

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046058**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.02.02**

(21) Номер заявки  
**202290288**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.08.27**

(51) Int. Cl. **C25C 3/10** (2006.01)  
**C25C 3/12** (2006.01)  
**C25C 7/02** (2006.01)  
**C25C 7/06** (2006.01)

---

(54) **УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ**

---

(31) **62/892,722**

(32) **2019.08.28**

(33) **US**

(43) **2022.06.02**

(86) **PCT/CA2020/051173**

(87) **WO 2021/035356 2021.03.04**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ЭЛИСИС ЛИМИТЕД  
ПАРТНЕРШИП (СА)**

(72) Изобретатель:  
**Петитжан Бруно, Ноизет Алан, Бардет  
Бенуа (FR)**

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

(56) **US-B2-5435897  
US-B2-7422675  
US-B2-10066309  
CN-A-202081179**

(57) Описано устройство, также называемое раздаточной коробкой или ТВ, для перемещения анодного узла за пределы электролитической ячейки. Кроме того, раскрыто устройство, также называемое подъемной балкой для устройства для предварительного нагрева или CPLB, для перемещения анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки за пределы электролитической ячейки. ТВ и CPLB совместно используют для запуска электролитической ячейки или для замены отработанного анодного узла, при этом сохраняя производство цветного металла, такого как алюминий (aluminum или aluminium). Тепловая изоляция ТВ позволяет поддерживать однородность температуры анодов и предотвращать тепловые удары при введении инертных анодов в горячую электролитическую ванну. TN и CPLB позволяют точно позиционировать анодные узлы или устройства для предварительного нагрева ячейки над электролитической ячейкой, перед тем как механические и электрические соединения анодного узла или устройства для предварительного нагрева достигнут электролитической ячейки. Также раскрыто несколько родственных способов функционирования электролитической ячейки.

**046058**  
**B1**

**046058**  
**B1**

### **Перекрестная ссылка на родственные заявки**

Настоящая заявка на патент испрашивает преимущество приоритета предварительной заявки на патент США № 62/822722, озаглавленной "Устройство и способ обслуживания анодных узлов ячеек для электролиза", и поданной в Бюро по патентам и товарным знакам США 28 августа 2019 г., содержание которой включено в настоящий документ в качестве ссылки.

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение в целом относится к системам, устройству и способам эксплуатации электролитической ячейки, например, обслуживанию и замене анодов или устройства для предварительного нагрева ячейки, более конкретно, но не исключительно, замене стабильных/инертных анодов электролитических ячеек, например, для производства металлов, таких как, но без ограничения, алюминий.

### **Предпосылки создания изобретения**

Металл алюминий "aluminum", также называемый "aluminium", получают электролизом глинозема, также известного как оксид алюминия (IUPAC), в расплавленном электролите при температуре около 750-1000°C, содержащемся в ряде плавильных камер. В традиционном процессе Холла-Эру аноды изготовлены из углерода и расходуются во время электролитической реакции. Аноды необходимо заменять через 3-4 недели.

В ходе экспериментов было установлено, что современные системы и процессы для обслуживания и замены анодов электролитической ячейки являются непригодными, когда вместо традиционных угольных анодов, требуемых в процессе Холла-Эру, используют инертные аноды.

Кроме того, электролитические ячейки, работающие с инертными анодами, нуждаются в предварительном нагреве, как правило, с использованием устройства для предварительного нагрева ячейки. Устройство для предварительного нагрева ячейки должно быть установлено в ячейку перед нагреванием ячейки, а затем удалено из ячейки перед введением в ячейку предварительно нагретых анодов.

Настоящее изобретение по меньшей мере частично устраняет недостатки, выявленные при использовании инертных анодов.

### **Краткое описание изобретения**

В соответствии с первым аспектом изобретение относится к изолирующему устройству для обслуживания и перемещения анодного узла за пределы электролитической ячейки. Анодный узел содержит множество вертикальных инертных анодов. Устройство содержит: опорную конструкцию, определяющую внутреннее пространство, для изоляции анодного узла, когда он находится во внутреннем пространстве; узел привода, соединенный с опорной конструкцией и выполненный с возможностью поддержки анодного узла, при этом узел привода может перемещать анодный узел между: изолированным положением, при котором анодный узел расположен во внутреннем пространстве опорной конструкции; и положением загрузки-разгрузки, при котором анодный узел находится за пределами опорной конструкции для загрузки анодного узла в приводной узел и разгрузки анодного узла из приводного узла; и узел теплового укрытия, проходящий от внутренней поверхности опорной конструкции для изоляции анодного узла, когда анодный узел находится во внутреннем пространстве.

В соответствии с другим аспектом изобретение относится к устройству для перемещения анодного узла за пределы электролитической ячейки. Анодный узел содержит множество анодов, предпочтительно вертикальных инертных анодов. Устройство содержит: опорную конструкцию, определяющую внутреннее пространство; узел привода, соединенный с опорной конструкцией и выполненный с возможностью поддержки анодного узла, при этом узел привода может перемещать анодный узел между: изолированным положением, при котором анодный узел расположен во внутреннем пространстве опорной конструкции; и положением загрузки-разгрузки, при котором анодный узел находится за пределами опорной конструкции для загрузки анодного узла в узел привода или разгрузки анодного узла из узла привода; и узел тепловой системы, поддерживаемый опорной конструкцией, для поддержания температуры анодного узла, когда анодный узел находится во внутреннем пространстве.

Согласно предпочтительному варианту осуществления узел привода дополнительно содержит электрическую изоляционную систему для электрической изоляции анодного узла от узла привода.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления опорная конструкция определяет открытое дно, которое находится в сообщении с внутренним пространством, при этом устройство дополнительно содержит: дверной узел, подвижно соединенный с опорной конструкцией и функционирующий между открытым положением, позволяющим перемещать анодный узел между изолированным положением и положением загрузки-разгрузки, и закрытым положением, когда дверной узел закрывает открытое дно опорной конструкции.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления узел привода содержит манипуляционную горизонтальную балку, выполненную с возможностью разъёмного соединения с анодным узлом и вертикального перемещения анодного узла внутри внутреннего пространства.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления узел привода содержит первый двигатель и второй двигатель, поддерживаемые опорной конструкцией, при этом каждый двигатель соответственно соединен с подвижным элементом, расположенным на противоположных продольных концах манипуляционной балки, вдоль которого манипуляционная балка вертикально поднимается и опускает-

ся. Предпочтительно подвижный элемент содержит стержень с резьбой или цепь, приводимую в действие двигателем для подъема или опускания манипуляционной балки.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления узел привода содержит отказоустойчивое подвесное устройство для разъемного зацепления и поддержки анодного узла. Предпочтительно отказоустойчивое подвесное устройство зацепляется за соответствующий манипуляционный штифт анодного узла при опускании узла привода на анодный узел.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, тепловая система содержит несколько тепловых укрытий, проходящих от внутренней поверхности опорной конструкции и соприкасающихся с соответствующими поверхностями множества инертных анодов, когда анодный узел находится во внутреннем пространстве.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления тепловые укрытия могут иметь огнеупорную футеровку.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления устройство дополнительно содержит модуль электрического нагревателя для нагревания инертных анодов, когда анодный узел находится во внутреннем пространстве.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления опорная конструкция выполнена с возможностью вентиляции верхней зоны анодного узла для поддержания в верхней зоне более низкой температуры, чем в нижней горячей зоне, содержащей множество инертных анодов.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления устройство дополнительно содержит направляющие штифты, которые совмещаются с конструкцией электролитической ячейки для облегчения оперативной установки в нее анодного узла.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления устройство может дополнительно содержать первый электрический изолирующий элемент между направляющими штифтами и опорной конструкцией.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления узел привода дополнительно содержит узел автоматического соединения для электрического соединения анодного узла с электролитической ячейкой. Предпочтительно узел автоматического соединения содержит пневматический ключ и синхронизированную систему болтов.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления устройство может дополнительно содержать второй электрический изолирующий элемент между узлом автоматического соединения и опорной конструкцией.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления устройство может дополнительно содержать третий электрический изолирующий элемент на верхней части узла привода. В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления опорная конструкция содержит крепежный элемент на верхней части, который выполнен с возможностью механического прикрепления к мостовому крану для транспортировки или перемещения устройства.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления устройство может дополнительно содержать четвертый электрический изолирующий элемент для изоляции устройства от мостового крана.

В соответствии с еще одним аспектом изобретение относится к способу доставки анодного узла инертных анодов при заданной температуре в электролитическую ячейку для использования в производстве цветного металла, включающий:

предварительный нагрев инертных анодов анодного узла до заданной температуры, при этом анодный узел расположен за пределами электролитической ячейки;

транспортировку анодного узла в направлении электролитической ячейки, при этом поддерживая заданную температуру предварительно нагретых инертных анодов; и

погружение предварительно нагретых инертных анодов анодного узла в ванну расплавленного электролита электролитической ячейки.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления а) предварительный нагрев инертных анодов анодного узла происходит на станции предварительного кондиционирования, расположенной на некотором расстоянии от электролитической ячейки. Способ предпочтительно дополнительно включает перед б) удаление анодного узла из станции предварительного кондиционирования, при этом заключая анодный узел внутрь изолирующего транспортировочного устройства, выполненного с возможностью перемещения анодного узла в направлении электролитической ячейки, при этом поддерживая заданные температуры инертных анодов в предварительно заданном диапазоне допустимых значений.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления удаление анодного узла из станции предварительного кондиционирования и заключение анодного узла в изолирующее транспортировочное устройство включает:

позиционирование изолирующего транспортировочного устройства над анодным узлом, расположенным в устройстве предварительного кондиционирования анода;

опускание узла привода из внутреннего пространства изолирующего транспортировочного устройства на анодный узел;

соединение анодного узла с узлом привода; и  
подъем узла привода с присоединенным к нему анодным узлом из устройства предварительного кондиционирования анодного узла и во внутреннее пространство изолирующего транспортировочного устройства.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления с) погружение предварительно нагретых инертных анодов анодного узла в ванну расплавленного электролита электролитической ячейки включает:

позиционирование изолирующего транспортировочного устройства над электролитической ячейкой;

опускание узла привода и анодного узла из изолирующего транспортировочного устройства в электролитическую ячейку до тех пор, пока предварительно нагретые инертные аноды не будут погружены в ванну расплавленного электролита;

механическое соединение анодного узла с электролитической ячейкой;

электрическое соединение инертных анодов анодного узла с электролитической ячейкой; и  
отсоединение анодного узла от узла привода.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления опускание анодного узла в ванну включает совмещение направляющих штифтов изолирующего транспортировочного устройства с соответствующими приемными отверстиями электролитической ячейки перед опусканием анодного узла в электролитическую ячейку.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления соединение инертных анодов анодного узла с электролитической ячейкой включает механическое крепление болтами гибкой части анодного узла на анодную эквипотенциальную шину электролитической ячейки.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления узел привода соединен с опорной конструкцией изолирующего транспортировочного устройства, при этом узел привода содержит манипуляционную балку, выполненную с возможностью поддержки анодного узла и вертикального перемещения анодного узла, где отсоединение анодного узла от изолирующего транспортировочного устройства включает отсоединение анодного узла от манипуляционной балки, при этом способ дополнительно включает:

после отсоединения анодного узла от манипуляционной балки подъем манипуляционной балки в опорную конструкцию изолирующего транспортировочного устройства; и

отведение изолирующего транспортировочного устройства от электролитической ячейки.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изолирующее транспортировочное устройство содержит дверной узел для термической изоляции отверстия, через которое анодный узел входит в изолирующее транспортировочное устройство и выходит из него, при этом способ дополнительно включает:

при удалении анодного узла из станции предварительного кондиционирования анодов и заключения анодного узла в изолирующее транспортировочное устройство:

перевод дверного узла в открытое положение;

подъем анодного узла во внутреннее пространство изолирующего транспортировочного устройства; и

закрытие дверного узла; и при установке анодного узла в электролитическую ячейку:

перевод дверного узла в открытое положение; и

опускание анодного узла из внутреннего пространства изолирующего транспортировочного устройства в электролитическую ячейку.

