

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202390749 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.06.02

(51) Int. Cl. *F28D 9/00* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.09.04

(54) ТЕПЛООБМЕННИК

(86) PCT/GB2020/052124

(87) WO 2022/049359 2022.03.10

(71) Заявитель:

КЛИН ПАУЭР ХАЙДРОДЖЕН ГРУП
ЛИМИТЕД (GB)

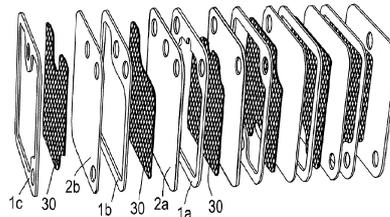
(72) Изобретатель:

Уилльямсон Найджел Дэвид Листер
(GB)

(74) Представитель:

Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатъев А.В., Дмитриев
А.В., Бучака С.М., Бельтюкова М.В.
(RU)

-
- (57) Теплообменник содержит ячейки, образованные стопкой чередующихся плоских направляющих поток пластин (1) и теплообменных пластин (2), причем каждая теплообменная пластина имеет по меньшей мере три сквозных отверстия (3, 4, 6), каждое из которых образует часть соответствующего одного из по меньшей мере трех проточных каналов для текучей среды в теплообменнике. Каждая направляющая поток пластина имеет сквозные отверстия, соответствующие по меньшей мере двум из указанных проточных каналов, и большее сквозное отверстие (5, 7, 8), выполненное с возможностью направления текучей среды в оставшемся проточном канале через поверхность теплообменных пластин, между которыми расположена направляющая пластина, причем каждая последующая направляющая пластина в стопке образует часть проточного канала, отличного от предыдущего проточного канала в стопке.



A1

202390749

202390749

A1

ТЕПЛООБМЕННИК

ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0001] Данное изобретение относится к теплообменнику, например, для использования в криогенной системе для разделения кислорода и водорода, полученных электролитическим способом.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0002] Эффективное и рентабельное производство водорода в качестве топлива для замены ископаемых видов топлива в последнее время набирает значительные обороты, что приводит к экспоненциальному росту спроса на технологии электролиза, которые являются надежными, рентабельными и эффективными. Например, улавливание солнечной энергии с помощью массивов фотоэлектрических элементов стало значительным источником электроэнергии во многих странах. Тем не менее, так как максимальная выработка энергии такими массивами фотоэлектрических элементов не всегда совпадает со спросом, возникает необходимость в хранении энергии. Использование аккумуляторов для хранения энергии является дорогостоящим и относительно неэффективным, а из-за их веса они не являются идеальным решением для автомобильных и железнодорожных транспортных средств, причем диапазон между зарядками является существенным ограничением. Так как подходящие места для установки массивов фотоэлектрических элементов с непрерывным солнечным светом и наличием земли не всегда находятся рядом с местами, где требуется электроэнергия, хранение энергии становится еще более важным вопросом.

[0003] Использование электроэнергии от солнечных батарей и т.п. для электролиза воды на водород и кислород обеспечивает производство водорода в качестве легко транспортируемого топлива, а также кислорода для использования, например, в промышленных процессах. Это может обеспечить размещение солнечных массивов вдали от населенных пунктов, на землях, которые получают сильный солнечный свет и непродуктивны в других отношениях.

[0004] Электролизные системы для получения газообразного водорода описаны в патентных документах WO2014/170337A1 и GB2515292A. Эти системы производят поток смешанного газа, который затем необходимо разделить, например, путем криогенной дистилляции кислорода. В патентном документе WO2015/118073A1 раскрыта альтернативная схема, в которой электролитические ячейки уложены друг на друга, а поток

электролита используется для переноса газов по отдельным контурам для текучей среды к соответствующим дегазационным установкам для удаления образовавшегося водорода или кислорода.

