

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036863**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.29

(51) Int. Cl. **C07C 29/151 (2006.01)**

(21) Номер заявки
201891942

(22) Дата подачи заявки
2017.03.06

(54) **СИНТЕЗ МЕТАНОЛА ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗОВ С ДЕФИЦИТОМ ВОДОРОДА**

(31) **16400006.9**

(56) **US-A1-2009018220
EP-B1-0790226**

(32) **2016.03.16**

(33) **EP**

(43) **2019.01.31**

(86) **PCT/EP2017/025036**

(87) **WO 2017/157530 2017.09.21**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**Л'ЭР ЛИКВИД СОСЬЕТЕ АНОНИМ
ПУР Л'ЭТЮД И ЛЕКСПЛОТАСЙОН
ДЕ ПРОСИД ЖОРЖ КЛОД (FR)**

(72) Изобретатель:

**Копеч Ханс, Гронеман Вероника,
Эльман Тобиас (DE)**

(74) Представитель:

**Веселицкий М.Б., Веселицкая И.А.,
Кузенкова Н.В., Каксис Р.А., Белоусов
Ю.В., Куликов А.В., Кузнецова Е.В.,
Кузнецова Т.В., Соколов Р.А. (RU)**

(57) Изобретение относится к способу и установке для синтеза метанола, в частности для синтеза метанола из синтез-газа, который характеризуется дефицитом водорода. В соответствии с изобретением для этого поток продувочного газа ответвляют из контура синтез-газа для синтеза метанола, очищают от следов метанола в промывочном устройстве и затем обрабатывают в устройстве для отделения водорода, которое содержит ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления. В зависимости от применения и величины недостатка водорода ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления могут быть соединены последовательно или параллельно.

B1

036863

036863

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу и установке для синтеза метанола, в частности для синтеза метанола из синтез-газа, который характеризуется дефицитом водорода.

Уровень техники

Способы получения метанола путем каталитического превращения синтез-газа, содержащего водород и оксиды углерода, давно известны специалистам в данной области техники. Например, в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition, 1998 г., электронное издание, раздел "Methanol", подраздел 5.2 "Synthesis" описаны различные основные способы получения метанола.

Известен более сложный двухстадийный способ получения метанола, например, из документа EP 0790226 B1. В соответствии с ним метанол получают посредством циклического способа, при котором смесь свежего и частично прореагировавшего синтез-газа сначала подают в охлаждаемый водой реактор, а затем в охлаждаемый газом реактор, в каждом из которых синтез-газ превращают в метанол на катализаторе на основе меди. Метанол, полученный с помощью данного способа, отделяют от синтез-газа, подлежащего рециркуляции, который затем в качестве охладителя в противотоке направляют через охлаждаемый газом реактор и предварительно нагревают до температуры 220-280°C, после чего вводят в первый реактор для синтеза. Часть синтез-газа, подлежащего рециркуляции, удаляют из способа в виде продувочного потока (так называемое продувание), который является небольшим по сравнению с запасом газа, присутствующим в системе, с целью предупреждения накопления инертных компонентов, примесей или побочных продуктов в контуре синтез-газа. Данное действие также описано в нерассмотренной заявке на патент Германии DE 2934332 A1 и в заявке на европейский патент EP 1016643 A1.

Однако в данном способе требуется, чтобы стехиометрический коэффициент (R) применяемого синтез-газа, который определяется формулой

$$R = ([H_2] - [CO_2]) / ([CO] + [CO_2])$$

равнялся по меньшей мере 2, что значит, что применяемый синтез-газ содержит достаточное количество водорода относительно получения метанола. С другой стороны, синтез-газы с дефицитом водорода могут быть получены в способах риформинга, которые включают ступень частичного окисления, например автотермический риформинг (ATR). В таком случае водород расходуется в реакции синтеза метанола, в то время как большая часть оксидов углерода остается непрореагировавшей, что приводит к тому, что композиция в цикле синтеза характеризуется высоким содержанием оксидов углерода, но содержит малое количество водорода, т.е. характеризуется недостатком водорода или дефицитом водорода. Это приводит к различным последствиям, в том числе к тому, что необходимый объем катализатора увеличивается, и к тому, что фракция побочных продуктов (в частности, высших спиртов и кетонов) значительно больше, чем обычно.

Естественно, известна подача водорода из других источников в синтез-газ с дефицитом H₂ для приведения стехиометрического коэффициента к оптимальному диапазону, составляющему 2 или выше.

В качестве источника водорода можно применять, среди прочего, продувочный поток, который еще характеризуется содержанием непревращенного водорода, который можно отделять с помощью блока для извлечения водорода. Обычная концентрация водорода в продувочном потоке составляет приблизительно 70 об.%. Другая альтернатива состоит в извлечении водорода из побочного потока свежего синтез-газа, который также называют подпиточным газом (MUG), и в подаче данного водорода обратно в синтез-газ. В опубликованной заявке на патент США US 2009/0018220 A1 описан способ синтеза метанола, в котором водород получают по меньшей мере из части указанного продувочного газа и части указанного подпиточного газа, где извлеченный водород вводят в смесь на основе синтез-газа. Применяемые блоки для извлечения водорода включают адсорбцию с перепадом давления (PSA) или, в качестве альтернативы, отделение H₂ посредством мембраны.

Однако недостаток данного расположения состоит в том, что внутри блока для извлечения водорода часть водорода теряется еще до того, как попадает в цикл синтеза. Кроме того, если поток подпиточного газа на основе синтез-газа уже характеризуется недостатком водорода, он только увеличивается при дополнительном отделении H₂ от побочного потока подпиточного газа. Затем в результате отделения H₂ от побочного потока подпиточного газа получают поток отходов, содержащий CO и CO₂, в блоке для извлечения водорода, в котором теряются оксиды углерода для синтеза метанола, содержащиеся в нем.

Описание изобретения

Таким образом, цель настоящего изобретения заключается в обеспечении способа синтеза метанола, с помощью которого можно обрабатывать синтез-газ с дефицитом водорода, лишенного описанных недостатков предшествующего уровня техники.

