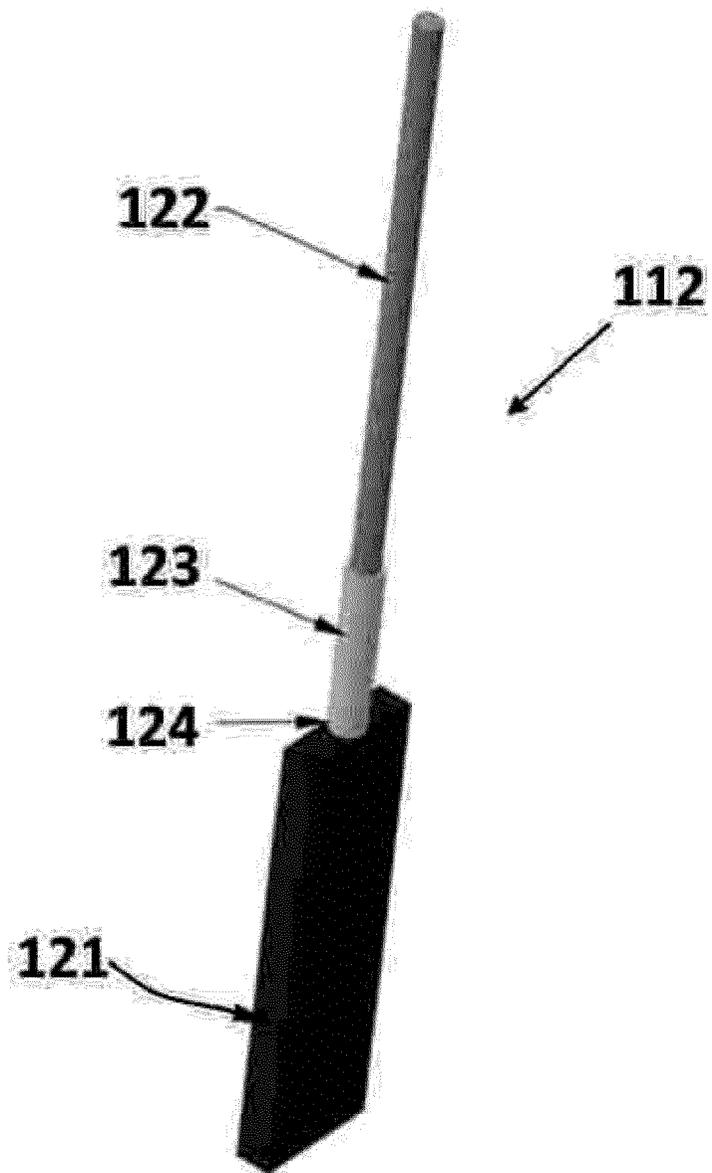


ФИГ. 1

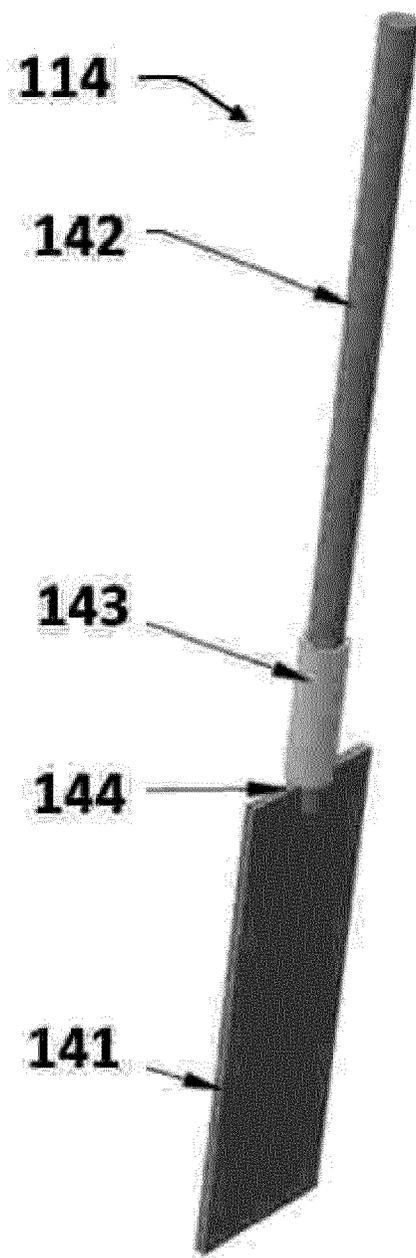