В соответствии с другим аспектом изобретение относится к устройству для перемещения отработанного анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки за пределы электролитической ячейки, при этом устройство для предварительного нагрева ячейки выполнено с возможностью установки в ячейку для предварительного нагрева ячейки перед установкой предварительно нагретого анодного узла в предварительно нагретую ячейку, при этом устройство содержит:

опорную конструкцию, определяющую внутреннее пространство;

узел привода, соединенный с опорной конструкцией и выполненный с возможностью поддержки отработанного анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки, при этом узел привода может перемещать устройство для предварительного нагрева ячейки между:

изолированным положением, при котором отработанный анодный узел или устройство для предварительного нагрева ячейки расположено во внутреннем пространстве опорной конструкции; и

положением загрузки-разгрузки, при котором отработанный анодный узел или устройство для предварительного нагрева ячейки находится за пределами опорной конструкции для загрузки отработанного анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки в узел привода, или разгрузки отработанного анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки из узла привода; и

систему автоматического соединения, выполненную с возможностью электрического соединения устройства для предварительного нагрева ячейки с электролитической ячейкой, когда устройство для предварительного нагрева ячейки устанавливается в ячейку, или электрического отключения отработанно-

го анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки от электролитической ячейки перед их удалением из устройства для предварительного нагрева ячейки.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления узел привода может дополнительно содержать систему электрической изоляции для электрической изоляции устройства для предварительного нагрева ячейки или анодного узла от узла привода.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления узел привода содержит манипуляционную горизонтальную балку, выполненную с возможностью разъемного соединения с анодным узлом и вертикального перемещения устройства для предварительного нагрева ячейки или анодного узла во внутреннее пространство. Предпочтительно узел привода содержит первый двигатель и второй двигатель, поддерживаемые опорной конструкцией, при этом каждый двигатель соответственно соединен с подвижным элементом, расположенным на противоположных продольных концах манипуляционной балки, вдоль которого манипуляционная балка вертикально поднимается и опускается. Предпочтительно подвижный элемент содержит стержень с резьбой или цепь, приводимую в действие двигателем для подъема или опускания манипуляционной балки.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления узел привода содержит отказоустойчивое подвесное устройство для разъемного зацепления и поддержки устройства для предварительного нагрева ячейки или анодного узла. Предпочтительно отказоустойчивое подвесное устройство входит в зацепление с соответствующим манипуляционным штифтом устройства для предварительного нагрева ячейки или анодного узла при опускании узла привода на устройство для предварительного нагрева ячейки или анодный узел.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления устройство может дополнительно содержать тепловой укрытие, поддерживаемое опорной конструкцией, для защиты опорной конструкции от тепла, исходящего от устройства для предварительного нагрева ячейки или анодного узла, когда устройство для предварительного нагрева ячейки или анодный узел удалены из ячейки. Тепловые укрытия предпочтительно содержат огнеупорную футеровку.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления опорная конструкция выполнена с возможностью вентиляции верхней зоны опорной конструкции для поддержания верхней зоны при более низкой температуре, чем нижняя горячая зона, содержащая устройство для предварительного нагрева ячейки или аноды анодного узла.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления устройство может дополнительно содержать направляющие штифты, которые совмещаются с конструкцией электролитической ячейки для облегчения оперативной установки в нее устройства для предварительного нагрева ячейки или анодного узла.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления узел автоматического соединения содержит пару из пневматического ключа и синхронизированной системы болтов.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления опорная конструкция содержит крепежный элемент, который выполнен с возможностью механического прикрепления к мостовому краю для транспортировки устройства.

В соответствии с другим аспектом изобретение относится к способу запуска электролитической ячейки для производства цветного металла, при этом электролитическая ячейка выполнена с возможностью содержания  $N$  числа анодных узлов, где  $N \geq 1$ .

Способ включает:

- a) установку  $N$  устройств для предварительного нагрева ячейки в ячейке вместо  $N$  анодных узлов;
- b) предварительный нагрев ячейки с помощью  $N$  устройств для предварительного нагрева ячейки до достижения заданной температуры в ячейке;
- c) заливку расплавленной электролитической ванны в ячейку, с некоторым количеством расплавленного металла;
- d) удаление первого устройства для предварительного нагрева ячейки с помощью устройства для перемещения отработанного анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки за пределы электролитической ячейки, как определено в настоящем документе;
- e) установку предварительно нагретого анодного узла вместо удаленного устройства для предварительного нагрева ячейки с помощью устройства для перемещения анодного узла за пределы электролитической ячейки, как определено в настоящем документе, или в соответствии со способом доставки анодного узла инертных анодов при заданной температуре к электролитической ячейке для использования в производстве цветного металла, как определено в настоящем документе; и
- f) повторение  $(N-1)$  раз стадий d) и e) до тех пор, пока все устройства для предварительного нагрева не будут заменены на предварительно нагретые анодные узлы.

В соответствии с другим аспектом изобретение дополнительно относится к способу замены отработанного анодного узла электролитической ячейки во время производства цветного металла, при этом ячейка содержит  $N$  анодных узлов, где  $N \geq 1$ , погруженных в расплавленную электролитическую ванну при заданной температуре.

Способ включает:

а) удаление отработанного анодного узла из ячейки с помощью устройства для перемещения анодного узла или устройства для предварительного нагрева за пределы электролитической ячейки, как определено в настоящем документе;

б) сразу после стадии а) установку нового анодного узла, предварительно нагретого до заданной температуры, вместо удаленного отработанного анодного узла с помощью устройства для перемещения анодного узла за пределы электролитической ячейки, как определено в настоящем документе, или в соответствии со способом доставки анодного узла инертных анодов при заданной температуре в электролитическую ячейку, как определено в настоящем документе;

где стадии а) и б) выполняют, когда ячейка производит цветной металл; и

где стадии а) и б) повторяют для каждого отработанного анодного узла ячейки, подлежащей замене.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления цветным металлом является алюминий, и N анодных узлов содержит множество инертных анодов.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления инертные аноды представляют собой вертикальные инертные аноды.

Настоящее изобретение совместимо с конфигурацией ячейки с инертным анодом и анодным узлом, и решает проблему теплового удара. Предпочтительно теплоизоляция раздаточной коробки позволяет поддерживать однородность температуры анодов и предотвращать тепловой удар при введении инертных анодов в горячую электролитическую ванну.

#### **Краткое описание чертежей**

Дополнительные признаки и иллюстративные преимущества настоящего изобретения станут очевидными из последующего подробного описания, рассматриваемого совместно с прилагаемыми чертежами, на которых:

фиг. 1 представляет собой схематический вид анодного узла в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 2 показывает перенос (B) анодного узла из станции предварительного кондиционирования (A) в электролитическую ячейку (C) в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 3 представляет собой схематический открытый вид раздаточной коробки в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления с (A) манипуляционной балкой в ее изолированном положении и (B) манипуляционной балкой в ее положении загрузки-разгрузки;

фиг. 4 представляет собой схематический вид раздаточной коробки в ее изолированном положении в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, показывающий (A) анодный узел за узлом теплового укрытия, и (B) анодный узел, фиксированный к манипуляционной балке внутри раздаточной коробки;

фиг. 5 представляет собой схематический вид раздаточной коробки в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, показывающий: (A) раздаточную коробку в ее положении загрузки-разгрузки с анодным узлом под узлом теплового укрытия, и (B) вид сбоку того же самого с дверным узлом в его открытом положении;

фиг. 6 представляет собой схематический вид раздаточной коробки в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления с манипуляционной балкой в ее изолированном положении, и показывающий различные механизмы для перемещения вверх и вниз манипуляционной балки, для фиксации/отсоединения анодного узла и для уплотнения электрического соединения;

фиг. 6B показывает различные положения электрических изолирующих элементов раздаточной коробки в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления;

фиг. 7 показывает детали автоматических соединений раздаточной коробки или устройства с электролитической ячейкой в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 8 показывает различные стадии для загрузки предварительно нагретого анодного узла в раздаточную коробку из станции предварительного кондиционирования на видах (A)-(C), и для разгрузки анодного узла из раздаточной коробки в электролитическую ячейку, вид (D), в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления;

фиг. 9 показывает другой вид раздаточной коробки и станции предварительного кондиционирования: когда анодный узел загружен в раздаточную коробку, вид спереди (A) и вид сбоку (B), и кран поднимает раздаточную коробку, вид спереди (C), в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления;

фиг. 10 показывает разгрузку анодного узла из раздаточной коробки в электролитическую ячейку: вид сбоку (A) и вид спереди (B) в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления;

фиг. 11 показывает удаление раздаточной коробки после разгрузки анодного узла в электролитическую ячейку: вид сбоку (A) и вид спереди (B) в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления;

фиг. 12 представляет собой блок-схему, показывающую способ установки анодного узла инертных анодов при заданной температуре в электролитическую ячейку для применения в производстве цветного металла в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления;

фиг. 13 представляют собой блок-схему, показывающую способ в соответствии с первым предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 14 представляют собой блок-схему, показывающую способ в соответствии со вторым предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 15 представляют собой блок-схему, показывающую способ в соответствии с третьим предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 16 представляют собой блок-схему, показывающую способ в соответствии с четвертым предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 17 представляет собой схематический вид устройства для предварительного нагрева ячейки (CP) в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 18 показывает перенос отработанного анодного узла (SAA) из электролитической ячейки (слева) на каретку для технического обслуживания (справа) в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 19 показывает перенос устройства для предварительного нагрева ячейки (CP) из электролитической ячейки (слева) в каретку (справа) в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 20 представляет собой схематический открытый вид устройства для перемещения анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки за пределы электролитической ячейки, также называемого в настоящем документе CPLB, в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления с манипуляционной балкой в ее изолированном положении (слева) и манипуляционной балкой в ее положении загрузки-разгрузки (справа);

фиг. 21 представляет собой схематический вид устройства CPLB в его изолированном положении в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, с CP, фиксированным к манипуляционной балке внутри CPLB;

фиг. 22 представляет собой схематический вид устройства CPLB в его изолированном положении в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, с SAA, фиксированным к манипуляционной балке внутри CPLB;

фиг. 23 представляет собой схематический вид CPLB в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, показывающий: (слева) CPLB в его положении загрузки-разгрузки с SAA, фиксированным к манипуляционной балке, и (справа) вид сбоку того же самого;

фиг. 24 представляет собой схематический вид устройства CPLB в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, показывающий: (слева) CPLB в его положении загрузки-разгрузки с CP, фиксированным к манипуляционной балке, и (справа) вид сбоку того же самого;

фиг. 25 представляет собой схематический открытый вид устройства CPLB в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления с манипуляционной балкой в ее изолированном положении, поддерживающей SAA;

фиг. 26 представляет собой схематический открытый вид устройства CPLB в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления с манипуляционной балкой в ее изолированном положении, поддерживающей CP;

фиг. 27 представляет собой схематический открытый вид устройства CPLB, поддерживающего CP над электролитической ячейкой, где (A) и (B) показывают детали пары автоматических соединений CPLB с электролитической ячейкой в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 28 представляет собой схематический открытый вид устройства CPLB, поддерживающего SAA над электролитической ячейкой, с (A) деталями одного автоматического соединения CPLB с электролитической ячейкой в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления;

фиг. 29 показывает первую стадию нависания CPLB над кареткой, содержащей CP, в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 30 показывает вторую стадию соединения CPLB с CP в каретке в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 31 иллюстрирует третью стадию подъема CPLB и CP с каретки в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 32 иллюстрирует четвертую стадию опускания CP из CPLB, расположенного над электролитической ячейкой, в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 33 иллюстрирует первую стадию удаления CP из электролитической ячейки после нагрева ячейки с помощью CP, когда CPLB располагается над электролитической ячейкой, содержащей CP, в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 34 иллюстрирует вторую стадию удаления CP из нагретой электролитической ячейки, когда манипуляционная балка CPLB опускается перед соединением с CP, в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 35 иллюстрирует третью стадию подъема CPLB и CP из электролитической ячейки в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 36 иллюстрирует четвертую стадию опускания и разгрузки CP из CPLB, расположенного над

кареткой, в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 37 иллюстрирует первую стадию удаления SAA из электролитической ячейки, когда CPLB располагается над электролитической ячейкой, содержащей SAA, в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 38 иллюстрирует вторую стадию удаления SAA из электролитической ячейки, когда манипуляционная балка CPLB опускается перед соединением с SAA, в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 39 иллюстрирует третью стадию подъема CPLB и SAA из электролитической ячейки в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 40 иллюстрирует четвертую стадию расположения CPLB, содержащего SAA, над кареткой перед опусканием и разгрузкой SAA в каретку в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, (слева) вид спереди, (справа) вид сбоку;

фиг. 41 иллюстрирует различные положения электрических изолирующих элементов CPLB в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления;

фиг. 42 представляет собой блок-схему, иллюстрирующую способ запуска электролитической ячейки для производства цветного металла в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления; и

фиг. 43 представляет собой блок-схему, иллюстрирующую способ замены отработанного анодного узла электролитической ячейки во время производства цветного металла в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления.