Данной цели достигают с помощью способа с признаками в соответствии с п.1 формулы изобретения и с помощью установки с признаками в соответствии с п.11 формулы изобретения. Дополнительные аспекты настоящего изобретения представлены в соответствующих зависимых пунктах формулы изобретения.

Способ по настоящему изобретению

Способ получения метанола из синтез-газа, содержащего водород, оксиды углерода и необязатель-

но инертные компоненты, включающий следующие стадии:

(а) обеспечение потока подпиточного газа на основе синтез-газа, содержащего водород, оксиды углерода и необязательно инертные компоненты, который характеризуется недостатком водорода относительно стехиометрии, установленной для синтеза метанола,

(б) объединение потока подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода с потоком газа для регуляции соотношения компонентов, который содержит водород, с получением потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом,

(с) объединение потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом, с потоком газа для рециркуляции синтез-газа, полученным на стадии (g), с получением потока подаваемого газа на основе синтез-газа,

(d) введение потока подаваемого газа на основе синтез-газа по меньшей мере в один реактор для синтеза метанола и, по меньшей мере, частичное каталитическое превращение оксидов углерода, содержащихся в потоке подаваемого газа на основе синтез-газа, с применением водорода при условиях синтеза метанола с получением метанола,

(е) выпуск потока газообразного продукта, содержащего пары метанола и непревращенные составляющие синтез-газа, по меньшей мере из одного реактора для синтеза метанола,

(f) по меньшей мере, частичное отделение метанола от потока газообразного продукта посредством охлаждения и конденсирования,

(g) фракционирование потока газообразного продукта после отделения метанола на поток газа для рециркуляции синтез-газа и поток продувочного газа, нагруженный остатками метанола, рециркуляцию потока газа для рециркуляции синтез-газа на стадию (с),

(h) введение потока продувочного газа, нагруженного остатками метанола, в промывочное устройство, приведение в контакт потока продувочного газа, нагруженного остатками метанола, в промывочном устройстве с промывочным средством, предпочтительно водой, выпуск потока продувочного газа, обедненного по метанолу, и промывочного средства, нагруженного метанолом, из промывочного устройства,

(i) введение потока продувочного газа, обедненного по метанолу, в устройство для отделения водорода, которое содержит ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления, где получают по меньшей мере один поток газа, обогащенный водородом, и по меньшей мере один поток газа, обедненный по водороду,

(j) рециркуляция по меньшей мере одного потока газа, обогащенного водородом, в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов, содержащего водород, на стадию (b).

Установка по настоящему изобретению

Установка для получения метанола из синтез-газа, содержащего водород, оксиды углерода и необязательно инертные компоненты, содержащая следующие компоненты установки:

(а) ступень образования синтез-газа для обеспечения потока подпиточного газа на основе синтез-газа, содержащего водород, оксиды углерода и необязательно инертные компоненты, который характеризуется недостатком водорода относительно стехиометрии, установленной для синтеза метанола,

(b) первое смесительное устройство для объединения потока подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода с потоком газа для регуляции соотношения компонентов, который содержит водород, с получением потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом,

(с) второе смесительное устройство для объединения потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом, с потоком газа для рециркуляции синтез-газа с получением потока подаваемого газа на основе синтез-газа,

(d) по меньшей мере один реактор для синтеза метанола, трубопровод для введения потока подаваемого газа на основе синтез-газа по меньшей мере в один реактор для синтеза метанола,

(е) трубопровод для выпуска потока газообразного продукта, содержащего пары метанола и непревращенные составляющие синтез-газа, по меньшей мере из одного реактора для синтеза метанола,

(f) разделительное устройство, по меньшей мере, для частичного отделения метанола от потока газообразного продукта посредством охлаждения и конденсирования,

(g) устройство для фракционирования, предназначенное для фракционирования потока газообразного продукта после отделения метанола на поток газа для рециркуляции синтез-газа и поток продувочного газа, нагруженный остатками метанола, и трубопровод для рециркуляции потока газа для рециркуляции синтез-газа во второе смесительное устройство,

(h) промывочное устройство, трубопровод для введения потока продувочного газа, нагруженного остатками метанола, в промывочное устройство, трубопровод для введения промывочного средства, трубопровод для выпуска потока продувочного газа, обедненного по метанолу, из промывочного устройства и трубопровод для выпуска промывочного средства, нагруженного метанолом, из промывочного устройства,

(i) устройство для отделения водорода, содержащее ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления, трубопровод для введения потока продувочного газа, обедненного по метанолу, в устройство для отделения водорода, трубопровод для выпуска потока газа, обогащенного

водородом, из устройства для отделения водорода и трубопровод для выпуска потока газа, обедненного по водороду, из устройства для отделения водорода,

(j) трубопровод для рециркуляции потока газа, обогащенного водородом, в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов, содержащего водород, в первое смешительное устройство.

Условия превращения или условия синтеза метанола, необходимые для превращения синтез-газа в метанол, известны специалисту в данной области техники из предшествующего уровня техники, например из документов, описанных выше. Необходимые адаптации данных условий к соответствующим техническим требованиям будут сделаны на основе обычных экспериментов.

Подразумевается, что сообщение по текучей среде между двумя участками установки по настоящему изобретению представляет собой любой вид соединения, который обеспечивает протекание текучей среды, например потока газа, из одного в другой из данных двух участков, независимо от каких-либо участков или компонентов между ними.

Вода, применяемая в качестве промывочного средства, в основном представляет собой деминерализованную воду. Однако воду с другими качествами, в частности воду с более высокой чистотой, например высокоочищенную воду или дистиллированную воду, также можно применять в качестве промывочного средства. Воду с более низкой чистотой можно применять в качестве промывочного средства, если присутствующие сопровождающие вещества не создают проблем на последующих стадиях способа.