ФИГ. 2

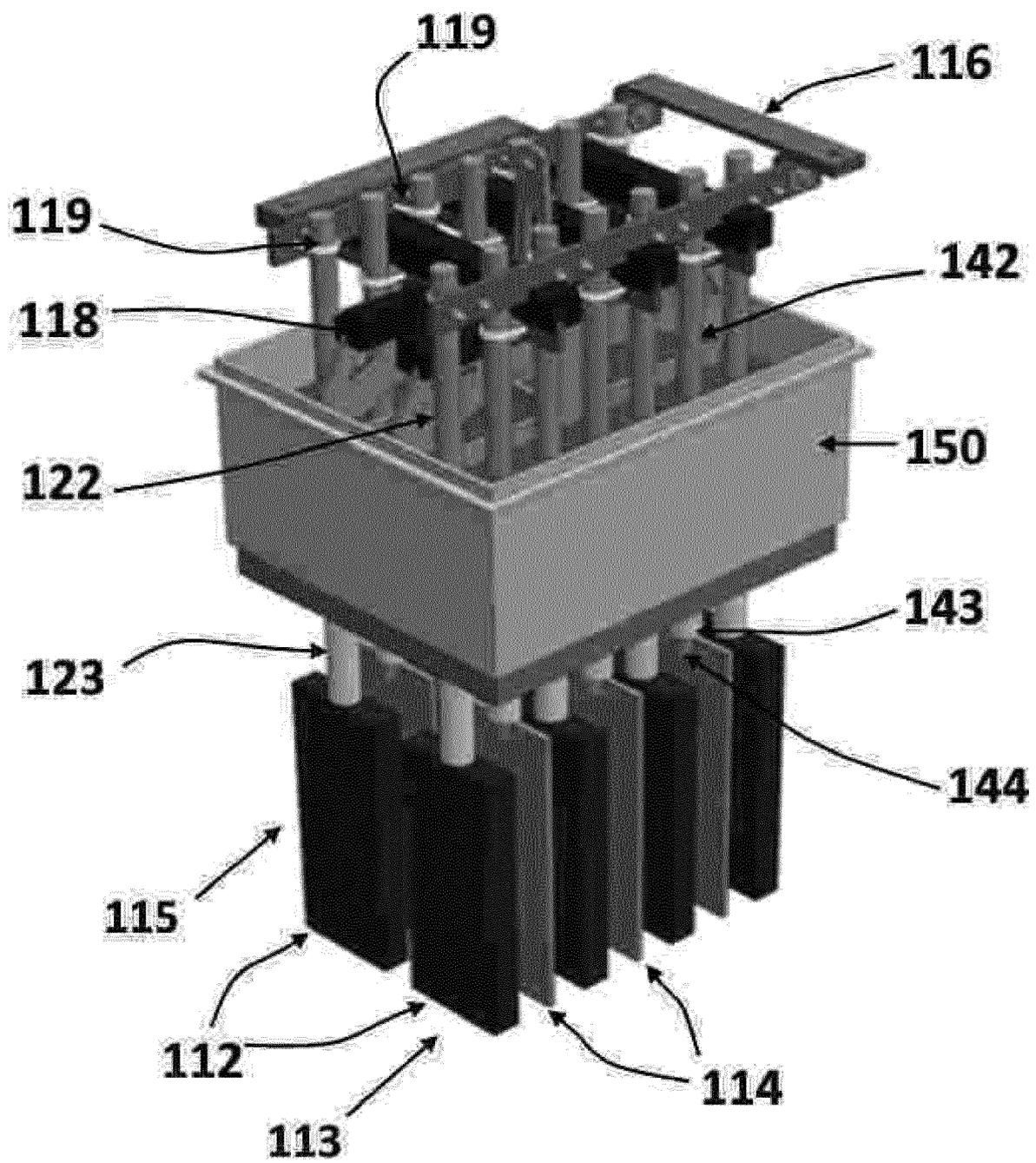