[0005] В случае получения потока смешанного газа, система криогенной дистилляции требует наличия теплообменника для использования охлажденных потоков водорода и кислорода для снижения температуры входящего потока смешанного газа. Теплообменник должен обладать следующими свойствами:

1. Обеспечение трех независимых и отдельных потоков (большинство из них являются двухпоточными установками),
2. Возможность работы при криогенных температурах (около 70К),
3. Устойчивость к давлению во время работы, при внутреннем давлении до 50 бар изб. (50мПа) или выше, при нахождении в вакуумной камере,
4. Возможность обеспечения турбулентного потока во всех потоках для обеспечения максимальной теплопередачи от потока к потоку,
5. Обеспечение способности выдерживать внутренний взрыв газов внутри указанной системы,
6. Полная герметичность при перепадах давления и температуры,
7. Относительно простое производство,
8. Низкая стоимость производства.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0006] Согласно изобретению предложен теплообменник, содержащий ячейки, образованные стопкой чередующихся плоских направляющих поток пластин и теплообменных пластин, причем каждая теплообменная пластина имеет по меньшей мере три сквозных отверстия, каждое из которых образует часть соответствующего одного из по меньшей мере трех проточных каналов для текучей среды в теплообменнике, а каждая направляющая пластина имеет сквозные отверстия, соответствующие по меньшей мере двум из указанных проточных каналов, и большее сквозное отверстие, выполненное с возможностью направления текучей среды в оставшемся проточном канале через поверхность теплообменных пластин, между которыми расположена направляющая пластина, причем каждая последующая направляющая пластина в стопке образует часть проточного канала, отличного от предыдущего проточного канала в стопке.

[0007] По меньшей мере некоторые из указанных ячеек могут содержать вызывающий турбулентность решетчатый элемент. Решетчатый элемент может представлять собой сварную или тканую сетчатую вставку в указанной ячейку, или он

может представлять собой образование на поверхности по меньшей мере одной из теплообменных пластин, между которыми образована указанная ячейка.

[0008] Пластины предпочтительно выполнены из нержавеющей стали и предпочтительно соединены вместе с помощью медного припоя. Указанной нержавеющей сталью может быть нержавеющая сталь марки 316L, которая имеет коэффициент линейного теплового расширения, аналогичный коэффициенту линейного теплового расширения меди. Пластины могут быть в целом прямоугольными в плане, но возможно использование и других внешних форм.

[0009] Указанная стопка пластин зажата между парой торцевых пластин, которые имеют сквозные проточные соединения.

[0010] Указанные ячейки в стопке не обязательно должны быть поровну разделены между тремя проточными каналами. Например, может потребоваться, чтобы обратный канал для кислорода был длиннее, чем обратный канал для водорода, так как теплопроводность кислорода меньше, чем теплопроводность водорода. В качестве варианта или дополнительно, внутреннее расположение ячеек может быть различным для учета разной теплопроводности.

[0011] Может потребоваться изменение ориентации ячеек вдоль стопки для изменения направления потока через поверхность теплообменных пластин в каждом из проточных каналов по длине стопки.

[0012] Также теплообменник согласно изобретению может быть выполнен с возможностью работы с более чем тремя проточными каналами, что обеспечивает его использование при отделении нескольких газов от потока смешанного газа, например, он может использоваться в устройстве для отделения водорода и кислорода, например, получаемых при гидролизе воды.

[0013] Соответственно, другой аспект изобретения относится к устройству для отделения водорода и кислорода из потока смешанного газа, содержащему впускное отверстие для смешанного газа, соединенное с конденсационным змеевиком, по меньшей мере частично погруженным в жидкий азот в изолированном контейнере, резервуар для жидкого кислорода, соединенный с конденсационным змеевиком, выпускное отверстие для газообразного водорода из резервуара для жидкого кислорода, клапан управления потоком кислорода, соединенный с резервуаром для жидкого кислорода, и теплообменник по любому из предыдущих пунктов, причем впускное отверстие для смешанного газа соединено с первым проточным каналом в теплообменнике, выпускное отверстие для газообразного водорода соединено со вторым проточным каналом в теплообменнике, а

клапан управления потоком кислорода соединен с третьим проточным каналом в теплообменнике.

[0014] Теплообменник предпочтительно установлен в вакуумной камере над контейнером для жидкого азота.