Применение устройства для отделения водорода, содержащего ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления, обеспечивает эффективное отделение водорода, который требуется для регулирования желаемого стехиометрического коэффициента. Полученные потоки отходов можно дополнительно применять, например, в качестве топливного газа внутри установки для риформинга выше по потоку от синтеза метанола или в качестве отопительного газа или топливного газа в аппарате для получения пара. Также возможно применение материалов из потоков отходов, например, на смежной установке для газификации угля. Преимуществом является то, что, в соответствии с настоящим изобретением, очистка потока продувочного газа от остатков метанола в промывочном устройстве способствует работе устройства для отделения водорода, поскольку увеличивается его срок службы: в противном случае, остатки метанола в продувочном газе повреждали бы мембрану на ступени мембранного разделения или занимать часть адсорбционной способности применяемого адсорбента на ступени адсорбции с перепадом давления.

Объединение мембранного разделения и адсорбции с перепадом давления (PSA) обуславливает технически и экономически выгодное отделение водорода: применение PSA обеспечивает водород высокой чистоты (чистота 99,9 об.%) с извлечением приблизительно 80% водорода из газа, подлежащего отделению. Однако эта методика является относительно сложной и затратной. С другой стороны, мембранное отделение обеспечивает более низкую чистоту отделенного водорода (от приблизительно 80 до 90 об.% в пермеате) с извлечением приблизительно 70% водорода из продувочного газа, но является относительно простой и недорогой методикой.

Таким образом, сочетание указанных способов отделения обеспечивает оптимальное использование преимуществ и экономию затрат, а также высокую гибкость в отношении практического применения: если следует максимально увеличить количество водорода, подлежащего рециркуляции, можно рассматривать последовательное соединение ступени мембранного разделения с PSA ниже по потоку. С другой стороны, если часть отделенного водорода высокой чистоты подлежит выведению из способа на принимающие устройства вне способа, может быть выгодным параллельное соединение ступени мембранного разделения и PSA. В таком случае водород высокой чистоты отдельно отбирают из PSA и подают на внешнее принимающее устройство.

Предпочтительные аспекты изобретения

В предпочтительном аспекте способа по настоящему изобретению ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления соединены последовательно в устройстве для отделения водорода и сообщены друг с другом по текучей среде. Как уже объяснялось выше, данная процедура является рекомендуемой, если следует максимально увеличить количество водорода, подлежащего рециркуляции.

Другой предпочтительный аспект способа по настоящему изобретению характеризуется тем, что в устройстве для отделения водорода сначала через ступень мембранного разделения, а потом через ступень адсорбции с перепадом давления проходит поток продувочного газа, обедненный по метанолу. В таком случае предварительное очищение проводят на работающей в сравнительно неселективном режиме ступени мембранного разделения и окончательное отделение проводят на работающей в высокоселективном режиме ступени адсорбции с перепадом давления, при этом на последнюю затем загружают только поток меньшего объема, и поэтому ее можно конструировать с меньшим размером.

В разработке описанного выше аспекта способа по настоящему изобретению первый поток газа, обогащенный водородом, получают в качестве пермеата на ступени мембранного разделения, который в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов объединяют с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода. Относительно низкая чистота водорода в пермеате часто является уже достаточной для регулирования желаемого стехиометрического коэффициента в потоке

подаваемого газа на основе синтез-газа, в частности, если недостаток водорода является всего лишь небольшим.

В дополнительной разработке описанного выше аспекта способа по настоящему изобретению ретентат, полученный на ступени мембранного разделения, загружают на ступень адсорбции с перепадом давления и на ступени адсорбции с перепадом давления получают второй поток газа, обогащенный водородом, который в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов объединяют с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода или выпускают из способа в виде отводимого потока водорода. Применение в качестве дополнительного потока газа для регуляции соотношения компонентов, прежде всего, обеспечивает определенные преимущества, если поток подаваемого газа на основе синтез-газа характеризуется более значительным недостатком водорода. В противном случае, поток газа, обогащенный водородом, который получают на ступени адсорбции с перепадом давления, можно подавать на внешние принимающие устройства в виде отводимого потока водорода.

В одном аспекте способа по настоящему изобретению, как описывается выше, особенно предпочтительным является, если второй поток газа, обогащенный водородом, сначала объединяют с первым потоком газа, обогащенным водородом, и затем в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода. В таком случае достигается однородное состояние потока газа для регуляции соотношения компонентов и потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом.

В альтернативном аспекте способа по настоящему изобретению ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления соединены параллельно в устройстве для отделения водорода, где часть потока продувочного газа, обедненного по метанолу, загружают на ступень мембранного разделения и оставшуюся часть потока продувочного газа, обедненного по метанолу, загружают на ступень адсорбции с перепадом давления. Как уже объяснялось выше, данная процедура является рекомендуемой, если часть водорода высокой чистоты, отделенная посредством PSA, подлежит выведению на принимающие устройства вне способа.

В разработке описанного выше аспекта способа по настоящему изобретению первый поток газа, обогащенный водородом, получают в качестве пермеата на ступени мембранного разделения, который в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов объединяют с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода. Относительно низкая чистота водорода в пермеате часто является уже достаточной для регулирования желаемого стехиометрического коэффициента в потоке подаваемого газа на основе синтез-газа, в частности, если недостаток водорода является всего лишь небольшим.

В дополнительном аспекте способа по настоящему изобретению второй поток газа, обогащенный водородом, который получают на ступени адсорбции с перепадом давления, в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов объединяют с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода или выпускают из способа в виде отводимого потока водорода. Применение в качестве дополнительного потока газа для регуляции соотношения компонентов, прежде всего, обеспечивает определенные преимущества, если поток подаваемого газа на основе синтез-газа характеризуется более значительным недостатком водорода. В противном случае, поток газа, обогащенный водородом, который получают на ступени адсорбции с перепадом давления, можно подавать на внешние принимающие устройства в виде отводимого потока водорода.