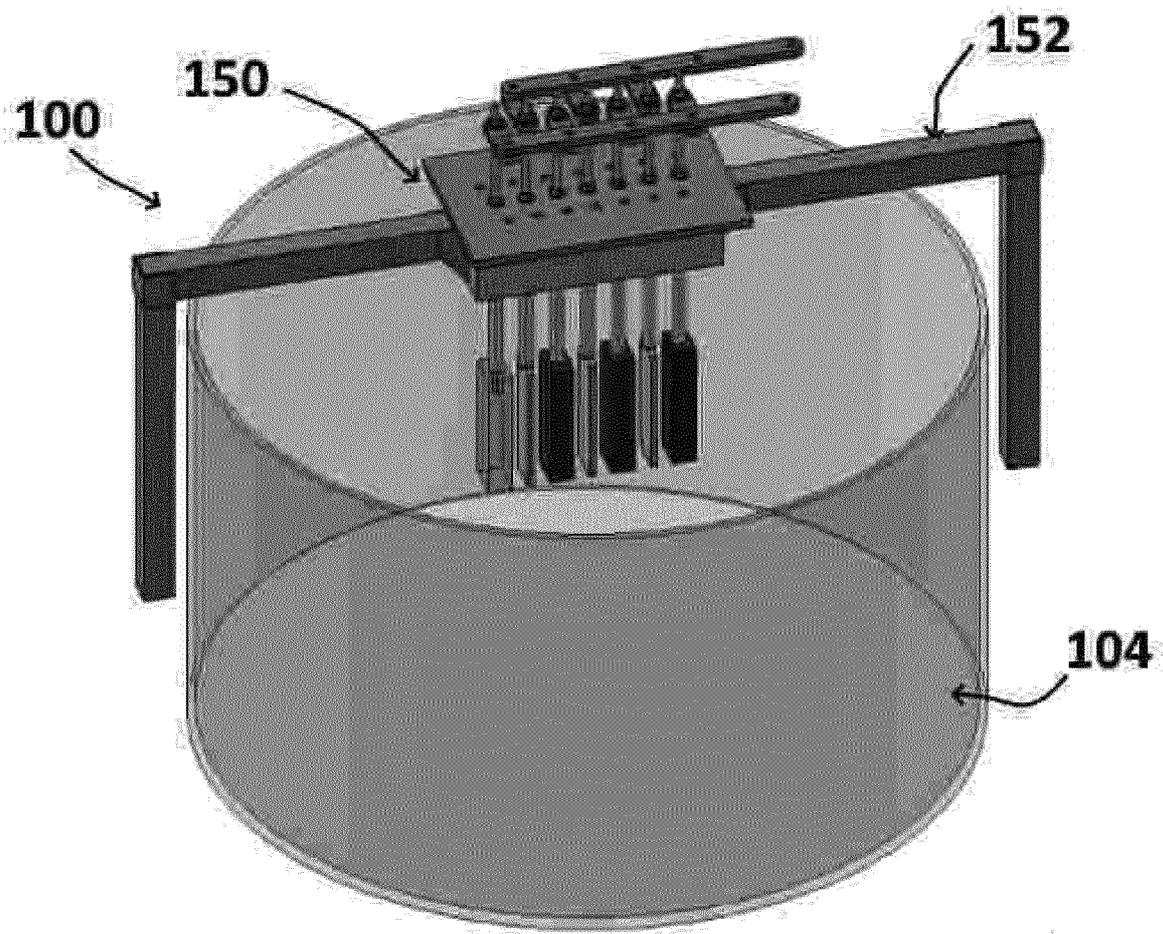
ФИГ. 3



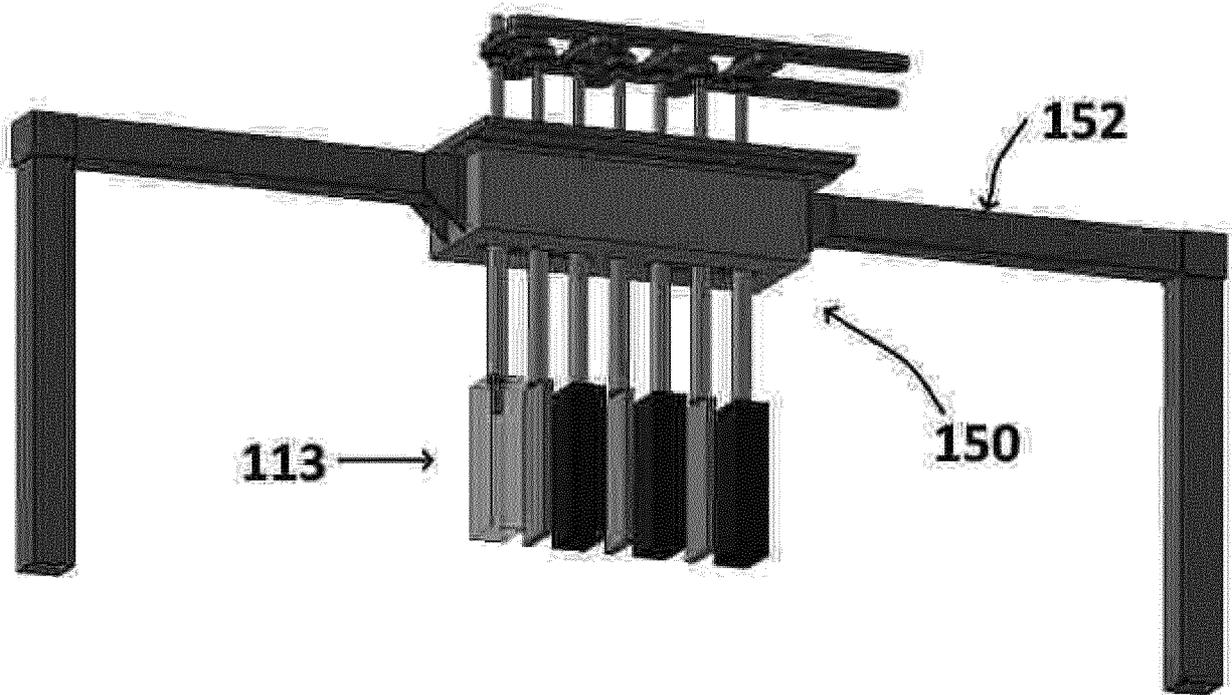