[0015] Поток смешанного газа может быть получен в результате разложения воды электролизом.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0016] На чертежах, иллюстрирующих варианты выполнения изобретения:

Фиг.1 изображает один пример последовательности пластин, используемых в теплообменнике согласно изобретению;

Фиг.2 изображает вид в аксонометрии полного теплообменника, содержащего пластины показанного на Фиг.1 типа;

Фиг.3 изображает вид в разобранном состоянии последовательности пластин согласно другому варианту выполнения перед сборкой в теплообменник;

Фиг.4 изображает вид устройства для разделения газа, содержащего теплообменник согласно изобретению; и

Фиг.5 и 6 изображают альтернативную последовательность пластин по сравнению с показанной на Фиг.1.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ПРОИЛЛЮСТРИРОВАННЫХ ВАРИАНТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ

[0017] Как показано на Фиг.1, теплообменник образован из ряда тонких пластин двух общих типов - направляющих поток пластин 1 (как правило, толщиной от 1,5 мм до 2,5 мм) и теплообменных пластин 2 (как правило, толщиной от 0,5 мм до 1,5 мм), уложенных поочередно. В варианте выполнения, проиллюстрированном на чертеже, имеются три разные направляющие поток пластины 1a, 1b и 1c и три разные теплообменные пластины 2a, 2b и 2c, каждая из которых имеет сквозные отверстия, причем каждое отверстие образует часть одного из трех проточных каналов для текучей среды через теплообменник. На чертеже отверстия, относящиеся к трем проточным каналам, обозначены соответственно черными, серыми и белыми кругами. На Фиг.1 показана последовательность из двенадцати пластин в стопке, но количество этим не ограничено; как правило, теплообменник может содержать 48 ячеек для потока небольшого объема и до 200 или более ячеек для более крупных систем. Если рассматривать пластины в показанной последовательности (которая приведена для примера, допустимы и другие варианты), то

первая направляющая поток пластина 1а выполнена в виде в целом квадратной рамы с закругленными углами, при этом все пластины имеют одинаковую внешнюю форму. Одна краевая часть рамы расширена для расположения отверстия 3, образующего часть второго канала в одном углу рамы, и отверстия 4, образующего часть третьего проточного канала в другом углу. Зона 5 внутри рамы имеет форму, позволяющую выравнивать отстоящие друг от друга впускное отверстие и выпускное отверстие для первого проточного канала, показанные в виде черных кругов, а направление потока между ними указано стрелкой, но впускное отверстие и выпускное отверстие фактически не образуют часть пластины 1а.

[0018] Следующая пластина 2а в стопке представляет собой теплообменную пластину, имеющую три сквозных отверстия 3, 4 и 6, смежные с одним краем пластины, при этом отверстия 3 и 4 выровнены с отверстиями 3 и 4 в направляющей поток пластине 1а, когда пластины уложены в стопку, и другое отверстие 6 открыто с одной стороны в зону 5 первой направляющей поток пластины 1а, и таким образом образована часть первого проточного канала через теплообменник.

[0019] Направляющая поток пластина 1b является третьей пластиной в стопке и имеет форму рамы с краевой частью, расширенной для размещения отверстий 3 и 6, совмещенных с отверстиями 3 и 6 в предшествующей теплообменной пластине 2а. Открытая зона 7, охватываемая рамой, находится в сообщении с отверстием 4 в теплообменной пластине 2а, обеспечивая протекание газа через поверхность пластины к отверстию 4 в следующей теплообменной пластине 2b, расположенному смежно с противоположным углом квадратной формы, от отверстия 4 в предыдущей теплообменной пластине.

[0020] Третья направляющая поток пластина 1с выполнена в виде рамы, имеющей отверстие 6, расположенное по центру одной стороны рамы в выступе в раме, и отверстие 4 в углу противоположной стороны рамы, которая расширена соответствующим образом для его размещения. Открытая зона 8 рамы находится в сообщении с отверстием 3 предыдущей теплообменной пластины 2b и с отверстием 3 в противоположном углу третьей теплообменной пластины 2с, которая имеет отверстие 6, соответствующее отверстию в третьей направляющей поток пластине 1с, и отверстия 3 и 4 в двух противоположных углах.