В дополнительном аспекте настоящего изобретения обеспечение потока подпиточного газа на основе синтез-газа проводят с помощью ступени образования синтез-газа, которая содержит устройство для автотермического риформинга. Поток подпиточного газа на основе синтез-газа, полученный таким образом, часто характеризуется недостатком водорода, поскольку вследствие условий реакции окисления в устройстве для автотермического риформинга часть образованного водорода теряется при сгорании.

В определенном аспекте установки по настоящему изобретению она характеризуется тем, что в устройстве для отделения водорода ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления соединены последовательно и сообщены друг с другом по текучей среде. Как уже объяснялось выше, данная процедура является рекомендуемой, если следует максимально увеличить количество водорода, подлежащего рециркуляции.

Другой предпочтительный аспект установки по настоящему изобретению характеризуется тем, что в устройстве для отделения водорода сначала через ступень мембранного разделения, а потом через ступень адсорбции с перепадом давления проходит поток продувочного газа, обедненный по метанолу. В таком случае предварительное очищение проводят на работающей в сравнительно неселективном режиме ступени мембранного разделения и окончательное отделение проводят на работающей в высокоселективном режиме ступени адсорбции с перепадом давления, при этом на последнюю затем загружают только поток меньшего объема, и поэтому ее можно конструировать с меньшим размером.

В разработке описанного выше аспекта установки по настоящему изобретению она также содержит трубопровод, с помощью которого первый поток газа, обогащенный водородом, полученный в качестве пермеата на ступени мембранного разделения, рециркулируют в первое смешительное устройство в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов. Относительно низкая чистота водорода в

пермеате часто является уже достаточной для регулирования желаемого стехиометрического коэффициента в потоке подаваемого газа на основе синтез-газа, в частности, если недостаток водорода является всего лишь небольшим.

В дополнительной разработке описанного выше аспекта установки по настоящему изобретению она также содержит трубопровод для введения ретентата, полученного на ступени мембранного разделения, на ступень адсорбции с перепадом давления и трубопровод для введения второго потока газа, обогащенного водородом, полученного на ступени адсорбции с перепадом давления, в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов в первое смесительное устройство или для выпуска из установки в виде отводимого потока водорода. Применение в качестве дополнительного потока газа для регуляции соотношения компонентов, прежде всего, обеспечивает определенные преимущества, если поток подаваемого газа на основе синтез-газа характеризуется более значительным недостатком водорода. В противном случае, поток газа, обогащенный водородом, который получают на ступени адсорбции с перепадом давления, можно подавать на внешние принимающие устройства в виде отводимого потока водорода.

В описанном выше аспекте установки по настоящему изобретению особенно предпочтительным является, если она дополнительно содержит смесительное устройство для объединения второго потока газа, обогащенного водородом, с первым потоком газа, обогащенным водородом, и трубопровод для подачи полученного смешанного потока газа в первое смесительное устройство. В таком случае достигается однородное состояние потока газа для регуляции соотношения компонентов и потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом.

В альтернативном аспекте установки по настоящему изобретению ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления соединены параллельно в устройстве для отделения водорода, и установка дополнительно содержит трубопровод для введения части потока продувочного газа, обедненного по метанолу, на ступень мембранного разделения и трубопровод для введения оставшейся части потока продувочного газа, обедненного по метанолу, на ступень адсорбции с перепадом давления. Как уже объяснялось выше, данный аспект является рекомендуемым, если часть водорода высокой чистоты, отделенная посредством PSA, подлежит выведению на принимающие устройства вне способа.

В разработке описанного выше аспекта установки по настоящему изобретению она дополнительно содержит трубопровод, с помощью которого первый поток газа, обогащенный водородом, полученный в качестве пермеата на ступени мембранного разделения, рециркулируют в первое смесительное устройство в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов. Относительно низкая чистота водорода в пермеате часто является уже достаточной для регулирования желаемого стехиометрического коэффициента в потоке подаваемого газа на основе синтез-газа, в частности, если недостаток водорода является всего лишь небольшим.

В дополнительной разработке описанного выше аспекта установки по настоящему изобретению она также содержит трубопровод для введения второго потока газа, обогащенного водородом, полученного на ступени адсорбции с перепадом давления, в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов в первое смесительное устройство или для выпуска из установки в виде отводимого потока водорода. Применение в качестве дополнительного потока газа для регуляции соотношения компонентов, прежде всего, обеспечивает определенные преимущества, если поток подаваемого газа на основе синтез-газа характеризуется более значительным недостатком водорода. В противном случае, поток газа, обогащенный водородом, который получают на ступени адсорбции с перепадом давления, можно подавать на внешние принимающие устройства в виде отводимого потока водорода.

Иллюстративные варианты осуществления и численные примеры

Дополнительные признаки, преимущества и возможные варианты применения настоящего изобретения также могут быть взяты из следующего описания иллюстративных вариантов осуществления и численных примеров, а также графических материалов. Все описанные и/или проиллюстрированные признаки образуют сущность изобретения сами по себе или в любой комбинации независимо от их включения в формулу изобретения или обратных ссылок на них.

На графических материалах:

на фиг. 1 показано схематическое представление способа по настоящему изобретению и установки по настоящему изобретению в соответствии с первым аспектом;

на фиг. 2 показано схематическое представление способа по настоящему изобретению и установки по настоящему изобретению в соответствии со вторым аспектом.

На фиг. 1 способ по настоящему изобретению и установка по настоящему изобретению объясняются в соответствии с первым аспектом, цель которого заключается в максимальном извлечении водорода из продувочного газа при синтезе метанола.

Посредством трубопровода 1 поток подпиточного газа на основе синтез-газа, содержащий водород и оксиды углерода, который характеризуется недостатком водорода относительно стехиометрии, установленной для синтеза метанола, направляют в первое смесительное устройство 2. В первом смесительном устройстве 2 поток подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода смешивают с потоком газа для регуляции соотношения компонентов, содержащим водород, который посредством

трубопровода 30 направляют в первое смесительное устройство с получением потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом. Посредством трубопровода 3 полученное направляют в компрессор 4 и сжимают там до давления, необходимого для синтеза при синтезе метанола.