### Подробное описание изобретения

Раздаточная коробка (ТВ).

Угольный анод устойчив к тепловому удару, возникающему при погружении холодного анода в горячий расплавленный электролит, и поэтому не требуется никаких особых мер предосторожности ни для предварительного нагрева, ни для предотвращения разницы температур между новым анодом и электролитической ванной.

Инертные аноды обычно изготовлены из стабильных композиционных материалов, чувствительных к тепловым ударам. Из-за разработки новых или усовершенствованных процессов плавки с использованием стабильных композитных анодов требуются новые системы, устройства и способы для технического обслуживания и замены анодных узлов плавильных ванн.

В процессе с использованием инертных анодов указанные аноды изготовлены из композиционного материала. Как показано на фиг. 1 и 2, анодный узел 10 состоит из горизонтальной балки 12, включающей узел 11 гибких анодов, к которому подвешен узел 14 отдельных анодов. Анодный узел 10 обычно перемещают с помощью мостового крана 30 (как показано на фиг. 8-11), который обычно располагается поперек электролитической ячейки 40 (как показано на фиг. 10-11).

Как показано на фиг. 2, анодный узел (AA) 10 сначала помещают в станцию 20 предварительного кондиционирования анодов, в которой AA предпочтительно однородно предварительно нагревают до предварительно определенной температуры, близкой к температуре ванны расплавленного электролита 42 электролитической ячейки 40. Последующую транспортировку анодного узла 10 из станции 20 предварительного кондиционирования анодов к электролитической ячейке 40 предпочтительно выполняют таким образом, что поддерживается температура инертных анодов 14 и однородность температуры. Предпочтительно температура инертных анодов в анодном узле (AA), когда инертные аноды погружены в ванну с электролитом, составляет плюс или минус 25°C от температуры ванны (предварительно определенная область допустимых значений). Потеря температуры внутри раздаточной коробки составляет менее 10°C в час. Для этой цели было разработано новое устройство 100 для перемещения анодного узла инертных анодов при одновременном поддержании температуры предварительно нагретых инертных анодов перед погружением инертных анодов анодного узла в ванну расплавленных электролитов электролитической ячейки.

Устройство 100, раскрытое и проиллюстрированное на фиг. 3-7, также называемое в настоящем документе "раздаточной коробкой" или ТВ, во-первых, содержит опорную конструкцию 110, обычно изготовленную из собранных металлических пластинчатых элементов. Устройство 100 определяет внутреннее пространство 112, предназначенное для размещения анодного узла 10.

Как показано на фиг. 3-8, раздаточная коробка 100 содержит узел привода 120, соединенный с опорной конструкцией 110 и содержащий манипуляционную балку 122, выполненную с возможностью поддержки анодного узла 10. Узел привода 120 может перемещать манипуляционную балку 122 относительно опорной конструкции между изолированным положением (фиг. 3A-4A) для удержания анодного узла 10 внутри внутреннего пространства 112 опорной конструкции; и положением загрузки-разгрузки за пределами внутреннего пространства 112 для загрузки и разгрузки анодного узла на манипуляционную балку 122 (фиг. 3B-4B).

Как лучше показано на фиг. 5B, опорная конструкция 110 содержит открытое дно 114, которое общается с внутренним пространством 112, и дверной узел 116 (фиг. 5B), оперативно соединенный с



опорной конструкцией 110, который может перемещаться между открытым положением и закрытым положением, позволяя перемещать анодный узел 10 внутрь раздаточной коробки 100 и из нее. Дверной узел 116 закрывает открытое дно 114 опорной конструкции 110, когда анодный узел 10 находится внутри раздаточной коробки 100.

Опорная конструкция 110 выполнена с возможностью перемещения в открытое состояние (см. фиг. 5), когда манипуляционная балка 122 перемещается из изолированного положения в положение загрузки-разгрузки, и перемещения в закрытое состояние (см. фиг. 6), когда манипуляционная балка 122 перемещается из положения загрузки-разгрузки в изолированное положение.

В традиционной ячейке Холла-Эру анодный узел обычно содержит вертикальный стержень, вставленный в угольный анод и управляемый мостовым краном, который размещает новые аноды напротив анодной рамы ячейки (с центром на продольной оси ячейки) и соединяет анод с рамой (механическое и электрическое соединение) через соединитель, который приводится в действие краном. Боковое расположение анодного узла достигается путем установки стержня между двумя направляющими, прикрепленными болтами к анодной раме. Вертикальное расположение достигается за счет перемещения анодной мачты мостового крана, к которому подвешен анодный узел. Вертикальное расположение нового анодного узла имеет решающее значение для производительности ячейки, поскольку активные поверхности анода и катода расположены горизонтально.

В случае ячейки с инертным анодом необходимо понимать, что необходима высокая точность позиционирования в продольном вертикальном направлении (ось z) и поперечных направлениях (оси x и y) для обеспечения правильного расстояния между анодом и катодом, так как активные поверхности анода и катода являются вертикальными. Вертикальное расположение обычно достигается путем перемещения подъемника мостового крана 30, к которому подвешена раздаточная коробка 100. Электрическое соединение обычно осуществляется путем крепления болтами гибкого анодного узла 11 к анодной эквипотенциальной шине, расположенной вдоль ячейки. Как показано на фиг. 3-6, узел привода 120 позволяет перемещать манипуляционную балку 122 (ось z) между изолированным положением и положением загрузки-разгрузки, при этом предотвращая наклон по горизонтали анодного узла. Узел привода 120 может содержать первый двигатель 124 и второй двигатель 126, каждый из которых соответственно соединен с соответствующим резьбовым стержнем 125-127, расположенным на противоположных продольных концах манипуляционной балки 122, вдоль которого (фиг. 3А-4А) балка поднимается и опускается. Два подъемных двигателя 124-126 предпочтительно соединены таким образом, чтобы обеспечить опускание анодного узла в строго горизонтальном направлении и гарантировать свободное вхождение в зацепление горизонтальной балки 12 анодного узла 10 со своими установочными штифтами.

Как показано на фиг. 6, манипуляционная балка 122 может содержать по меньшей мере одно отказоустойчивое подвесное устройство 130 для фиксации к анодному узлу и его поддержки. Отказоустойчивое подвесное устройство 130 входит в зацепление с соответствующим манипуляционным штифтом 132 анодного узла при опускании манипуляционной балки на анодный узел. Отказоустойчивое устройство предпочтительно представляет собой полуавтоматическое отказоустойчивое устройство, которое входит в зацепление с манипуляционными штифтами анодного узла при опускании на анодный узел, тем самым снижая риск падения анодного узла. Отказоустойчивые устройства 130 могут отключаться только тогда, когда анодный узел опирается на надстройку 44 электролитической ячейки 40.

Как показано на фиг. 4-6, устройство 100 может также содержать узел теплового укрытия 140, проходящий от внутренней поверхности опорной конструкции 110 и соприкасающийся с инертными анодами анодного узла, и предназначенный для изоляции анодного узла 10 с нескольких сторон, когда анодный узел находится во внутреннем пространстве 112. Узел теплового укрытия 140 может содержать несколько тепловых панелей 142, расположенных вертикально и горизонтально в пределах опорной конструкции для сопряжения с соответствующими вертикальными поверхностями инертных анодов 14, когда анодный узел 10 находится во внутреннем пространстве 112. Например, узел теплового укрытия может содержать огнеупорную футеровку 144. Кроме того, узел теплового укрытия может быть оснащен нагревательной системой, такой как электрические нагреватели, для нагрева или поддержания температуры предварительно нагретых инертных анодов, когда анодный узел находится во внутреннем пространстве.

На фиг. 6 показаны инертные аноды 14 анодного узла 10, окруженные тепловыми панелями 142 теплового укрытия 140, и нижние двери 116, также снабженные огнеупорной футеровкой 144. К тому же, опорная конструкция 110 определяет нижнюю горячую зону 146, содержащую инертные аноды 14 и в которой температура инертных анодов 14 поддерживается во время транспортировки устройства 100 в направлении ячейки (см. фиг. 2 или 9). Изолирующая конструкция 100 также выполнена с возможностью вентиляции верхней холодной зоны 148, расположенной во внутреннем пространстве 112 над анодным узлом 10 и нижней горячей зоной 144, чтобы поддерживать верхнюю холодную зону 148 при температуре более низкой, чем в горячей зоне. Например, когда температура в нижней горячей зоне составляет около 900°C, температура в верхней холодной зоне может составлять около 150°C.

На фиг. 6В показаны различные положения электрических изолирующих элементов 151-154 раздаточной коробки 100. В частности, первый электрический изолирующий элемент 151 может быть расположен между опорной конструкцией 110 и направляющими штифтами 118, второй электрический изоли-

рующей элемент 152 на верхней части узла привода 120, третий электрический изолирующий элемент 153 между узлом автоматического соединения 134 и опорной конструкцией 110, а также, возможно, четвертый электрический изолирующий элемент 154 для изоляции раздаточной коробки 100 от крана, например, совместно с манипуляционным крюком 160 в верхней части коробки. Этот четвертый элемент 154 также может быть частью основного поддерживающего моста или крана 30.

Как показано на фиг. 6-8, чтобы гарантировать вертикальное (ось z) и поперечное (оси x, y) выравнивание анодного узла с ячейкой 40, устройство 100 может дополнительно содержать направляющие штифты 118, которые фиксируют на соответствующие отверстия 119 надстройки электролитической ячейки 40, обеспечивая таким образом точную установку на ячейку. Направляющие штифты 118 могут перемещаться с помощью подвижных систем 117 для облегчения вставки штифтов в соответствующие им подходящие отверстия 119. Штифты 118 также выполнены с возможностью фиксации или вставки в подходящие отверстия 22 устройства предварительного кондиционирования 20, как показано на фиг. 8А.

Как показано на фиг. 7, узел привода 120 может дополнительно содержать узел автоматического соединения 134 для электрического соединения анодного узла 10 с электролитической ячейкой 40. Предпочтительно электрическое соединение является соединением высокой интенсивности (HI). Узел автоматического соединения 134 может содержать пневматический ключ, синхронизированную систему болтов и разъем(ы) большой силы тока.

Как показано на фиг. 8, устройство 100 и, в частности, опорная конструкция 110 выполнены с возможностью механического прикрепления к мостовому крану 30 для транспортировки.

В соответствии с другим аспектом настоящее изобретение относится к способу доставки анодного узла инертных анодов при заданной температуре в электролитическую ячейку для применения в производстве цветного металла, такого как, но без ограничения, алюминий. Можно сделать ссылку на чертежи, представленные на фиг. 2 и 8-11, а также на блок-схемы, представленные на фиг. 12-16.

Как показано на фиг. 2 и 12, способ 1000 обычно включает следующие стадии:

предварительный нагрев инертных анодов 14 анодного узла 10 до заданной температуры 1100, при этом анодный узел 10 расположен за пределами электролитической ячейки 40;

транспортировку анодного узла 10 в направлении электролитической ячейки, при этом поддерживая заданную температуру предварительно нагретых инертных анодов 1200; и

погружение предварительно нагретых инертных анодов анодного узла в ванну расплавленного электролита электролитической ячейки 1300.