ФИГ. 4



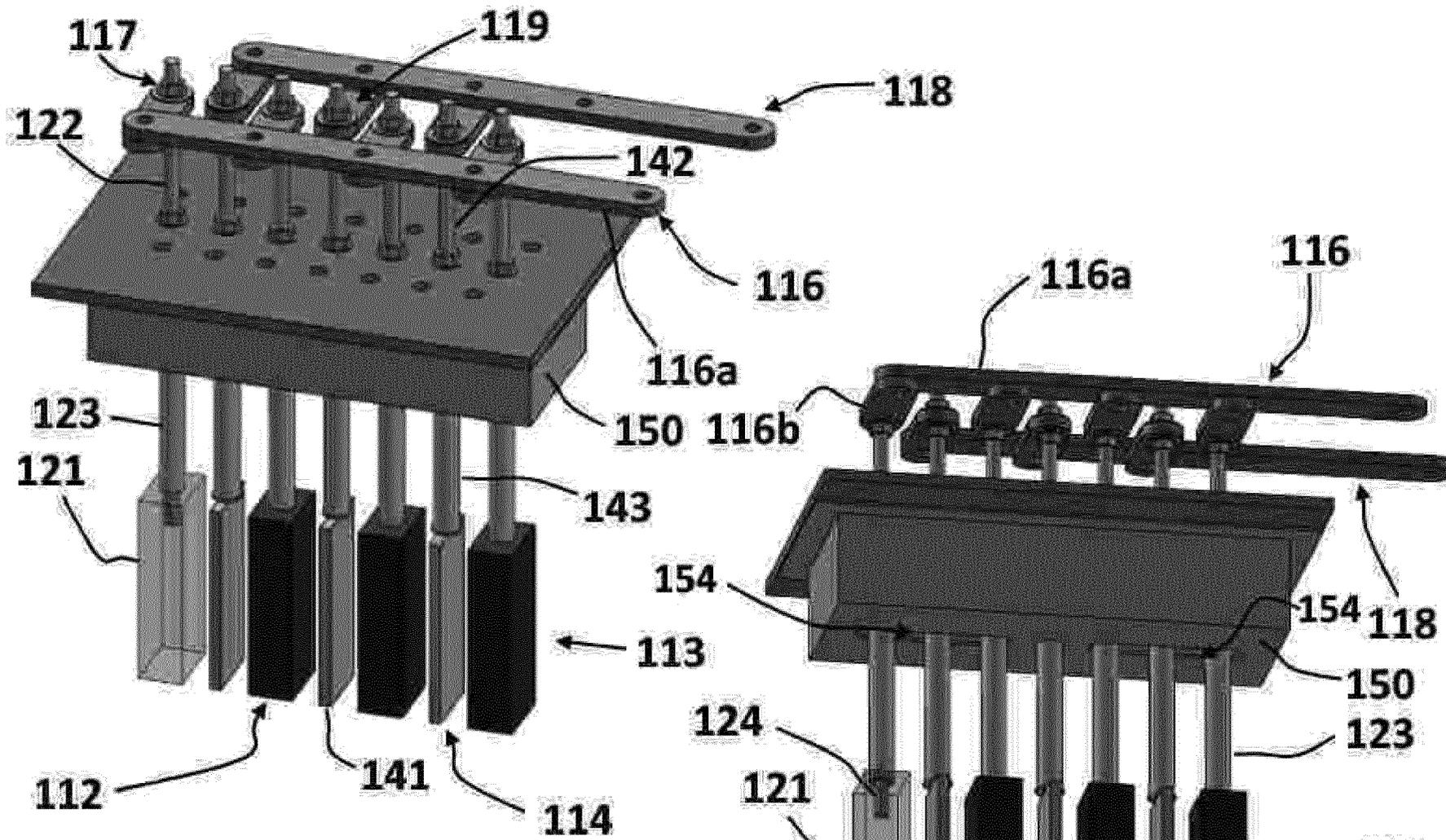
ФИГ. 5



ФИГ. 6А