Посредством трубопровода 5 сжатый поток подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенный водородом, направляют во второе смесительное устройство 6 и объединяют там с потоком газа для рециркуляции синтез-газа, который подают посредством трубопровода 19, с получением потока подаваемого газа на основе синтез-газа. Посредством трубопровода 7 поток подпиточного газа на основе синтез-газа направляют в нагревательное устройство 8 и нагревают там до температуры, необходимой для реакции при синтезе метанола. Нагревательное устройство 8 предпочтительно содержит теплообменник, с помощью которого тепловая энергия, которая рассеивается при охлаждении потока продукта из реактора для синтеза метанола, по меньшей мере, частично передается потоку подаваемого газа на основе синтез-газа, который входит в реактор. Поток подаваемого газа на основе синтез-газа нагревают до температуры от 180 до 280°C, предпочтительно от 190 до 250°C.

Посредством трубопровода 9 поток подаваемого газа на основе синтез-газа, нагретый до температуры, необходимой для реакции при синтезе метанола, вводят в реактор 10 для синтеза метанола. В нем оксиды углерода, содержащиеся в потоке подаваемого газа на основе синтез-газа, частично каталитически превращаются в метанол с применением водорода при условиях синтеза метанола. Реактор для синтеза метанола может состоять из нескольких соединенных отдельных реакторов, которые, например, охлаждаются газом или охлаждаются водой, что описано в документе EP 0790226 B1.

Поток продукта, который содержит метанол, образованный в реакторе для синтеза метанола, и непревращенные составляющие синтез-газа, выходит из реактора для синтеза метанола посредством трубопровода 11, его охлаждают в охладителе 12 и посредством трубопровода 13 направляют в устройство 14 для разделения фаз. Как уже указано выше, охладитель может предусматривать теплообменник, в котором тепловая энергия, способная к рассеиванию, передается холодному потоку подаваемого газа на основе синтез-газа путем опосредованного теплообмена, и, таким образом, последний нагревается.

В устройстве 14 для разделения фаз охлажденный поток продукта из реактора для синтеза метанола фракционируют на жидкую фазу и газообразную фазу. Полученная жидкая фаза содержит полученный метанол и воду в качестве связывающего продукта; посредством трубопровода 15 ее направляют в не изображенное устройство для перегонки, в котором метанол и воду разделяют и получают, таким образом, чистый метанол. Газовая фаза, полученная в устройстве 14 для разделения фаз, содержит непревращенные составляющие синтез-газа и, возможно, составляющие, представляющие собой инертные газы. Посредством трубопровода 16 компрессора 18 цикла и трубопровода 19 ее рециркулируют во второе смесительное устройство 6 в качестве потока газа для рециркуляции синтез-газа.

Посредством трубопровода 17 часть потока газа для рециркуляции синтез-газа выпускают из контура синтез-газа в качестве потока продувочного газа (продувочного газа) и направляют в промывочное устройство 20. В промывочном устройстве поток продувочного газа нагружают деминерализованной водой в качестве промывочного средства, которую подают посредством трубопровода 21. Однако воду с другими качествами, в частности воду с более высокой чистотой, например высокоочищенную воду или дистиллированную воду, также можно применять в качестве промывочного средства. Воду с более низкой чистотой можно применять в качестве промывочного средства, если присутствующие сопровождающие вещества не создают проблем на последующих стадиях способа. Посредством трубопровода 22 поток продувочного газа, в котором снижено содержание метанола, выпускают из верхней области промывной колонны, при этом посредством трубопровода 23 промывочное средство, нагруженное метанолом, выпускают из нижней области промывной колонны. Промывочное средство, нагруженное метанолом, объединяют с жидкой фазой из устройства для разделения фаз, которую выпускают в трубопровод 15, и направляют в не изображенное устройство для перегонки.

Поток продувочного газа, в котором снижено содержание метанола, перегревают с помощью не изображенного теплообменника с целью предотвращения конденсации перед ступенью мембранного разделения или на ней, и посредством трубопровода 22 направляют на ступень 24 мембранного разделения. Там его фракционируют на поток пермеата, обогащенный водородом, и поток ретентата, обедненный по водороду. Посредством трубопроводов 26 и 30 поток пермеата, обогащенный водородом, рециркулируют в первое смесительное устройство 2 в качестве водородсодержащего потока газа для регуляции соотношения компонентов, и, таким образом, он выполняет функцию регулирования желаемого стехиометрического коэффициента R. Регулирование проводят посредством не изображенной системы управления расходом, расположенной в канале трубопроводов 26 и 30. Только если недостаток водорода в потоке подпиточного газа на основе синтез-газа является всего лишь небольшим, и не весь поток газа, представляющего собой пермеат, требуется для регулирования желаемого стехиометрического коэффициента, избыточную фракцию можно выпускать из ступени мембранного разделения посредством не изображенного трубопровода и, например, использовать в качестве отопительного газа. Его также можно подавать на внешние принимающие устройства, которые могут обрабатывать поток газа с относительно низкой чистотой водорода.

Поток ретентата, обедненный по водороду, выпускают из ступени мембранного разделения посред-

ством трубопровода 25 и загружают на ступень 27 адсорбции с перепадом давления. На ступени адсорбции с перепадом давления получают второй поток газа, обогащенный водородом, который выпускают посредством трубопровода 29 и вместе с потоком пермеата из мембранной системы, который направляют по трубопроводам 26 и 30, объединяют в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода. Как объясняется выше, если не весь поток газа, обогащенный водородом, из ступени адсорбции с перепадом давления требуется для регулирования желаемого стехиометрического коэффициента, избыточную фракцию можно выпускать из способа в качестве отводимого потока водорода посредством не изображенного трубопровода и подавать на внешние принимающие устройства.