Как показано на фиг. 8 или 13, стадию а) предварительного нагрева инертных анодов анодного узла 1100 выполняют внутри установки 20 предварительного кондиционирования, также называемой станцией предварительного кондиционирования, расположенной на некотором расстоянии от электролитической ячейки (фиг. 8А), 1110. Установка предварительного кондиционирования выполнена с возможностью приема анодного узла (фиг. 8А) и нагревания инертных анодов при заданной или предварительно определенной температуре, которая должна быть близка к температуре ванны расплавленного электролита 42 электролитической ячейки 40, в которую будут погружены инертные аноды. Для поддержки температуры инертных анодов во время транспортировки в направлении ячейки 40, способ к тому же предпочтительно дополнительно включает перед стадией b) 1120 стадию удаления анодного узла из устройства 20 предварительного кондиционирования анодного узла, при этом заключая анодный узел внутрь изолирующего транспортировочного устройства 100, выполненного с возможностью перемещения анодного узла в направлении электролитической ячейки, при этом поддерживая постоянными или почти постоянными заданные температуры инертных анодов.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, показанным на фиг. 8 и 14, стадия удаления анодного узла из устройства предварительного кондиционирования анодного узла и заключения анодного узла в изолирующее транспортировочное устройство 1120 может включать следующие стадии:

позиционирование изолирующего транспортировочного устройства 100 над анодным узлом 10, расположенным в устройстве 20 предварительного кондиционирования анода (см. фиг. 8А), например, с помощью крана 30 с тросом, прикрепленным к раздаточной коробке 1121;

опускание манипуляционной балки 122 из внутреннего пространства 112 изолирующего транспортировочного устройства на анодный узел (см. фиг. 8В) 1122;

соединение анодного узла с манипуляционной балкой 1223; и

подъем манипуляционной балки с присоединенным к ней анодным узлом из устройства предварительного кондиционирования 20 анодного узла во внутреннее пространство изолирующего транспортировочного устройства (фиг. 8С) 1224.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, как показано на фиг. 9 и 15, стадия транспортировки анодного узла 10 в направлении электролизера 40 при поддержании заданной температуры предварительно нагретых инертных анодов 1200 может включать следующие стадии:

подъем транспортировочного устройства с помощью крана 1210; и

управляемое перемещение крана 30 в направлении электролитической ячейки (фиг. 9 и 10), при этом температура инертных анодов 14 внутри транспортировочной коробки 1220 поддерживается, на-

пример, благодаря тепловому укрытию или другим устройствам, описанным в настоящем документе, для поддержания температуры постоянной.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, как показано на фиг. 8, 10 и 16, стадия погружения предварительно нагретых инертных анодов анодного узла в ванну расплавленного электролита электролитической ячейки 1300 включает:

позиционирование изолирующего транспортировочного устройства над электролитической ячейкой (см. фиг. 8C или 10A) 1310;

опускание анодного узла 10 из изолирующего транспортировочного устройства в электролитическую ячейку до тех пор, пока предварительно нагретые инертные аноды 14 не будут погружены в ванну расплавленного электролита (фиг. 8D или 10B) 1320;

механическое соединение анодного узла 10 с электролитической ячейкой 1330;

электрическое соединение инертных анодов 14 анодного узла 10 с электролитической ячейкой 1340; и

отсоединение анодного узла от изолирующего транспортировочного устройства 1350.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления стадия опускания анодного узла в тигель или ванну электролитической ячейки может включать стадию совмещения направляющих штифтов изолирующего транспортировочного устройства с соответствующими приемными отверстиями электролитической ячейки при опускании анодного узла в электролитическую ячейку с совмещенными направляющими штифтами.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления стадия электрического соединения инертных анодов анодного узла с электролитической ячейкой может включать пневматическое крепление болтами гибкой части анодного узла к анодной эквипотенциальной шине электролизера.

Как описано в настоящем документе, изолирующее транспортировочное устройство содержит опорную конструкцию и соединенный с ней узел привода, при этом узел привода содержит манипуляционную балку, выполненную с возможностью поддержки анодного узла и вертикального перемещения анодного узла. Следовательно, стадия отсоединения анодного узла от изолирующего транспортировочного устройства может включать стадию отсоединения анодного узла от манипуляционной балки. К тому же, способ может дополнительно включать последующее отсоединение анодного узла от манипуляционной балки, подъем манипуляционной балки в опорную конструкцию изолирующего транспортировочного устройства; и отведение изолирующего транспортировочного устройства от электролитической ячейки.

Как описано в настоящем документе, изолирующее транспортировочное устройство 100 содержит дверной узел 116 для герметизации отверстия 114, через которое анодный узел входит в изолирующее транспортировочное устройство и выходит из него. К тому же, способ может дополнительно включать:

при удалении анодного узла из устройства предварительного кондиционирования анодов и заключении анодного узла в изолирующее транспортировочное устройство:

(i) перемещение дверного узла в открытое положение;

(ii) подъем анодного узла во внутреннее пространство изолирующего транспортировочного устройства; и

(iii) закрытие дверного узла; и

при установке анодного узла в электролитическую ячейку:

(i) перемещение дверного узла в открытое положение; и

(ii) опускание анодного узла из внутреннего пространства изолирующего транспортировочного устройства в электролитическую ячейку.

Как показано на фиг. 11, после разгрузки анодного узла в электролитическую ячейку 40 коробка поднимается с помощью крана 30 для возвращения на станцию 20 предварительного кондиционирования для загрузки следующего анодного узла.

Подъемная балка для устройства для предварительного нагрева ячейки, или CPLB (Cell Preheater Lifting Beam).

Как было сказано выше, электролитические ячейки, работающие с инертными анодами, нуждаются в предварительном нагреве, как правило, с использованием устройства для предварительного нагрева ячейки, также называемого в настоящем документе как CP (cell pre-heater). Устройство для предварительного нагрева ячейки должно быть установлено в резервуар ячейки для предварительного нагрева ячейки, обычно содержащей сухой электролит, подлежащий расплавлению, а затем удалено из ячейки перед введением в ячейку предварительно нагретых анодов. Кроме того, несмотря на то, что инертные аноды не нужно удалять из ячейки так часто, как расходоуемые угольные аноды, отработанный анодный узел (spent anode assembly, SAA) необходимо время от времени извлекать для технического обслуживания и сразу же заменять новым предварительно нагретым анодным узлом (AA). Поэтому заявитель разработал устройство, называемое "подъемная балка для устройства для предварительного нагрева ячейки" или CPLB, аналогичное раздаточной коробке, описанной в настоящем документе, для безопасной и точной установки CP в ячейку, удаления того же CP из ячейки после предварительного нагрева ячейки. CPLB также можно использовать для удаления отработанного анодного узла (spent anode assembly, SAA)

из ячейки перед помещением нового предварительно нагретого анодного узла в ячейку с использованием передаточной коробки (transfer box, TB).

Фиг. 17 представляет собой схематический вид устройства для предварительного нагрева ячейки (CP), которое также было разработано заявителем. Устройство для предварительного нагрева ячейки 200 может содержать по меньшей мере один электрический нагреватель 210, содержащий по меньшей мере одно сопротивление, питаемое от электрической шины 220. CP 200 выполнено с возможностью установки в электролитической ячейке вместо соответствующего анодного узла для предварительного нагрева ячейки перед установкой соответствующего анодного узла в ячейку. Как описано далее в настоящем документе, электрическая шина 220 может содержать соединительные элементы 234 для соединения CPLB с CP и транспортировки CP. Этот пример CP раскрыт в предварительной заявке заявителя USSN: 63/018680, поданной 1 мая 2020 года в патентное ведомство США, содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки. Любые другие типы устройств для предварительного нагрева ячейки могут быть использованы без отступления от объема настоящего изобретения.

Фиг. 18 иллюстрирует перенос узла отработанных анодов (SAA) 50 из электролитической ячейки 40 (слева), при этом SAA электрически соединен с одинаковым потенциалом (символы (+) и (-)) ячейки с кареткой для перемещения за пределы здания для обслуживания 60 (справа).

Фиг. 19 иллюстрирует перенос устройства 200 для предварительного нагрева ячейки (CP) из электролитической ячейки 40 (слева) в каретку 60 (справа). Запуск ячейки требует удаления CP после нагрева ячейки до температуры, необходимой для проведения реакции электролиза. CP соединено перед эквипотенциалом ячейки (символ (+)) и за эквипотенциалом ячейки (символ (-)). После удаления CP помещают на каретку для перемещения за пределы здания. CP немедленно заменяют в ячейке новым анодным узлом, например, с использованием раздаточной коробки 100, как описано в настоящем документе.

Фиг. 20 представляет собой схематический открытый вид CPLB 300 в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления. Устройство 300 содержит опорную конструкцию 310, определяющую внутреннее пространство 312; узел привода 320, соединенный с опорной конструкцией 310 и выполненный с возможностью поддержки анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки. Как показано на фиг. 20, узел привода 320 может перемещаться вертикально между изолированным положением (левый чертеж), при котором устройство для предварительного нагрева ячейки или отработанный анодный узел будут расположены во внутреннем пространстве 312 опорной конструкции 310, как показано на фиг. 21 и 22, соответственно; и положением загрузки-разгрузки (фиг. 20, правый чертеж), при котором анодный узел или устройство для предварительного нагрева будут находиться за пределами опорной конструкции для загрузки анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки в узел привода, или разгрузки анодного узла или устройства для предварительного нагрева из узла привода.

Согласно предпочтительному варианту осуществления узел привода 320 CPLB содержит манипуляционную горизонтальную балку 322, выполненную с возможностью разъемного соединения с анодным узлом и вертикального перемещения устройства для предварительного нагрева ячейки или анодного узла во внутреннем пространстве. Узел привода 320 может содержать первый двигатель 324 и второй двигатель 326, поддерживаемые опорной конструкцией 310, при этом каждый двигатель соединен, соответственно, с подвижным элементом 325, расположенным на противоположных продольных концах манипуляционной балки 322, вдоль которого манипуляционная балка вертикально поднимается и опускается. Предпочтительно подвижный элемент 325 может содержать для каждого двигателя 324, 326 резьбовой стержень или цепь, приводимую в действие двигателем для подъема или опускания манипуляционной балки 322.

Как показано на фигурах 25 и 26, узел привода может дополнительно содержать отказоустойчивое подвесное устройство(а) 330 для разъемного зацепления и поддержки устройства для предварительного нагрева ячейки (фиг. 26) или анодного узла (фиг. 25). Отказоустойчивое подвесное устройство(а) 330 для CPLB может быть таким же, как отказоустойчивое подвесное устройство(а) 130 раздаточной коробки, как описано в настоящем документе. Отказоустойчивое подвесное устройство 330 входит в зацепление с соответствующим манипуляционным штифтом 332 устройства для предварительного нагрева ячейки 200 или (отработанного) анодного узла 50 при опускании узла привода на устройство для предварительного нагрева ячейки или анодный узел.

Фиг. 23 представляет собой схематический вид CPLB 300 в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, показывающий CPLB в его положении загрузки-разгрузки с SAA 50, прикрепленным к манипуляционной балке 322 узла активатора 320 (левый чертеж представляет собой вид спереди и правый чертеж представляет собой вид сбоку). Фиг. 24 представляет собой схематический вид CPLB 300 в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления, показывающий CPLB 300 в его положении загрузки-разгрузки с CP 200, прикрепленным к манипуляционной балке (левый чертеж представляет собой вид спереди, и правый чертеж представляет собой вид сбоку). Фиг. 25 представляет собой схематический открытый вид CPLB 300 в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления с манипуляционной балкой 322 в ее изолированном положении, поддерживаемой SAA 50, тогда как фиг. 26 представляет собой схематический открытый вид CPLB 300 в соответствии с предпочтительным ва-

риантом осуществления с манипуляционной балкой 322 в ее изолированном положении, поддерживающей CP 200.

Как показано на фиг. 25 и 26, устройство или CPLB 300 может дополнительно содержать тепловое укрытие 340, поддерживаемое опорной конструкцией 310, для защиты опорной конструкции от тепла, исходящего от устройства для предварительного нагрева, или отработанного анодного узла, когда устройство для предварительного нагрева или отработанный анодный узел удаляют из ячейки. Тепловые укрытия могут иметь огнеупорную футеровку. Могут быть использованы тепловые укрытия, описанные в настоящем документе для раздаточной коробки 100.