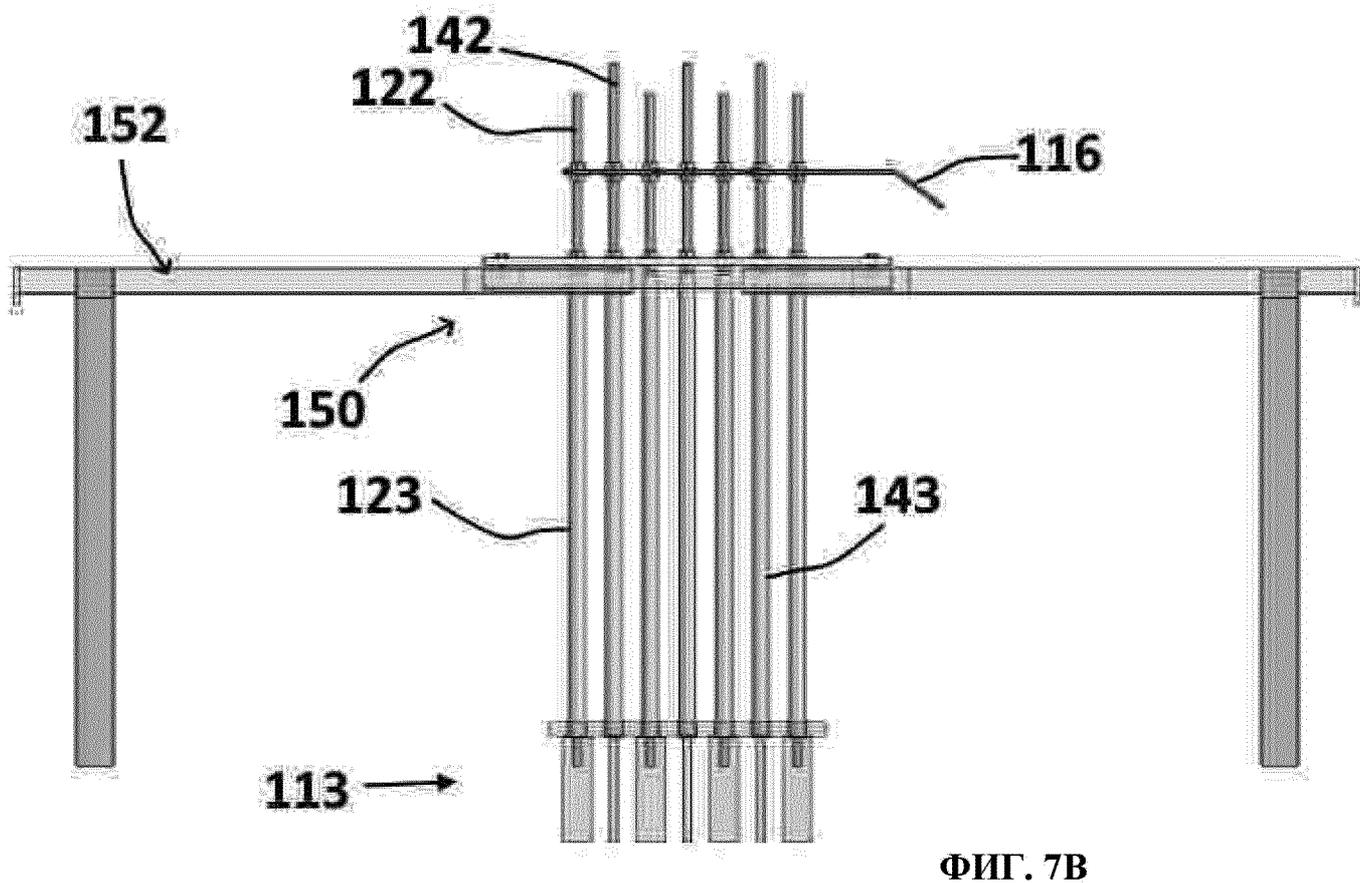
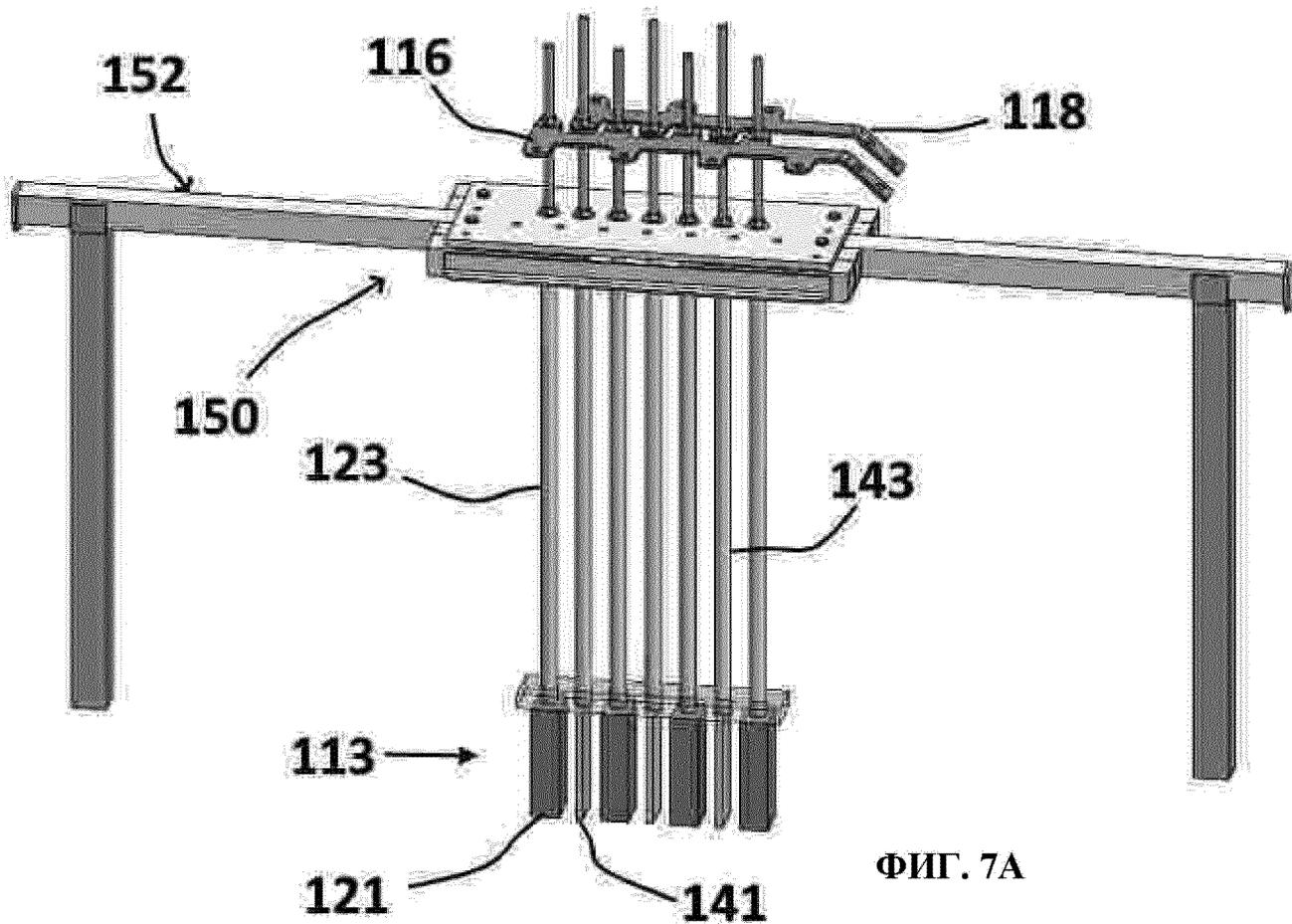
ФИГ. 6В