[0021] Затем та же последовательность направляющих поток пластин 1 и теплообменных пластин 2 повторяется в следующих шести пластинах, но пластины перевернуты так, что направления потоков через поверхности теплообменных пластин изменены на противоположные относительно первых шести пластин. Следующие шесть

пластин повторяют схему первых шести, и данная схема повторяется во всей стопке. Таким образом видно, что в данной конкретной конфигурации необходимо выполнение только трех разных конструкций направляющих поток пластин и трех разных конструкций теплообменных пластин.

[0022] В зависимости от скорости потока газов, количество ячеек в теплообменнике может существенно изменяться.

[0023] На Фиг.2 показана стопка пластин, собранная между двумя торцевыми пластинами 20 и 21, с выравнивающими штифтами 22, проходящими между ними для удержания пластин на одной линии, и резьбовыми стяжными шпильками 23 и гайками 24 для зажима всего узла. На каждой торцевой пластине 20 и 21 выполнены соединительные втулки 25, 26 и 27 для соединения трех проточных каналов в теплообменнике с внешними трубами для газового потока.

[0024] В теплообменнике данной конструкции используются материалы, имеющие очень близкие коэффициенты линейного теплового расширения, для предотвращения напряжений, которые в противном случае возникают при циклическом температурном воздействии и градиентах по длине теплообменника. Для этого в конструкции теплообменника используются компоненты из нержавеющей стали марки 316L, а между всеми компонентами конструкции содержится высокотемпературное медное паяное соединение. И нержавеющая сталь марки 316L, и медь имеют коэффициент линейного теплового расширения около $16 \times 10^{-6} \text{ мм/}^\circ\text{C}$, что делает их идеальными для совместного использования в данных приложениях.

[0025] Для того чтобы указанная установка работала при давлениях, которые могут потребоваться для системы производства водорода, теплообменник должен иметь стенки подходящей толщины. Это требование еще более усилено необходимостью противостояния взрыву в любой точке газотранспортной системы для противостояния связанным радиальным направленным наружу усилиям.

[0026] Аналогично, указанная установка должна быть сконструирована с возможностью выдерживания линейных усилий разделения ячеек в таких условиях. Для этого требуется значительная площадь высокопрочного паяного соединения на каждом стыке в установке, чему способствуют торцевые пластины значительной толщины и стяжные шпильки. Между каждой направляющей поток пластиной и каждой теплообменной пластиной помещена предварительно сформованная медная фольга, которая образует высокопрочные соединения между пластинами из нержавеющей стали при высокотемпературной вакуумной пайке, в ходе которой установка окончательно

соединена.

[0027] Соединители на каждом конце каждого газового канала должны выдерживать описанные выше давления и скачки давления без разрушения. Это, в свою очередь, требует, чтобы соединение между торцевой пластиной теплообменника и каждым соединителем имело такую же высокую целостность. Такие соединители могут иметь резьбовую или трубчатую конструкцию, в зависимости от технологий сопряжения.

[0028] Для улучшения теплообмена ячейки могут содержать решетчатый элемент из металла, через который газ может свободно проходить, создавая при этом большую турбулентность. Этот решетчатый материал может быть в виде сварной или тканой сетки, или он может быть непосредственно наложен на профиль пластины ячейки. Как показано на Фиг.3, сформованные вставки 30 выполнены из сетки из нержавеющей стали, которая может быть сварной или тканой. В качестве варианта, теплообменные пластины могут иметь форму, заданную прессованием или штамповкой для получения того же результата.

[0029] Данные вставки имеют тройную функцию:

a. Они создают турбулентный поток газов, проходящих через их профиль, тем самым увеличивая потенциал для передачи тепловой энергии,

b. Они создают дополнительную зону поверхности для газов для улучшения теплообмена, и

c. Они обеспечивают устойчивость к деформации теплообменных пластин в случае значительного перепада давления между ячейками.

[0030] При необходимости ориентация коллекторов потоков в стопке может быть изменена для обеспечения возможности сборки в конкретных условиях. Дополнительным преимуществом такой компоновки является то, что возможна вариация количества ячеек в данном потоке газа для учета различий в скорости теплопередачи от текучей среды к текучей среде, независимо от того, является ли текучая среда газообразной или жидкой.