Как показано на фиг. 25-28, CPLB 300 дополнительно содержит систему автоматического соединения 334, выполненную с возможностью электрического соединения устройства 200 для предварительного нагрева ячейки с электролитической ячейкой 40, когда устройство для предварительного нагрева ячейки устанавливают в ячейку, или электрического отключения устройства для предварительного нагрева ячейки от электролитической ячейки перед удалением устройства для предварительного нагрева ячейки из электролитической ячейки. CPLB 300 может иметь две противоположные системы автоматического соединения 334, как показано на фиг. 25-27, для электрического соединения CP 200 с ячейкой 40. Фиг. 27 представляет собой схематический открытый вид устройства CPLB 300, поддерживающего CP 200 над электролитической ячейкой, при этом (А) и (В) показывают детали пары автоматических соединений 334 CPLB с электролитической ячейкой в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления. Когда CPLB 300 используют для удаления и транспортировки SAA, используется только одна из систем автоматического соединения 334 (см. фиг. 26), или CPLB имеет только одну систему автоматического соединения 334, как показано на фиг. 28. На фиг. 28 показан схематический открытый вид устройства CPLB, поддерживающего SAA над электролитической ячейкой, с (А) деталями одного автоматического соединения CPLB с электролитической ячейкой в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления.

Как показано на фиг. 25, опорная конструкция выполнена с возможностью вентиляции верхней зоны 313 опорной конструкции 312 для поддержания верхней зоны при более низкой температуре, чем нижняя горячая зона, содержащая устройство для предварительного нагрева ячейки или отработанные аноды анодного узла. Например, верхняя зона 313 над балкой 322 может быть открыта, обеспечивая естественную вентиляцию верхней зоны 313.

Способы использования CPLB.

На фиг. 29-32 показаны различные стадии использования CPLB 300 для перемещения CP 200 и его установки в ячейку, при этом на чертежах слева показан вид спереди, а на чертежах справа показан вид сбоку. На фиг. 29 показана первая стадия нависания CPLB 300 над кареткой 60, содержащей CP. На фиг. 30 показана вторая стадия соединения CPLB 300 с CP 200 в каретке 60. На фиг. 31 показана третья стадия подъема CPLB 300 и CP 200 с каретки 60 перед их перемещением к электролитической ячейке 40 для предварительного нагрева. На фиг. 32 показана четвертая стадия опускания CP из CPLB в электролитическую ячейку 40 после позиционирования CPLB над электролитической ячейкой 40. На второй стадии, описанной выше, CPLB точно располагают над электролитической ячейкой благодаря направляющим штифтам 318 (фиг. 32). Электрические соединения выполняются за счет взаимодействий между CPLB и системой автоматического соединения 334 в сопряжении с двумя электрическими модулями. Как показано на фиг. 32, CPLB можно использовать для размещения нескольких CP 200 в одной электролитической ячейке.

На фиг. 33-36 показаны различные стадии использования CPLB 300 для удаления и перемещения одного или нескольких CP 200 из ячейки после того, как каждый CP нагрел ячейку, при этом чертежи слева показывают вид спереди и чертежи справа показывают вид сбоку. На фиг. 33 показана первая стадия удаления CP 200 из электролитической ячейки 40 после того, как ячейка была нагрета с помощью CP. CPLB 300 располагают точно над электролитической ячейкой, содержащей CP, с помощью направляющих штифтов 318. Как показано на фиг. 34, балка 322 перемещается вниз до тех пор, пока не захватит и не заблокирует CP с помощью отказоустойчивого подвесного устройства (устройств) 330. Два электрических модуля отсоединяются от CP с помощью системы автоматического соединения 334. На фиг. 35 показана третья стадия подъема CPLB и CP из электролитической ячейки. На фиг. 36 показана четвертая стадия опускания и разгрузки CP из CPLB, расположенного над кареткой, для дальнейшего перемещения и обслуживания.

На фиг. 37-40 показаны различные стадии использования CPLB 300 для удаления отработанного анодного узла (SAA) из электролитической ячейки 40, при этом на чертежах слева показан вид спереди, а на чертежах справа показан вид сбоку. На фиг. 37 показана первая стадия, на которой CPLB 300 располагают точно над электролитической ячейкой 40, содержащей SAA, с помощью направляющих штифтов 318. На фиг. 38 показана вторая стадия удаления SAA из электролитической ячейки, на которой манипуляционную балку 322 CPLB 300 опускают перед захватом и блокировкой SAA, как описано выше для CP. SAA электрически отключают от ячейки, как описано выше для CP. На фиг. 39 показана третья стадия подъема CPLB 300 и SAA 50 из электролитической ячейки 40. Наконец, на фиг. 40 показана четвертая стадия позиционирования устройства CPLB 300, содержащего SAA 50, над кареткой 60 перед опус-

канием и разгрузкой SAA в каретку для дальнейшего перемещения и обслуживания.

На фиг. 41 показаны различные положения электрических изолирующих элементов CPLB в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления. Что касается раздаточной коробки 100, описанной в настоящем документе, электрические изолирующие элементы 351-354 могут быть расположены в различных положениях CPLB 300. В частности: первый электрический изолирующий элемент 351 может быть вставлен между опорной конструкцией 310 и направляющими штифтами 318, второй электрический изолирующий элемент 352 может быть установлен на верхней части узла привода 320, третий электрический изолирующий элемент 353 может быть установлен между узлом 334 автоматического соединения и опорной конструкцией 310, и четвертый электрический изолирующий элемент 354 может быть установлен для изоляции раздаточной коробки 100 от крана, например, в сочетании с манипуляционным крюком 360 в верхней части CPLB. Этот четвертый элемент 354 также может быть частью основного поддерживающего моста или крана 30 (см., например, фиг. 40). Пятые электрические изолирующие элементы 355 могут быть установлены на нижней поверхности манипуляционной балки 322, чтобы избежать любого электрического контакта или короткого замыкания нагревательного сопротивления CP во время соединения или отсоединения манипуляционной балки 322.

Комбинированное использование раздаточной коробки (ТВ) и подъемной балки для устройства для предварительного нагрева (CPLB) для обслуживания электролитической ячейки.

Фиг. 42 представляет собой блок-схему, иллюстрирующую способ в соответствии с предпочтительными вариантами осуществления, для запуска и технического обслуживания электролитической ячейки для производства цветного металла, при этом электролитическая ячейка выполнена с возможностью содержания N числа анодных узлов, где  $N \geq 1$ . Обычно ячейка может содержать до 17 анодных узлов.

Способ 2000 включает:

- a) установку N устройств для предварительного нагрева ячейки в ячейке вместо N анодных узлов 2100;
- b) предварительный нагрев ячейки с помощью N устройств для предварительного нагрева ячейки до достижения заданной температуры в ячейке 2200;
- c) заливку расплавленной электролитической ванны в ячейку и необязательно порции расплавленного металла 2300;
- d) удаление первого устройства для предварительного нагрева ячейки с помощью устройства для перемещения анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки за пределы электролитической ячейки, или CPLB, как определено в настоящем документе 2400;
- e) установку предварительно нагретого анодного узла вместо удаленного устройства для предварительного нагрева ячейки с помощью устройства для перемещения анодного узла за пределы электролитической ячейки, как определено в настоящем документе или ТВ, или в соответствии со способом доставки анодного узла инертных анодов при заданной температуре в электролитическую ячейку для применения в производстве цветного металла, как определено в настоящем документе 2500; и
- f) повторение (N-1) раз стадий d) 2400 и e) 2500 до тех пор, пока все устройства для предварительного нагрева ячейки не будут заменены на предварительно нагретые анодные узлы 2600.

Фиг. 43 представляет собой блок-схему, иллюстрирующую способ согласно предпочтительным вариантам осуществления, для замены отработанного анодного узла электролитической ячейки во время производства цветного металла, при этом ячейка содержит N анодных узлов, где  $N \geq 1$ , погруженных в ванну расплавленного электролита при заданной температуре. Обычно заданная температура, когда ванна с электролитом содержит оксид алюминия для производства алюминия, составляет от 750 до 1000°C, например, около 850°C.

Способ 3000 включает:

- a) удаление отработанного анодного узла из ячейки с помощью устройства для перемещения анодного узла или устройства для предварительного нагрева ячейки за пределы электролитической ячейки, или CPLB, как определено в настоящем документе, 3100; и
- b) сразу после стадии a) установку нового анодного узла, предварительно нагретого до заданной температуры, вместо удаленного отработанного анодного узла с помощью устройства для перемещения анодного узла за пределы электролитической ячейки, или передаточной коробки, как определено в настоящем документе, или в соответствии со способом доставки анодного узла инертных анодов при заданной температуре в электролитическую ячейку для применения в производстве цветного металла, как определено в настоящем документе 3200;

где стадии a) и b) выполняют, когда ячейка производит цветной металл; и

где стадии a) и b) повторяют для каждого отработанного анодного узла ячейки, подлежащего замене.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления способов 2000-3000 цветным металлом является алюминий, и N анодных узлов содержит множество инертных анодов. Более предпочтительно инертные аноды представляют собой вертикальные инертные аноды.

Предпочтительно, тепловая поддержка транспортировочного устройства или передаточной коробки

(ТВ) позволяет поддерживать однородность температуры анода и предотвращать тепловой удар при введении инертных анодов в горячую электролитическую ванну.

Существующее решение, используемое для традиционного процесса Холла-Эру, не применимо к процессу, использующему инертный анод, из-за другой конфигурации ячейки и анодного узла. Кроме того, это не отвечает ограничению, связанному с предотвращением теплового удара на аноде. Настоящее изобретение совместимо с конфигурацией ячейки с инертным анодом и анодного узла и решает проблему теплового удара.

Кроме того, ТВ и CPLB в соответствии с настоящим изобретением преимущественно используют совместно для эксплуатации электролитических ячеек, для запуска ячейки с использованием устройств для предварительного нагрева, и точной установки предварительно нагретых анодных узлов вместо устройств для предварительного нагрева ячейки, при этом сохраняя температуру ячейки и нагретых анодных узлов, избегая таким образом тепловых ударов. ТВ и CPLB в соответствии с настоящим изобретением преимущественно используют совместно для замены отработанного анодного узла на новый предварительно нагретый анодный узел, при этом сохраняя другие анодные узлы ячейки, производящей цветной металл. ТВ обеспечивает быстрые и точные механические и электрические соединения анодного узла в ячейке, что является важным требованием, когда инертные или выделяющие кислород аноды используют в течение длительного периода времени, по сравнению с расходными анодами, такими как угольные аноды. CPLB обеспечивает быструю и точную установку устройств для предварительного нагрева ячейки в ячейку, а также быстрое и безопасное удаление устройств для предварительного нагрева ячейки или отработанного анодного узла.

Описание настоящего изобретения представлено в целях иллюстрации, но не предполагается быть исчерпывающим или ограниченным раскрытыми вариантами осуществления. Многие модификации и варианты будут очевидны специалистам в данной области техники. Варианты осуществления были выбраны для объяснения принципов изобретения и его практического применения, а также для того, чтобы другие специалисты в данной области техники могли понять изобретение, чтобы реализовать различные варианты осуществления с различными модификациями, которые могут подходить для других предполагаемых применений.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для перемещения анодного узла за пределы электролитической ячейки, при этом анодный узел содержит множество инертных анодов, при этом устройство включает:

опорную конструкцию, определяющую внутреннее пространство;

узел привода, соединенный с опорной конструкцией и выполненный с возможностью поддержки анодного узла, при этом узел привода может перемещать анодный узел между:

изолированным положением, при котором анодный узел расположен во внутреннем пространстве опорной конструкции; и

положением загрузки-разгрузки, при котором анодный узел находится за пределами опорной конструкции для загрузки анодного узла в узел привода или разгрузки анодного узла из узла привода; и

тепловую систему, поддерживаемую опорной конструкцией, для поддержания температуры анодного узла, когда анодный узел находится во внутреннем пространстве.