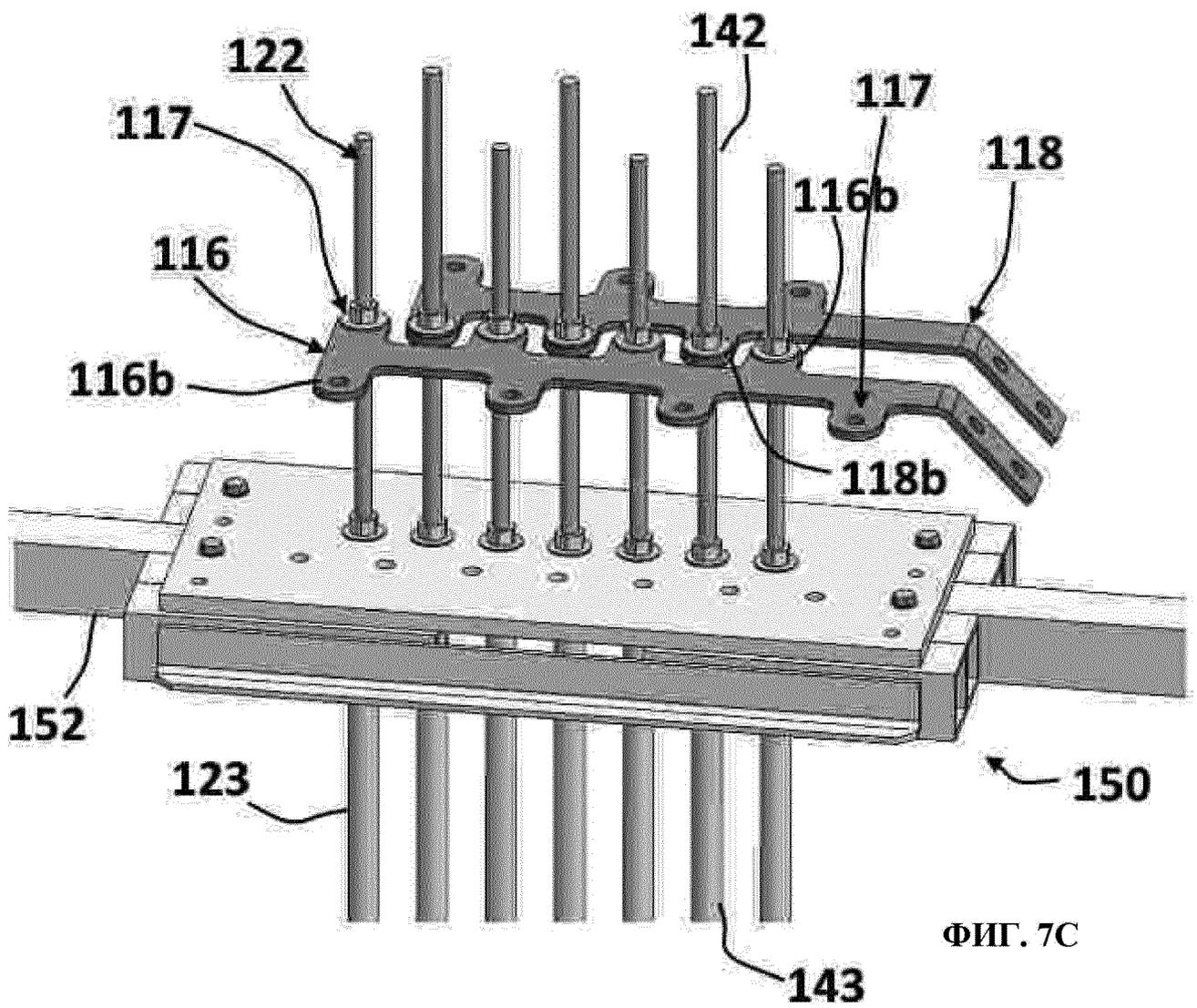


ФИГ. 6С

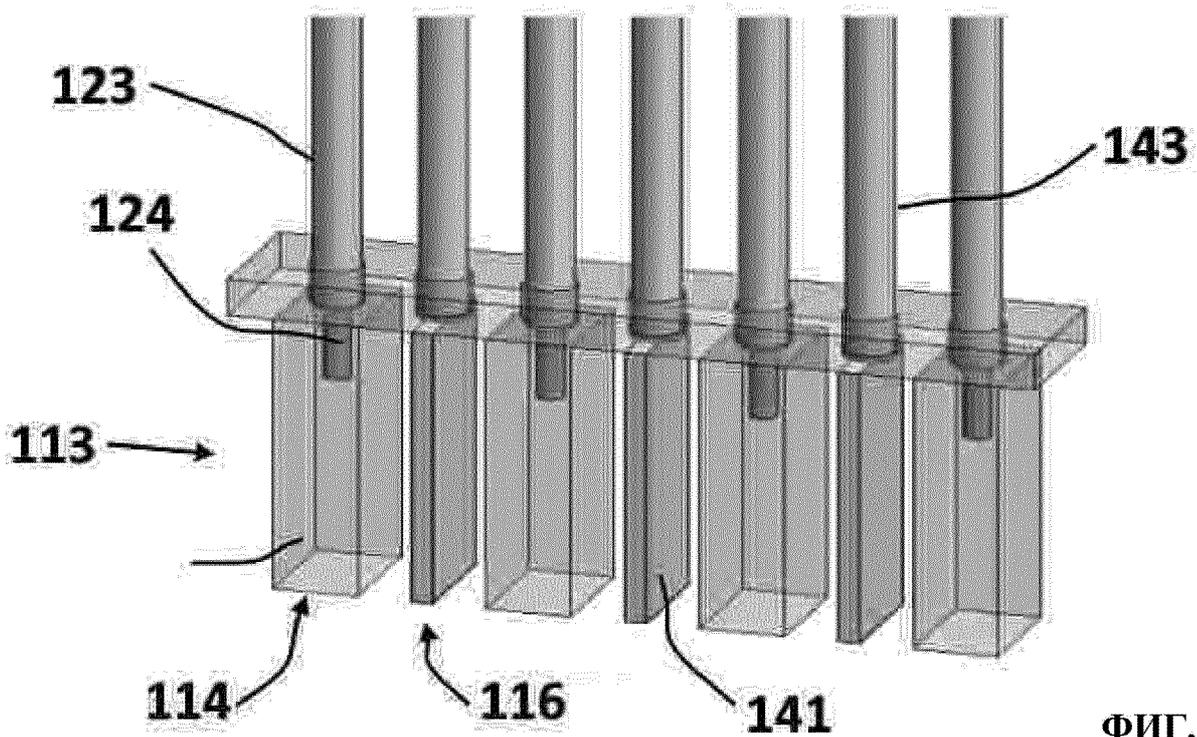
112