[0031] Как показано на Фиг.4, одна конфигурация криогенной системы, использующей теплообменник согласно изобретению, включает сосуд 40 Дьюара, содержащий жидкий азот. Сосуд 40 имеет холодную головку 41 для поддержания низкой температуры в сосуде известным способом. По меньшей мере большая часть конденсационного змеевика 42 погружена в жидкий азот и проходит в резервуар 43 для жидкого кислорода. Водород, который остается в газообразном состоянии, направляется непосредственно к первому из впускных отверстий в теплообменник 44, который установлен в вакуумной камере 45, расположенной над сосудом 40. Резервуар 43 для жидкого кислорода с помощью трубы 46 находится в сообщении с управляющим потоком

клапаном 47 в вакуумной камере 45, а выходящий из него газообразный кислород направляется ко второму из впускных отверстий в теплообменник. Поток смешанного газа из электролизера вводится в третий проточный канал теплообменника на его противоположном конце.

[0032] Размещение установки такой конструкции в вакуумной камере обеспечивает эффективный обмен тепловой энергией, причем один конец установки находится при температуре, близкой к температуре окружающей среды, а другой - при криогенной температуре от 70К до 90К (от $-203,15^{\circ}\text{C}$ до $-183,15^{\circ}\text{C}$). Один пример системы, в которой содержится теплообменник согласно изобретению, показан на Фиг.4, в котором сосуд Дьюара с жидким азотом находится в охлажденном состоянии с помощью охлаждающей головки. В жидкий азот (LN) погружен резервуар для сбора кислорода. Так как кислород получает энергию охлаждения от жидкого азота, охлаждающая головка поддерживает температуру.

[0033] Теплообменник, описанный выше, находится в вакуумной камере над сосудом Дьюара, и потоки водорода и кислорода поступают в его нижнюю часть, а поток смешанного газа - в его верхнюю часть. По мере прохождения потоков от ячейки к ячейке обеспечена передача тепловой энергии, причем входящий поток охлажден примерно до 70-90 К, а выходящие потоки нагреты примерно до температуры окружающей среды, что обеспечивает снижение необходимой для поддержания температуры жидкого азота в сосуде Дьюара мощности до абсолютного минимума. Это обеспечивает оптимизацию эффективности сквозного процесса производства водорода и кислорода путем электролитического разложения воды.

[0034] Другие конструкции и схемы трехпоточного теплообменника могут быть получены из установки, описанной выше. Критически, данная заявка охватывает использование соответствующего вышеуказанным критериям теплообменника в сочетании с криогенной системой.

[0035] На графике ниже показано, что поток смешанного газа поступает в теплообменник сверху и проходит через него вниз, охлаждаясь по мере прохождения от ячейки к ячейке. Конденсационный змеевик, расположенный в жидком азоте, окончательно охлаждает поток газа, обеспечивая дистилляцию 99%+ кислорода, который собирается в резервуаре для кислорода у дна сосуда Дьюара.

[0036] Жидкий кислород вытесняется обратно из резервуара для O_2 под действием перепада давления между входящим и выходящим потоками газа и проходит через клапан управления потоком жидкого O_2 , после чего он поступает в нижнюю часть теплообменника.

[0037] Схожим образом, поток водорода выходит из верхней части резервуара O_2 и далее проходит через теплообменник. Для процесса сжижения возможно использование других конструкций криогенных систем, для чего для оптимизации эффективности потребуется трехпоточный теплообменник.