Посредством трубопровода 28 поток остаточного газа (отходящего газа из PSA), обедненный по водороду, выпускают из ступени адсорбции с перепадом давления. Он все еще содержит горючие компоненты, например монооксид углерода, и, таким образом, его можно использовать в качестве, например, отопительного газа. Также возможно применение материалов из потока остаточного газа, например, на смежной установке для газификации угля.

На фиг. 2 способ по настоящему изобретению или установка по настоящему изобретению до номера 23 позиции включительно соответствует первому аспекту, описанному выше. Однако, в отличие от него, во втором аспекте настоящего изобретения поток продувочного газа, обедненный по метанолу, который подают посредством трубопровода 22, направляют параллельно на ступень 24 мембранного разделения и ступень 27 адсорбции с перепадом давления с помощью трубопроводов 31 и 32 и загружают на них. Распределение частичных потоков газа, которые направляют на ступень 24 мембранного разделения и ступень 27 адсорбции с перепадом давления, не обязательно является одинаковым; вместо этого оно будет зависеть от количества потока пермеата, обогащенного водородом, которое получают на ступени 24 мембранного разделения и направляют посредством трубопроводов 26 и 30, и которое требуется для регулирования стехиометрического коэффициента. Равное распределение двух потоков является полностью возможным и предпочтительным, например, если соответственно большой отводимый поток водорода из ступени адсорбции с перепадом давления подлежит подаче на внешние принимающие устройства.

Распределение на две ступени разделения проводят посредством не изображенных блоков управления расходом, расположенных в канале трубопроводов 31 и 32. Посредством трубопроводов 26 и 30 поток пермеата из ступени мембранного разделения, обогащенный водородом, направляют в первое смешительное устройство в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов и объединяют там с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода.

Посредством трубопровода 35 поток чистого водорода с чистотой водорода, обычно составляющей более 99 об.%, выпускают из ступени 27 адсорбции с перепадом давления и подают на внешние принимающие устройства в виде отводимого потока.

Посредством трубопроводов 33 и 34 поток ретентата из ступени мембранного разделения, обедненный по водороду, и поток остаточного газа (отходящего газа из PSA), также обедненный по водороду, выпускают из ступени адсорбции с перепадом давления. Оба потока все еще содержат горючие компоненты, например монооксид углерода, и, таким образом, их можно использовать для нагревания вследствие их калорийности, например, в установке для риформинга выше по потоку относительно синтеза метанола, под колосниковой решеткой печи для риформинга. Также возможно применение материалов из потока ретентата и потока остаточного газа, например, на смежной установке для газификации угля.

Численные примеры.

В следующих численных примерах изображено разделение метанола из потока продувочного газа (продувочного газа), нагруженного остатками метанола, в промывочном устройстве (табл. 1). Кроме того, показаны разделение и рециркуляция водорода с последовательным соединением (табл. 2) и с параллельным соединением (табл. 3) ступени мембранного разделения и ступени адсорбции с перепадом давления, как они объяснялись в приведенных выше иллюстративных вариантах осуществления со ссылкой на фиг. 1 и 2.

Данные, представленные в табл. 2 и 3, показывают способы действия и варианты применения двух описанных аспектов настоящего изобретения. При последовательном соединении ступени мембранного разделения и ступени адсорбции с перепадом давления в соответствии с фиг. 2 и табл. 2 можно рециркулировать в общем 967 кмоль/ч. водорода на синтез метанола.

При параллельном соединении, в соответствии с фиг. 2 и табл. 3, рециркулируют только в целом 361 кмоль/ч. водорода на синтез метанола, но еще 412 кмоль/ч. водорода высокой чистоты получают в виде отводимого потока.

Таблица 1

Отделение метанола от потока продувочного газа (продувочного газа),
нагруженного остатками метанола, в промывочном устройстве

Фиг. 1 и 2: промывка с помощью продувочного газа					
Трубопровод	17	21	23	22	22-WT¹⁾
Мольные доли:					
Метанол	0,006	0,000	0,046	0,000	0,000
H ₂ O	0,000	1,000	0,952	0,001	0,001
CO ₂	0,042	0,000	0,001	0,042	0,042
CO	0,064	0,000	0,000	0,065	0,065
H ₂	0,799	0,000	0,001	0,803	0,803
Ar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
N ₂	0,088	0,000	0,000	0,089	0,089
CH ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Общий расход потока, кмоль/ч.	1288	153	159	1282	1282
Общий расход потока, кг/ч.	10224	2755	2968	10010	10010
Общий расход потока, м ³ /ч.	490	3	3	498	508
Температура, °C	40	42	45	44	50
Давление, МПа, избыточное	7,0	8,1	7,0	7,0	7,0

¹⁾ Поток в трубопроводе 22 после нагревания в теплообменнике, не изображен.

Таблица 2

Отделение и рециркуляция водорода при последовательном соединении ступени мембранного разделения и ступени адсорбции с перепадом давления

Фиг. 1: последовательное соединение мембрана + PSA					
Трубопрово д	26	25	28	29	30
Мольные доли:					
Метанол	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H ₂ O	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001
CO ₂	0,042	0,044	0,092	0,000	0,032
CO	0,034	0,118	0,248	0,000	0,026
H ₂	0,888	0,656	0,276	0,999	0,914
Ar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
N ₂	0,035	0,181	0,381	0,000	0,027
CH ₄	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Общий расход потока, кмоль/ч.	811	471	224	247	1058
Общий расход потока, кг/ч.	4524	5486	4983	503	5027
Общий расход потока, м ³ /ч.	672	186	2986	130	905
Температура, °С	50	50	50	50	50
Давление, МПа, избыточное	3,2	7,0	0,1	5,2	3,1

Таблица 3

Отделение и рециркуляция водорода при параллельном соединении ступени мембранного разделения и ступени адсорбции с перепадом давления