ФИГ. 6D

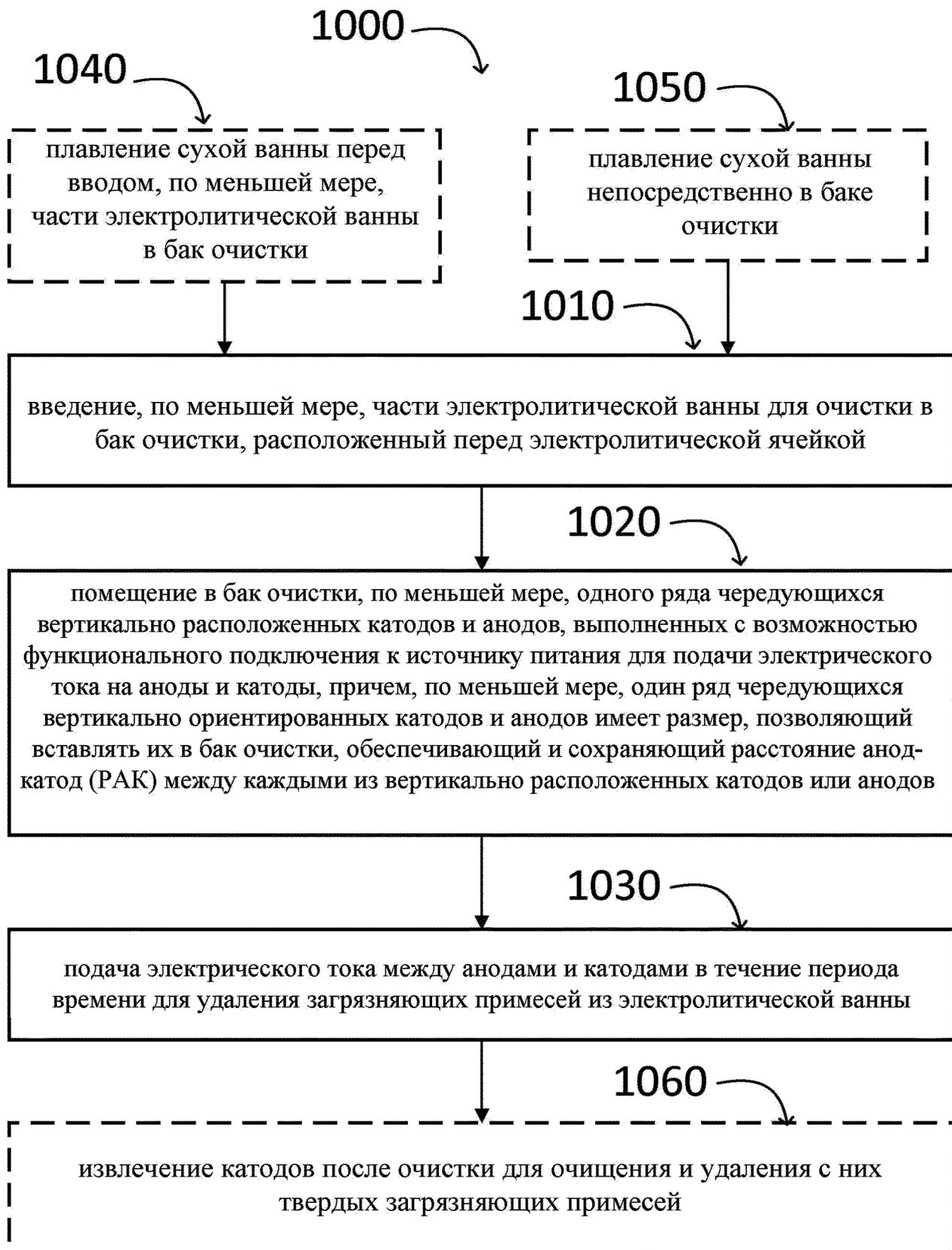




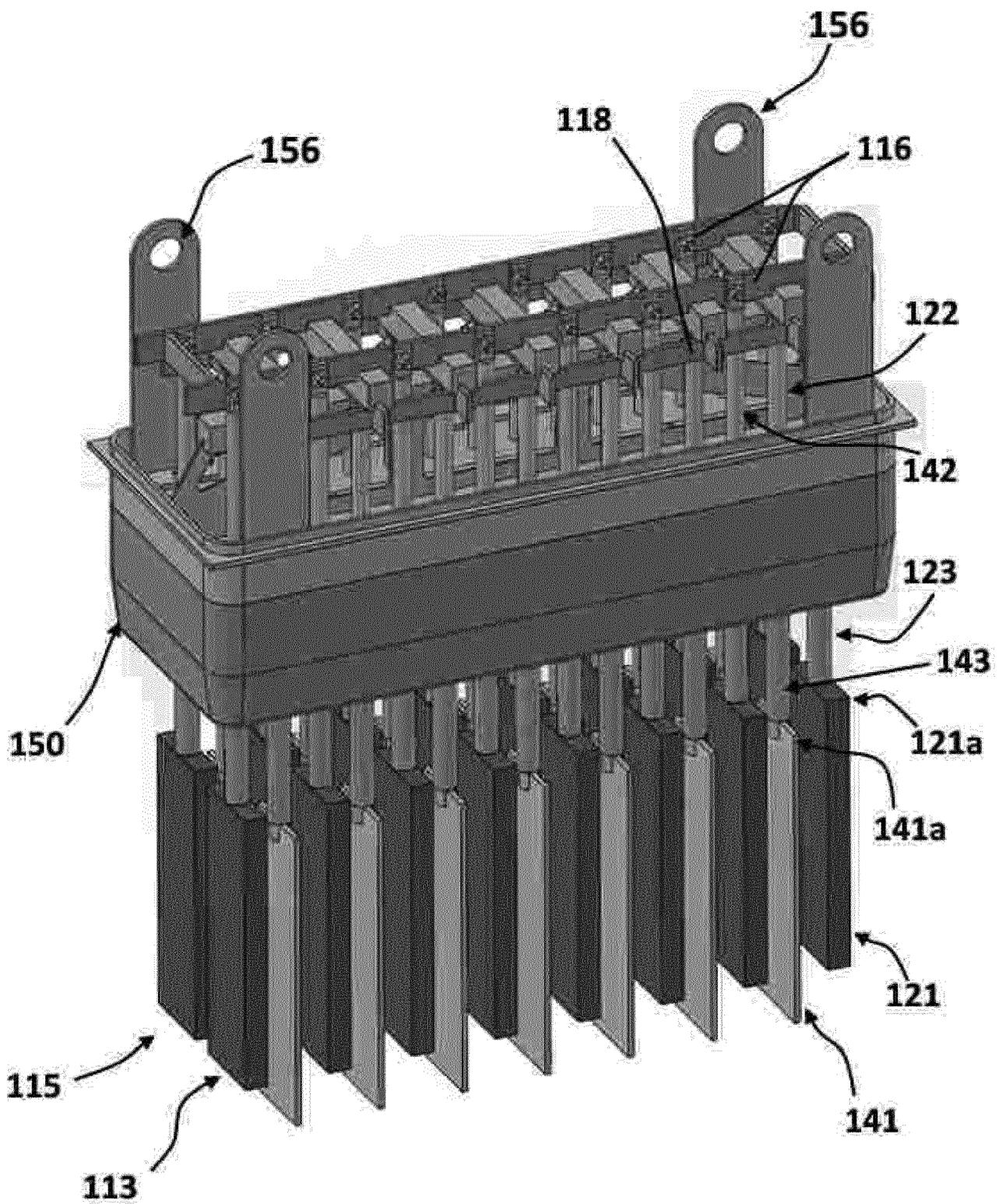