[0038] В расположении ячеек, показанном на Фиг.5 и 6, используются четыре различные внутренне сформованные направляющие поток пластины 50a, 50b, 50c и 50d и три теплообменные пластины 51a, 51b и 51c (одна из которых используется дважды в каждой группе из четырех ячеек). Поток смешанного газа показан черными отверстиями и стрелками, поток кислорода - серыми отверстиями и стрелками, а поток водорода - белыми отверстиями. На Фиг.6 показана последовательность пластин, образующих группу ячеек, причем теплообменные пластины 51 размещены над направляющими поток пластинами 50, показанными непосредственно слева от них на чертеже, а первые в следующем ряду размещены непосредственно на последних в предыдущем ряду. Каждая направляющая поток пластина выполнена в виде рамы с тканой сетчатой вставкой 52 в раме и отверстиями 53, 54, 55 в раме, образующими отдельные проточные каналы. Таким образом, направляющая поток пластина 50a имеет отверстие 53, образующее часть проточного канала для кислорода, и отверстие 54, образующее часть проточного канала для водорода, в то время как область внутри рамы направляет поток смешанного газа через поверхность смежной теплообменной пластины 51a. Теплообменная пластина 50a имеет три сквозных отверстия 53, 54 и 55, причем через центральное отверстие 55 проходит поток смешанного газа, который проходит через выровненные отверстия 55 в следующих двух пластинах 50b и 51b перед поступлением в область, образованную следующей направляющей поток пластиной 50a в последовательности, повернутой на 90° относительно первой, так что поток смешанного газа проходит через нее в обратном направлении. Схожим образом, поток кислорода проходит через ячейку, образованную направляющей поток пластиной 50b, а затем проходит через направляющую поток пластину 50d в противоположном направлении. Из Фиг.6 показано, что в образованной таким образом последовательности из восьми ячеек поток кислорода обменивается теплом с потоком смешанного газа, а водород просто проходит через отверстия 54 без передачи своей тепловой энергии. Таким образом, группы ячеек могут быть выполнены так, чтобы в общем теплообменнике было меньше ячеек, через которые проходит водород, чем тех, через которые проходит кислород, так что теплообмен от потока кислорода, который имеет более низкую теплопроводность, чем водород, уравнивает теплообмен от водорода.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Теплообменник, содержащий ячейки, образованные стопкой чередующихся плоских направляющих поток пластин и теплообменных пластин, причем каждая теплообменная пластина имеет по меньшей мере три сквозных отверстия, каждое из которых образует часть соответствующего одного из по меньшей мере трех проточных каналов для текучей среды в теплообменнике, а каждая направляющая поток пластина имеет сквозные отверстия, соответствующие по меньшей мере двум из указанных проточных каналов, и большее сквозное отверстие, выполненное с возможностью направления текучей среды в оставшемся проточном канале через поверхность теплообменных пластин, между которыми расположена направляющая поток пластина, при этом каждая последующая направляющая поток пластина в стопке образует часть проточного канала, отличного от предыдущего проточного канала в стопке.

2. Теплообменник по п.1, в котором по меньшей мере некоторые из указанных ячеек содержат вызывающий турбулентность решетчатый элемент.

3. Теплообменник по п.2, в котором решетчатый элемент представляет собой сварную или тканую сетчатую вставку в ячейке.

4. Теплообменник по п.2, в котором решетчатый элемент представляет собой образование на поверхности по меньшей мере одной из теплообменных пластин, между которыми образована ячейка.

5. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, в котором пластины выполнены из нержавеющей стали.

6. Теплообменник по п.5, в котором пластины соединены между собой с помощью медного припоя.

7. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, в котором пластины в плане имеют прямоугольную форму.

8. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, содержащий пару торцевых пластин, между которыми зажата указанная стопка пластин, причем торцевые пластины имеют сквозные проточные соединения.

9. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, в котором ячейки в стопке не разделены поровну между тремя проточными каналами.

10. Теплообменник по п.4, в котором направление потока через поверхность теплообменных пластин в каждом из указанных проточных каналов изменяется по длине стопки.

11. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, содержащий от 48 до 200 ячеек.