2. Устройство по п.1, где узел привода дополнительно содержит систему электрической изоляции для электрической изоляции анодного узла от узла привода.

3. Устройство по п.1 или 2, где опорная конструкция определяет открытое дно, которое сообщается с внутренним пространством, при этом устройство дополнительно содержит:

дверной узел, подвижно соединенный с опорной конструкцией и функционирующий между открытым положением, позволяющим перемещать анодный узел между изолированным положением и положением загрузки-разгрузки, и закрытым положением, когда дверной узел закрывает открытое дно опорной конструкции.

4. Устройство по любому из пп.1-3, где узел привода содержит манипуляционную горизонтальную балку, выполненную с возможностью разъемного соединения с анодным узлом и вертикального перемещения анодного узла во внутреннее пространство.

5. Устройство по п.4, где узел привода содержит первый двигатель и второй двигатель, поддерживаемые опорной конструкцией, при этом каждый двигатель, соответственно, соединен с подвижным элементом, расположенным на противоположных продольных концах манипуляционной балки, вдоль которого манипуляционная балка вертикально поднимается и опускается.

6. Устройство по любому из пп.1-5, где узел привода содержит отказоустойчивое подвесное устройство для разъемного зацепления и поддержки анодного узла, при этом отказоустойчивое подвесное устройство входит в зацепление с соответствующим манипуляционным штифтом анодного узла при опускании узла привода на анодный узел.

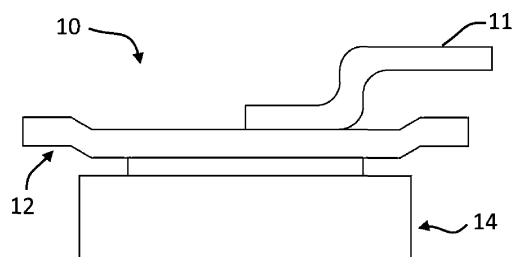
7. Устройство по любому из пп.1-6, где тепловая система содержит несколько тепловых укрытий, проходящих от внутренней поверхности опорной конструкции для соприкосновения с соответствующи-

ми поверхностями множества анодов, когда анодный узел находится во внутреннем пространстве, при этом тепловые укрытия при необходимости содержат огнеупорную футеровку.

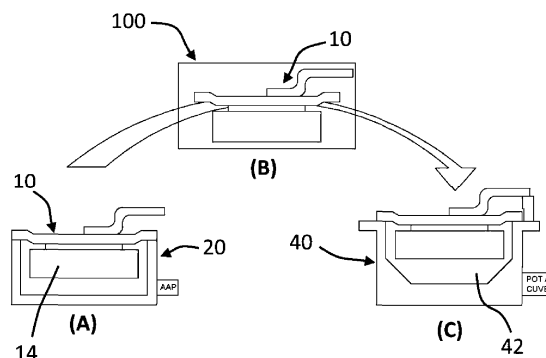
8. Устройство по любому из пп.1-7, дополнительно содержащее модуль электрического нагревателя для нагрева инертных анодов, когда анодный узел находится во внутреннем пространстве.

9. Устройство по любому из пп.1-8, дополнительно содержащее направляющие штифты, которые совмещаются с конструкцией электролитической ячейки для облегчения оперативной установки в нее анодного узла.

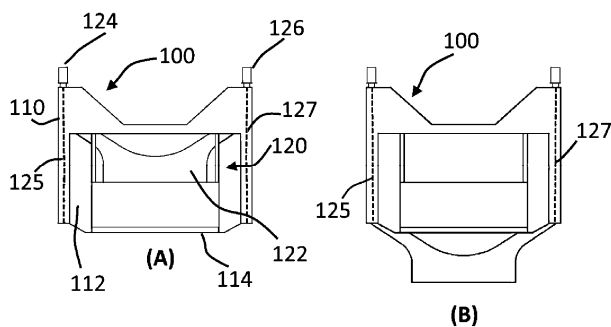
10. Устройство по любому из пп.1-9, где узел привода дополнительно содержит узел автоматического соединения для электрического соединения анодного узла с электролитической ячейкой, при этом узел автоматического соединения при необходимости содержит пневматический ключ и синхронизированную систему болтов.