ФИГ. 7С



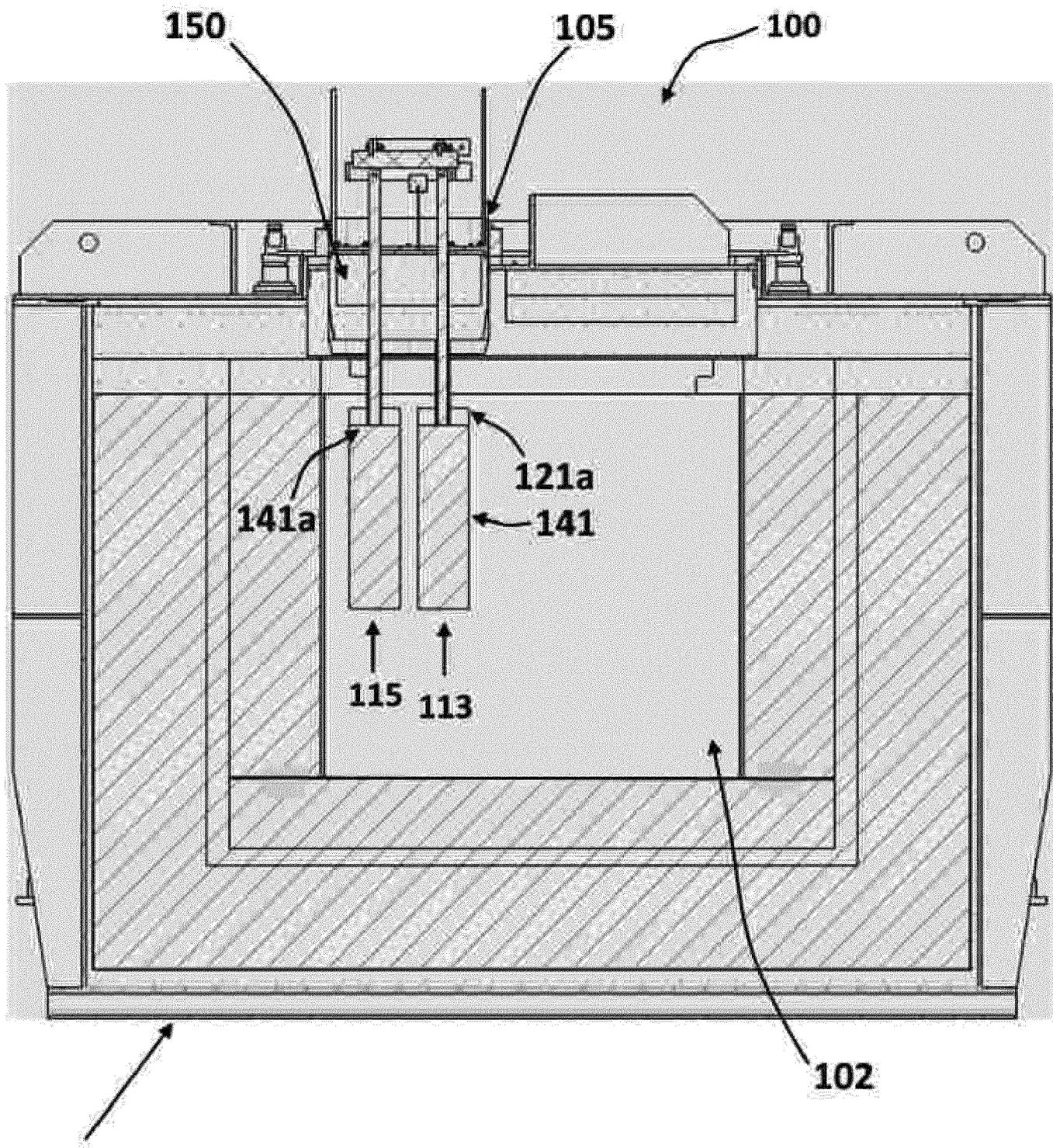
ФИГ. 7D



ФИГ. 8



ФИГ. 9



104

ФИГ. 10

102