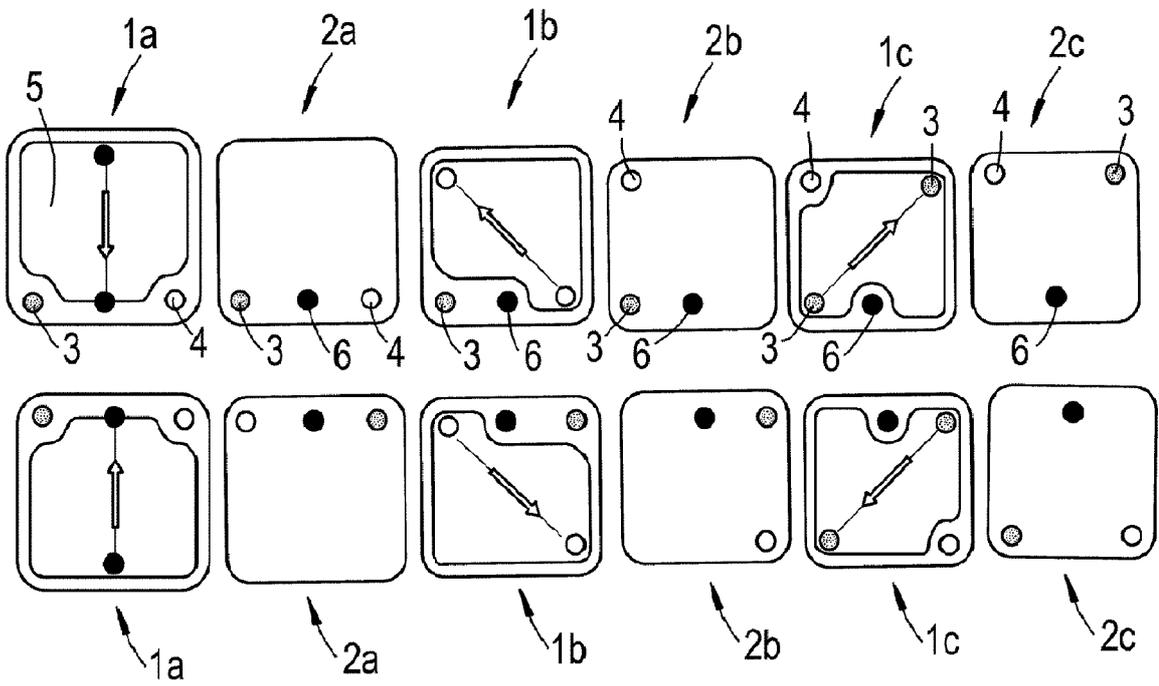
12. Теплообменник по любому из предыдущих пунктов, имеющий три сквозных проточных канала.

13. Устройство для отделения водорода и кислорода из потока смешанного газа, содержащее впускное отверстие для смешанного газа, соединенное с конденсационным змеевиком, по меньшей мере частично погруженным в жидкий азот в изолированном контейнере, резервуар для жидкого кислорода, соединенный с конденсационным змеевиком, выпускное отверстие для газообразного водорода из конденсационного змеевика, клапан управления потоком кислородом, соединенный с резервуаром для жидкого кислорода, и теплообменник по п.12, причем впускное отверстие для смешанного газа соединено с первым проточным каналом в теплообменнике, выпускное отверстие для газообразного водорода соединено со вторым проточным каналом в теплообменнике, а клапан управления потоком кислорода соединен с третьим проточным каналом в теплообменнике.