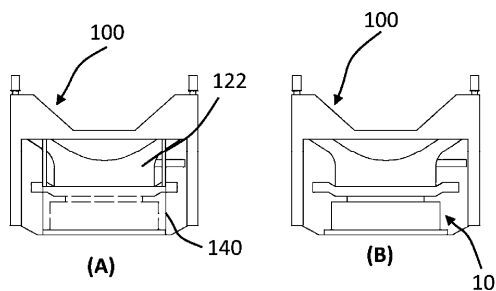
Фиг. 1



Фиг. 2

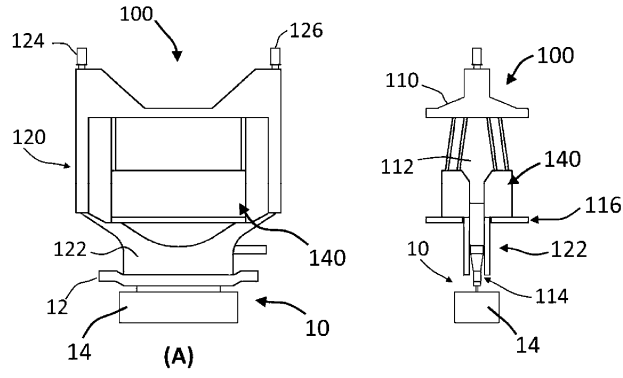


Фиг. 3

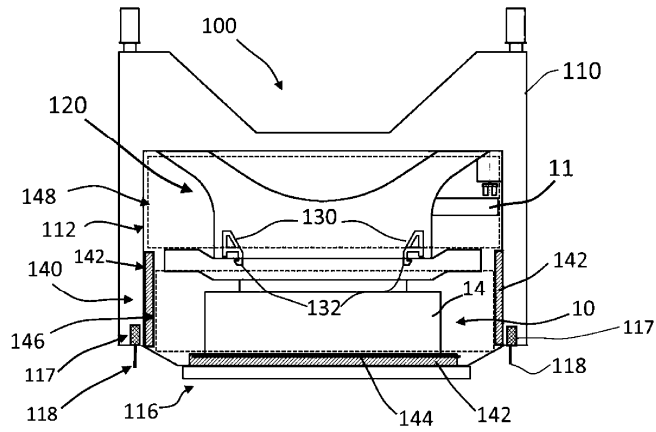


Фиг. 4

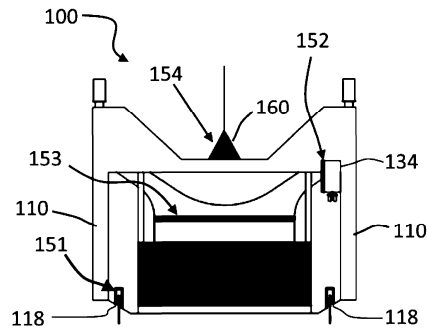




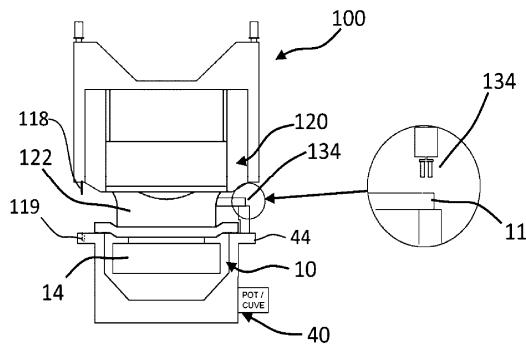
Фиг. 5



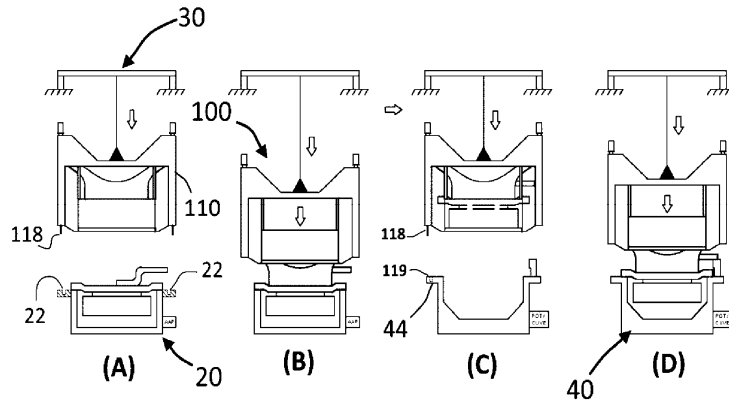
Фиг. 6



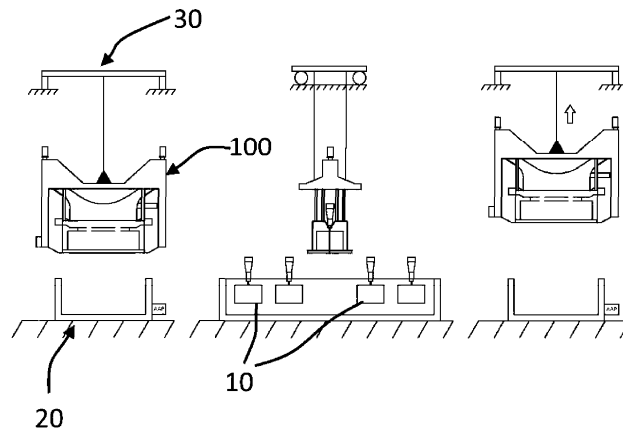
Фиг. 6B



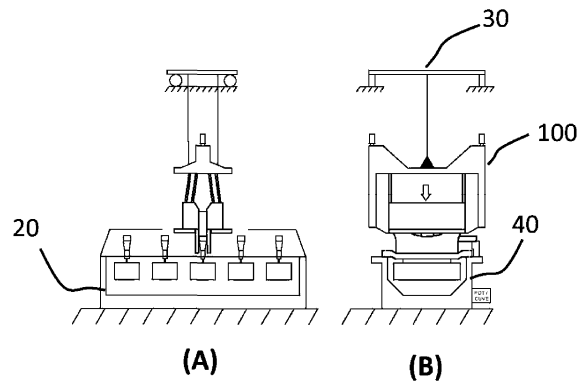
Фиг. 7



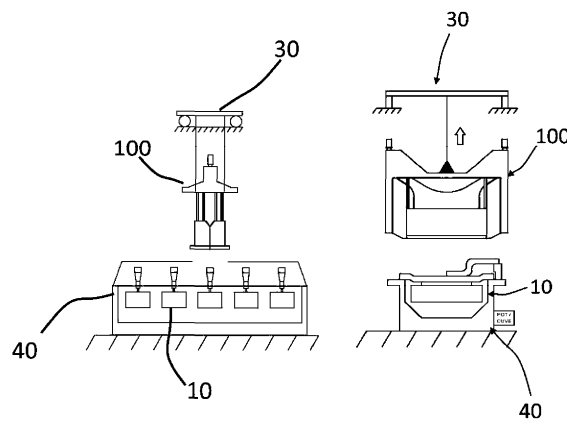
Фиг. 8



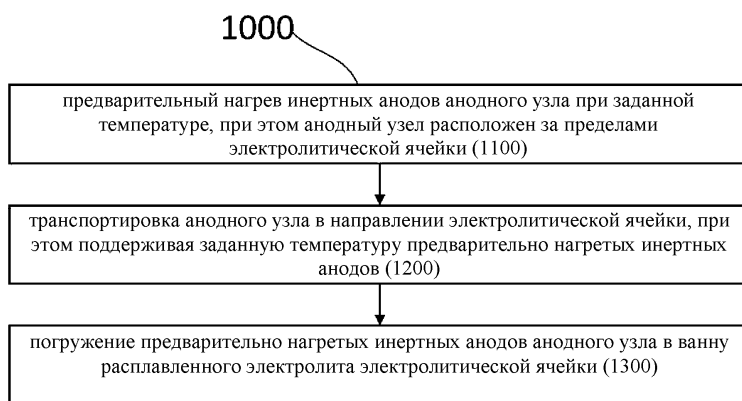
Фиг. 9



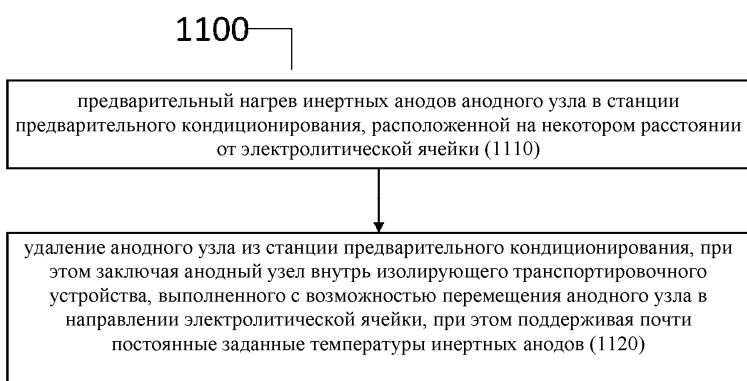
Фиг. 10



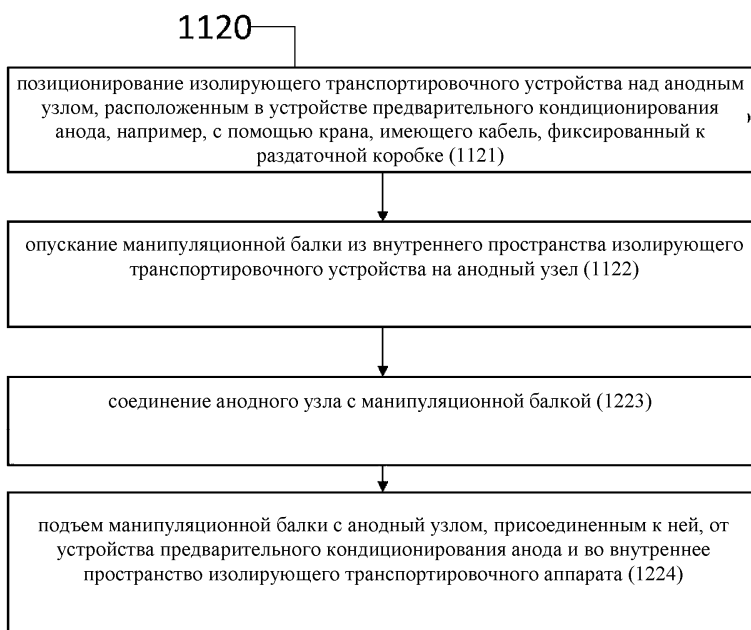
Фиг. 11



Фиг. 12



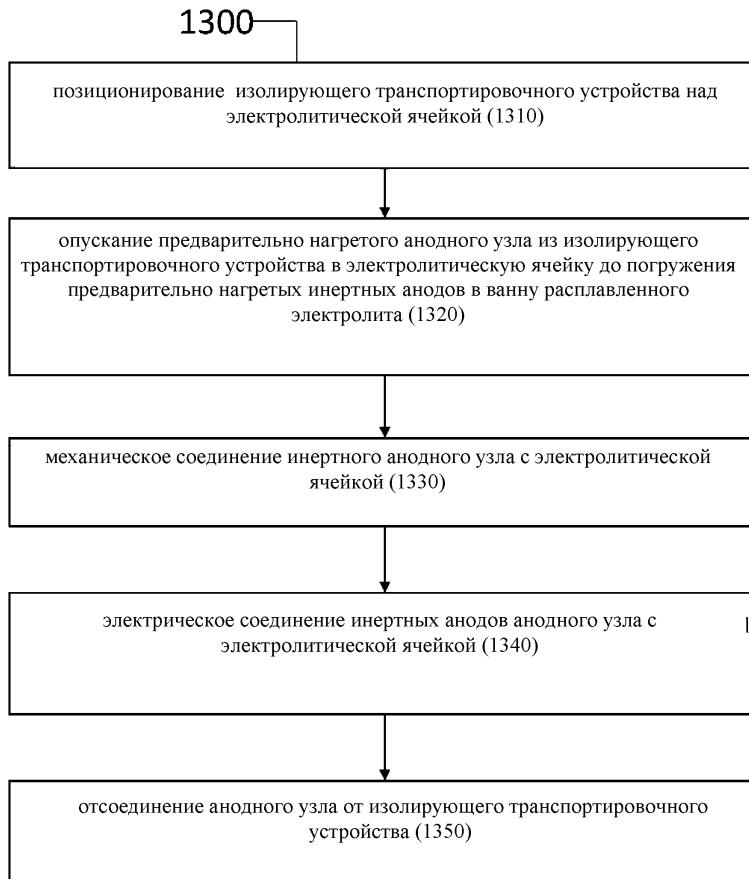
Фиг. 13



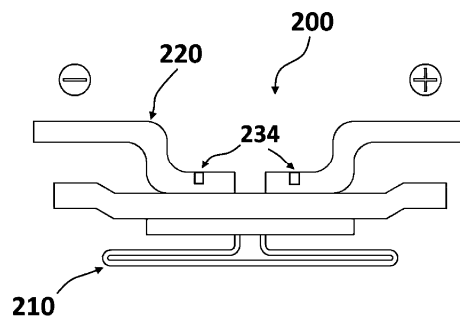
Фиг. 14



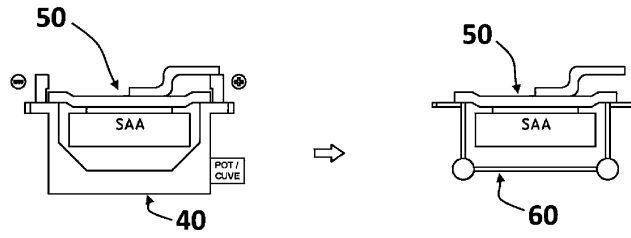
Фиг. 15



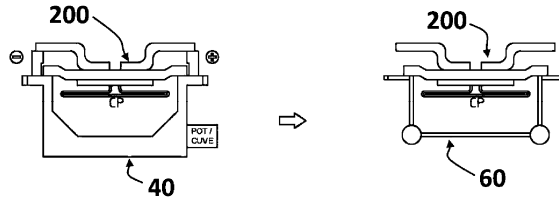
Фиг. 16



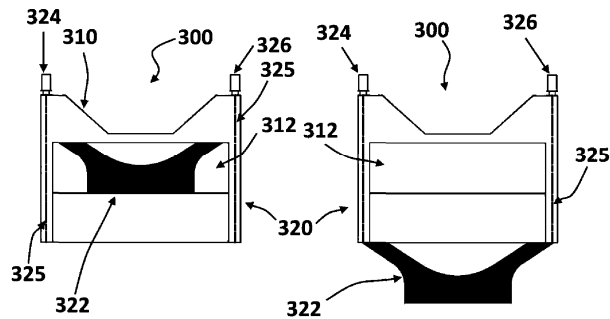
Фиг. 17



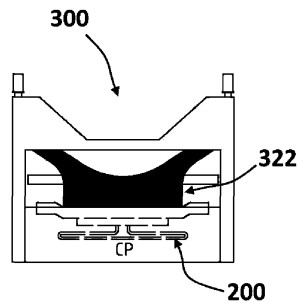
Фиг. 18



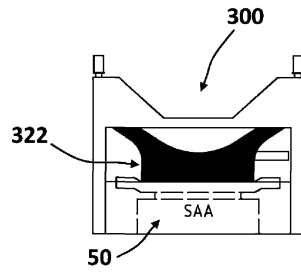
Фиг. 19



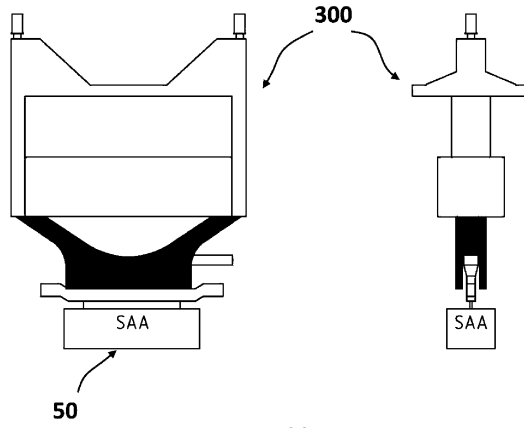
Фиг. 20