Фиг. 2: Параллельное соединение мембрана + PSA						
Трубопрово д	31	26	33	32	34	35
Мольные доли:						
Метанол	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H ₂ O	0,001	0,002	0,001	0,001	0,004	0,000
CO ₂	0,042	0,042	0,044	0,042	0,119	0,000
CO	0,065	0,034	0,118	0,065	0,180	0,000
H ₂	0,803	0,888	0,656	0,803	0,449	1,000
Ar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
N ₂	0,089	0,035	0,181	0,089	0,248	0,000
CH ₄	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Общий расход потока, кмоль/ч.	641	406	235	641	229	412
Общий расход потока, кг/ч.	5005	2262	2743	5005	4171	834
Общий расход потока, м ³ /ч.	254	161	93	259	3062	223
Температура, °C	50	50	50	50,0	50,0	50,2
Давление, МПа, избыточное	7,0	7,0	7,0	6,8	0,1	5,0

Промышленная применимость

В соответствии с настоящим изобретением предусмотрены установка и способ обработки синтез-газа с дефицитом H₂ в синтезе метанола. По сравнению со способами, известными из предшествующего уровня техники, настоящее изобретение характеризуется тем преимуществом, что водород, который требуется для компенсации недостатка, получают из продувочного газа в синтезе метанола, а не, например, из потока подпиточного газа на основе синтез-газа. Таким образом, выше по потоку относительно синтеза метанола не получают поток отходов, содержащий CO и CO₂, так что все оксиды углерода, содержащиеся в потоке подпиточного газа, попадают в синтез метанола.

Особенно предпочтительным является, если путем обеспечения соответствующих дополнительных трубопроводов и запорных элементов настоящее изобретение сконструировано таким образом, что два аспекта, показанные на фиг. 1 и 2, могут переходить друг в друга с помощью простого переключения. Это обеспечивает гибкую реакцию на недостаток водорода в применяемом синтез-газе и на изменение потребности в водороде на внешних принимающих устройствах.

Перечень номеров позиций:

- 1 - трубопровод,
- 2 - первое смесительное устройство,
- 3 - трубопровод,
- 4 - компрессор,
- 5 - трубопровод,
- 6 - второе смесительное устройство,
- 7 - трубопровод,
- 8 - нагревательное устройство,
- 9 - трубопровод,
- 10 - реактор для синтеза метанола,
- 11 - трубопровод,
- 12 - охладитель,
- 13 - трубопровод,

- 14 - устройство для разделения фаз,
- 15-17 - трубопроводы,
- 18 - компрессор цикла,
- 19 - трубопровод,
- 20 - промывочное устройство,
- 21-23 - трубопроводы,
- 24 - ступень мембранного разделения (M),
- 25, 26 - трубопроводы,
- 27 - ступень адсорбции с перепадом давления (PSA),
- 28-35 - трубопроводы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения метанола из синтез-газа, содержащего водород и оксиды углерода, включающий следующие стадии:

(a) обеспечение потока подпиточного газа на основе синтез-газа, содержащего водород и оксиды углерода, который характеризуется недостатком водорода относительно стехиометрии, установленной для синтеза метанола,

(b) объединение потока подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода с потоком газа для регуляции соотношения компонентов, который содержит водород, с получением потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом,

(c) объединение потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом, с потоком газа для рециркуляции синтез-газа, полученным на стадии (g), с получением потока подаваемого газа на основе синтез-газа,

(d) введение потока подаваемого газа на основе синтез-газа по меньшей мере в один реактор для синтеза метанола и, по меньшей мере, частичное каталитическое превращение оксидов углерода, содержащихся в потоке подаваемого газа на основе синтез-газа, в метанол в присутствии водорода при условиях синтеза метанола,

(e) выпуск потока газообразного продукта, содержащего пары метанола и непревращенные составляющие синтез-газа, по меньшей мере из одного реактора для синтеза метанола,

(f) по меньшей мере, частичное отделение метанола от потока газообразного продукта посредством охлаждения и конденсирования,

(g) фракционирование потока газообразного продукта после отделения метанола на поток газа для рециркуляции синтез-газа и поток продувочного газа, нагруженный остатками метанола, рециркуляцию потока газа для рециркуляции синтез-газа на стадию (c),

(h) введение потока продувочного газа, нагруженного остатками метанола, в промывочное устройство, приведение в контакт потока продувочного газа, нагруженного остатками метанола, в промывочном устройстве с промывочным средством, выпуск потока продувочного газа, обедненного по метанолу, и промывочного средства, нагруженного метанолом, из промывочного устройства,

(i) введение потока продувочного газа, обедненного по метанолу, в устройство для отделения водорода, которое содержит ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления, где получают по меньшей мере один поток газа, обогащенный водородом, и по меньшей мере один поток газа, обедненный по водороду,

(j) рециркуляция по меньшей мере одного потока газа, обогащенного водородом, в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов, содержащего водород, на стадию (b).

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в устройстве для отделения водорода ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления соединены последовательно и сообщены друг с другом по текучей среде.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что в устройстве для отделения водорода поток продувочного газа, обедненный по метанолу, пропускают сначала через ступень мембранного разделения, а потом через ступень адсорбции с перепадом давления.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что первый поток газа, обогащенный водородом, получают в качестве пермеата на ступени мембранного разделения, который в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов объединяют с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что ретентат, полученный на ступени мембранного разделения, загружают на ступень адсорбции с перепадом давления и на ступени адсорбции с перепадом давления получают второй поток газа, обогащенный водородом, который в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов объединяют с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода или выпускают из способа в виде отводимого потока водорода.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что второй поток газа, обогащенный водородом, объединяют сначала с первым потоком газа, обогащенным водородом, и затем в качестве потока газа для регуляции

соотношения компонентов с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления соединены параллельно в устройстве для отделения водорода, где часть потока продувочного газа, обедненного по метанолу, загружают на ступень мембранного разделения и оставшуюся часть потока продувочного газа, обедненного по метанолу, загружают на ступень адсорбции с перепадом давления.

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что первый поток газа, обогащенный водородом, получают в качестве пермеата на ступени мембранного разделения, который в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов объединяют с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода.