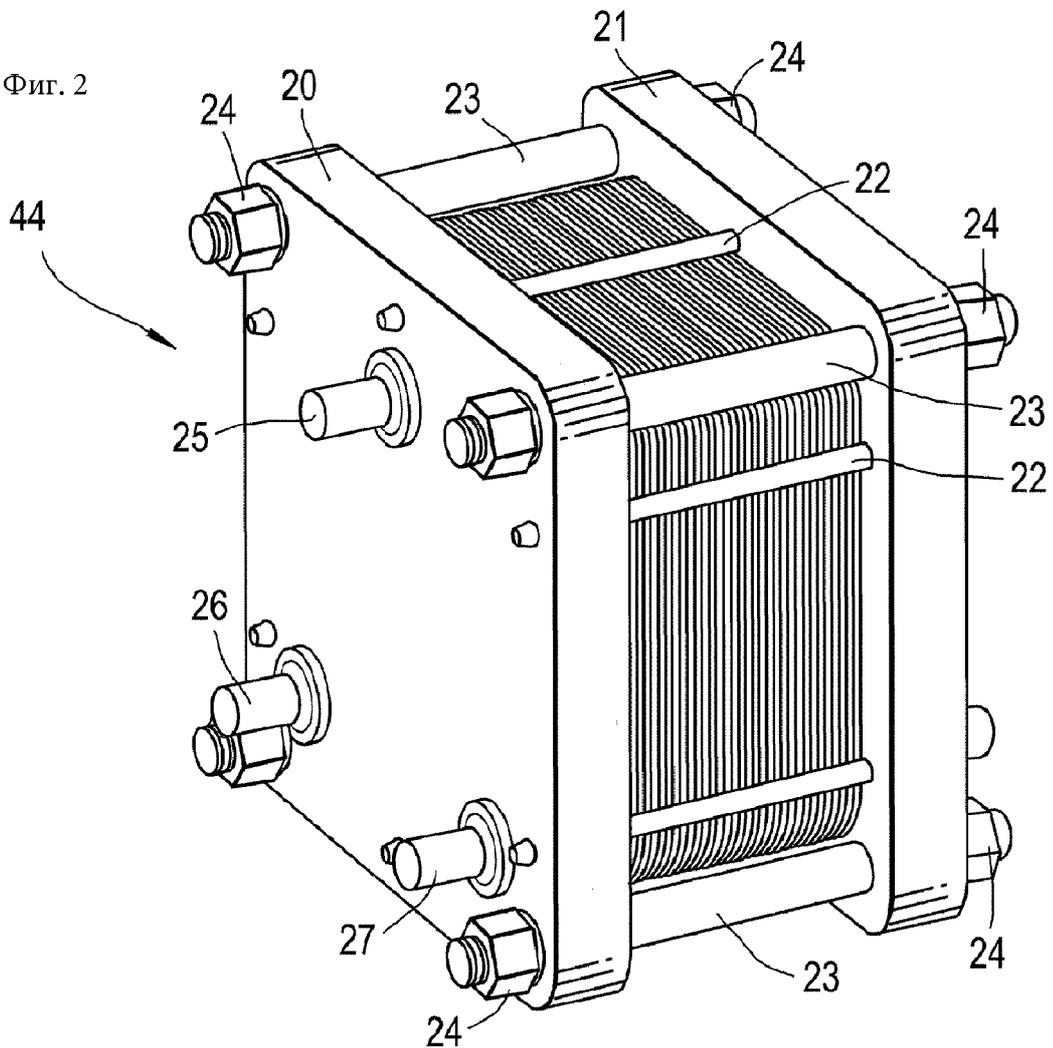
14. Устройство по п. 13, в котором теплообменник установлен в вакуумной камере над контейнером для жидкого азота.

15. Устройство по п.13 или 14, в котором поток смешанного газа образуется при разложении воды электролизом.

Фиг. 1

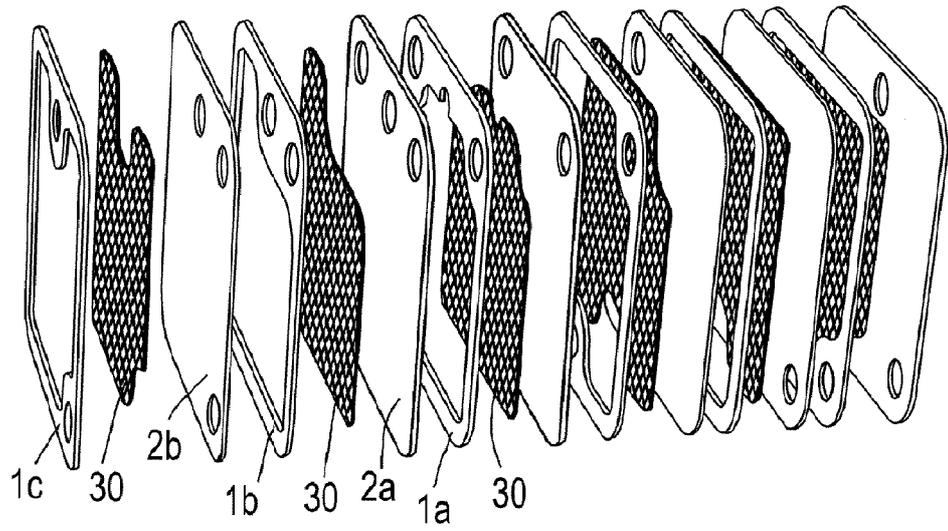


Фиг. 2



2/3

Фиг. 3



Фиг. 4