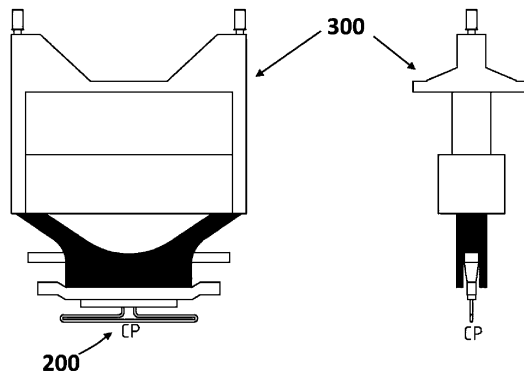
Фиг. 21



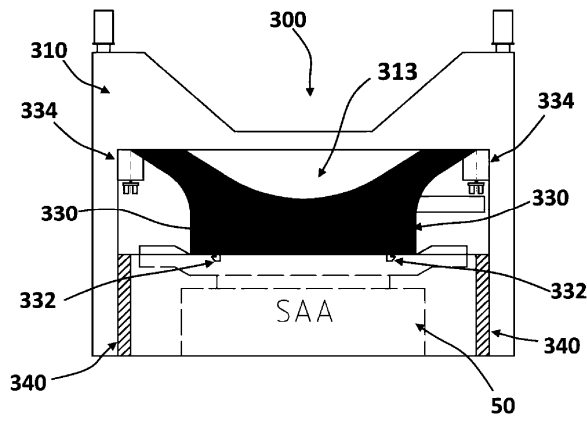
Фиг. 22



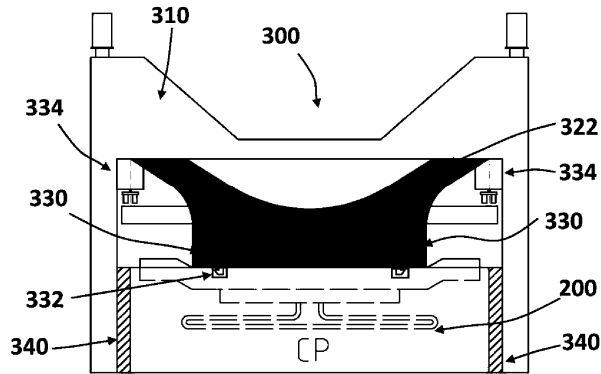
Фиг. 23



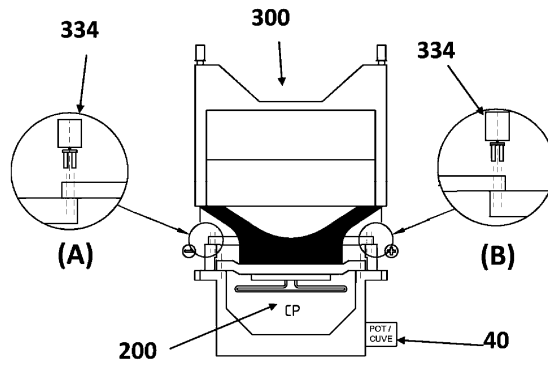
Фиг. 24



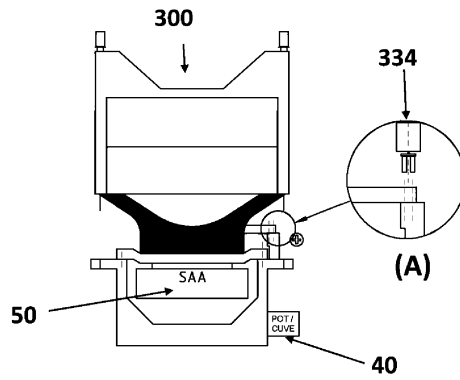
Фиг. 25



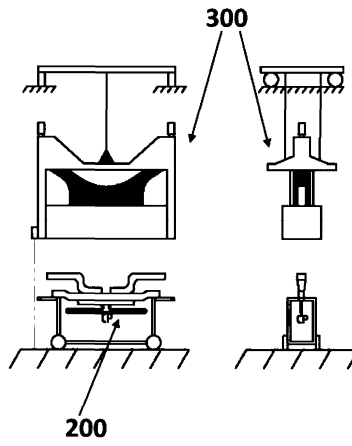
Фиг. 26



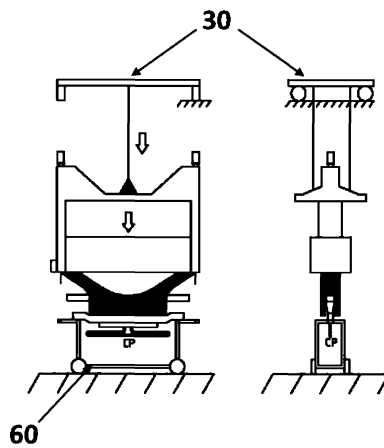
Фиг. 27



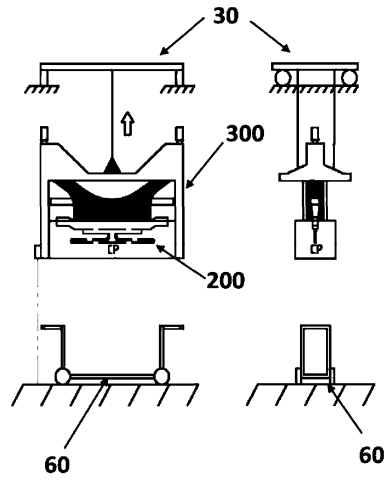
Фиг. 28



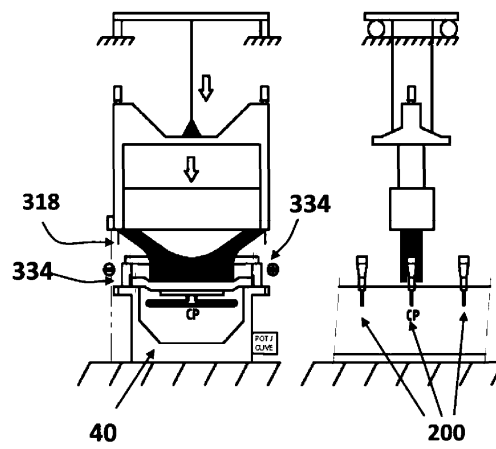
Фиг. 29



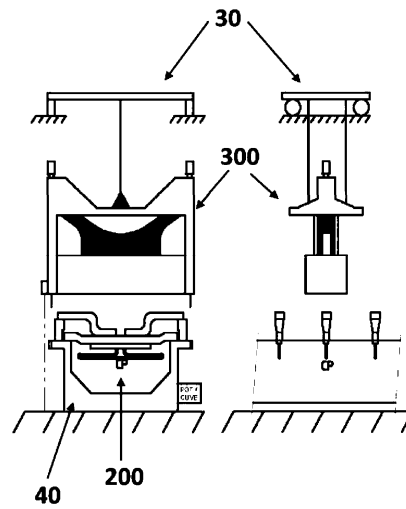
Фиг. 30



Фиг. 31

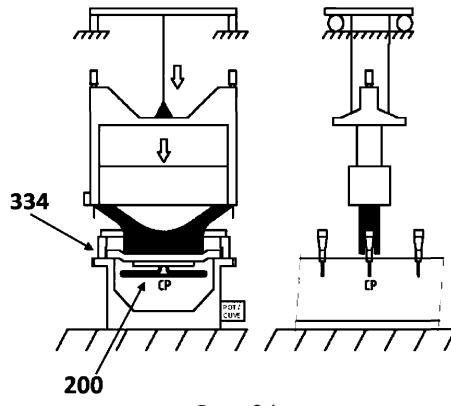


Фиг. 32

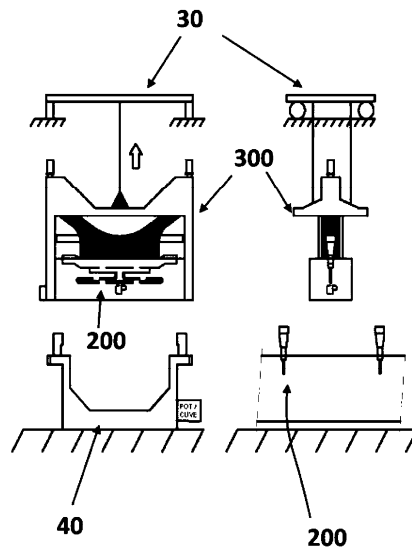


Фиг. 33

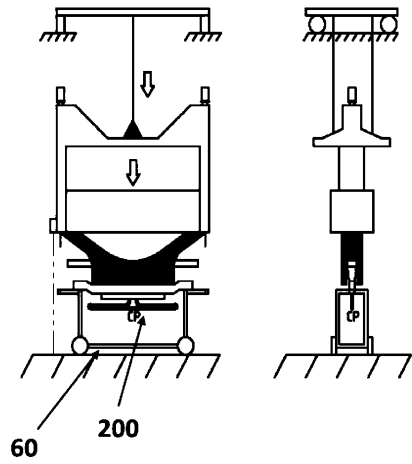




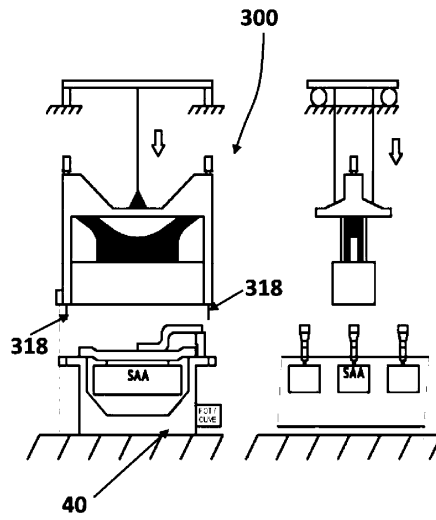
Фиг. 34



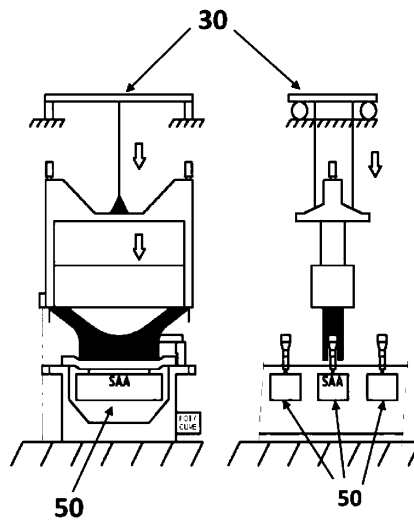
Фиг. 35



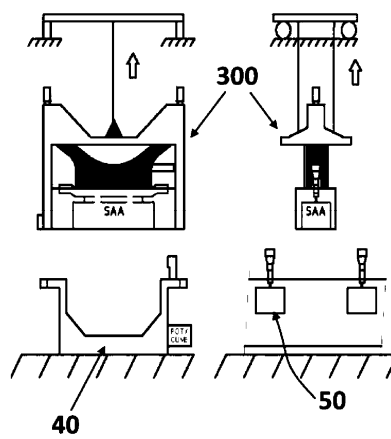
Фиг. 36



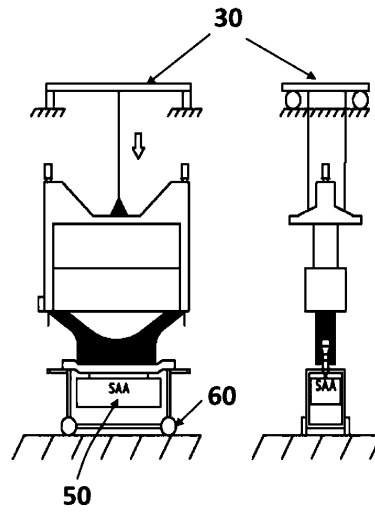
Фиг. 37



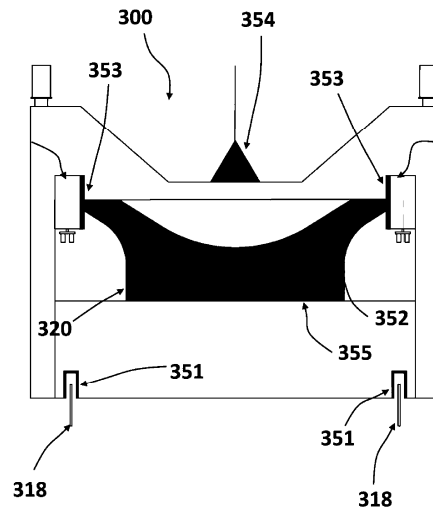
Фиг. 38



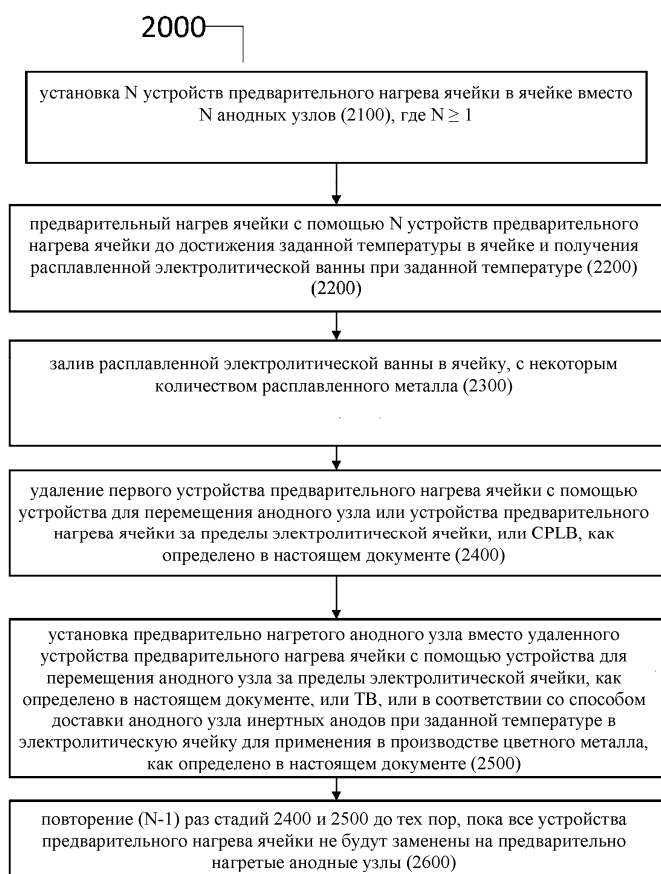
Фиг. 39



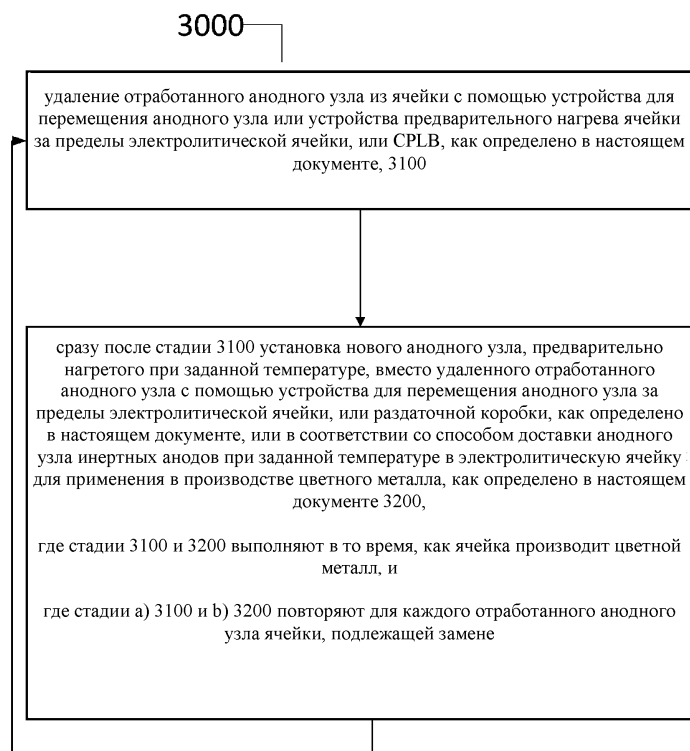
Фиг. 40



Фиг. 41



Фиг. 42



Фиг. 43