9. Способ по п.7, отличающийся тем, что второй поток газа, обогащенный водородом, получают на ступени адсорбции с перепадом давления в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов, который объединяют с потоком подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода или выпускают из способа в виде отводимого потока водорода.

10. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что обеспечение потока подпиточного газа на основе синтез-газа проводят с помощью ступени образования синтез-газа, которая содержит устройство для автотермического риформинга.

11. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что в качестве промывочного средства используют воду.

12. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что синтез-газ содержит инертные компоненты.

13. Установка для получения метанола способом по любому из пп.1-12, содержащая следующие компоненты установки:

(a) ступень образования синтез-газа для обеспечения потока подпиточного газа на основе синтез-газа, содержащего водород и оксиды углерода, который характеризуется недостатком водорода относительно стехиометрии, установленной для синтеза метанола,

(b) первое смешительное устройство для объединения потока подпиточного газа на основе синтез-газа с дефицитом водорода с потоком газа для регуляции соотношения компонентов, который содержит водород, с получением потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом,

(c) второе смешительное устройство для объединения потока подпиточного газа на основе синтез-газа, обогащенного водородом, с потоком газа для рециркуляции синтез-газа с получением потока подаваемого газа на основе синтез-газа,

(d) по меньшей мере один реактор для синтеза метанола, трубопровод для введения потока подаваемого газа на основе синтез-газа по меньшей мере в один реактор для синтеза метанола,

(e) трубопровод для выпуска потока газообразного продукта, содержащего пары метанола и непревращенные составляющие синтез-газа, по меньшей мере из одного реактора для синтеза метанола,

(f) разделительное устройство, по меньшей мере, для частичного отделения метанола от потока газообразного продукта посредством охлаждения и конденсирования,

(g) устройство для фракционирования, предназначенное для фракционирования потока газообразного продукта после отделения метанола на поток газа для рециркуляции синтез-газа и поток продувочного газа, нагруженный остатками метанола, и трубопровод для рециркуляции потока газа для рециркуляции синтез-газа во второе смешительное устройство,

(h) промывочное устройство, трубопровод для введения потока продувочного газа, нагруженного остатками метанола, в промывочное устройство, трубопровод для введения промывочного средства, трубопровод для выпуска потока продувочного газа, обедненного по метанолу, из промывочного устройства и трубопровод для выпуска промывочного средства, нагруженного метанолом, из промывочного устройства,

(i) устройство для отделения водорода, содержащее ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления, трубопровод для введения потока продувочного газа, обедненного по метанолу, в устройство для отделения водорода, трубопровод для выпуска потока газа, обогащенного водородом, из устройства для отделения водорода и трубопровод для выпуска потока газа, обедненного по водороду, из устройства для отделения водорода,

(j) трубопровод для рециркуляции потока газа, обогащенного водородом, в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов, содержащего водород, в первое смешительное устройство.

14. Установка по п.13, отличающаяся тем, что в устройстве для отделения водорода ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления соединены последовательно и сообщены друг с другом по текучей среде.

15. Установка по п.14, дополнительно содержащая трубопровод, с помощью которого первый поток газа, обогащенный водородом, полученный в качестве пермеата на ступени мембранного разделения, рециркулируют в первое смешительное устройство в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов.

16. Установка по п.15, дополнительно содержащая трубопровод для введения ретентата, получен-

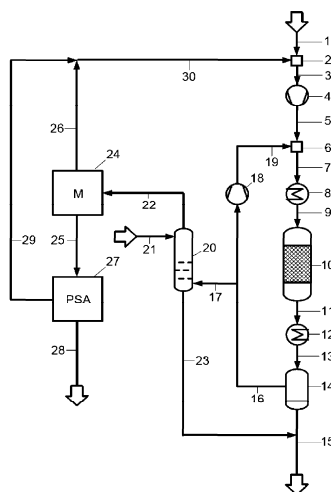
ного на ступени мембранного разделения, на ступень адсорбции с перепадом давления и трубопровод для введения второго потока газа, обогащенного водородом, полученного на ступени адсорбции с перепадом давления, в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов в первое смешительное устройство или для выпуска из установки в виде отводимого потока водорода.

17. Установка по п.16, дополнительно содержащая смешительное устройство для объединения второго потока газа, обогащенного водородом, с первым потоком газа, обогащенным водородом, и трубопровод для подачи полученного смешанного потока газа в первое смешительное устройство.

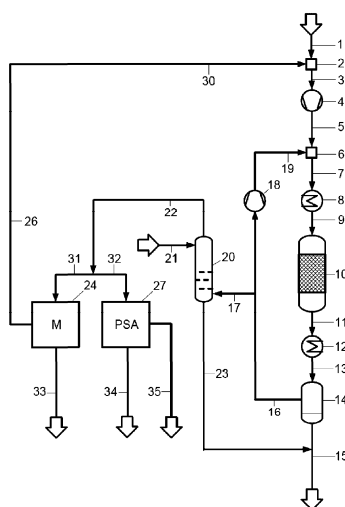
18. Установка по п.13, отличающаяся тем, что ступень мембранного разделения и ступень адсорбции с перепадом давления соединены параллельно в устройстве для отделения водорода, и при этом она дополнительно содержит трубопровод для введения части потока продувочного газа, обедненного по метанолу, на ступень мембранного разделения и трубопровод для введения оставшейся части потока продувочного газа, обедненного по метанолу, на ступень адсорбции с перепадом давления.

19. Установка по п.18, дополнительно содержащая трубопровод, с помощью которого первый поток газа, обогащенный водородом, полученный в качестве пермеата на ступени мембранного разделения, рециркулирует в первое смешительное устройство в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов.

20. Установка по п.19, дополнительно содержащая трубопровод для введения второго потока газа, обогащенного водородом, полученного на ступени адсорбции с перепадом давления, в качестве потока газа для регуляции соотношения компонентов в первое смешительное устройство или для выпуска из установки в виде отводимого потока водорода.



Фиг. 1



Фиг. 2

