

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 023199

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2016.05.31

(51) Int. Cl. **F25J 3/00** (2006.01)
C10G 2/00 (2006.01)
C01B 3/32 (2006.01)

(21) Номер заявки
201291145

(22) Дата подачи заявки
2011.04.27

(54) ТЕХНОЛОГИЯ "ГАЗ-В-ЖИДКОСТЬ" ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГАЗА В ЖИДКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

(31) 1007196.7

(56) US-A1-2003136146

(32) 2010.04.30

EP-A2-1808408

(33) GB

WO-A2-2008005518

(43) 2013.06.28

WO-A1-0102089

(86) PCT/GB2011/050831

(87) WO 2011/135357 2011.11.03

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

КОМПАКТДжиTiЭл ПиЭлСи (GB)

(72) Изобретатель:

Бауэ Майкл Джозеф, Пит Роберт, Вест
Дэвид Джеймс (GB), Хокер Филип (IE)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Способ и установка (10) по технологии "газ-в-жидкость" для обработки природного газа (5), в которой природный газ подвергают расширению с помощью ограничителя (16) потока, чтобы подвергнуть охлаждению согласно эффекту Джоуля-Томсона, позволяет выделять жидкости (21, 22) из газового потока. Природный газ может быть охлажден, прежде чем он достигнет ограничителя (16) потока, с помощью теплообмена с текучей средой, которая была пропущена через ограничитель (16) потока. Это снижает содержание углеводородов с более длинными цепями в природном газе, чем можно упростить последующую обработку, и может обеспечить сокращение габаритов установки.

B1

023199

023199
B1

Настоящее изобретение относится к установке и способу обработки природного газа для получения жидкого продукта.

Общеизвестно, что из большинства нефтяных скважин также добывают природный газ. На многих нефтяных скважинах природный газ извлекают в относительно малых количествах вместе с нефтью. Когда количества этого попутного газа являются достаточно большими, или скважина находится вблизи уже существующей газотранспортной инфраструктуры, газ может быть транспортирован на отдаленную перерабатывающую установку. Когда добычу нефти проводят в более отдаленных местах, введение попутного газа в существующую газотранспортную инфраструктуру является затруднительным. При отсутствии такой инфраструктуры попутный газ обычно утилизируют сжиганием его в факеле или возвратным закачиванием. Однако сжигание газа в факеле уже не является экологически приемлемым подходом, тогда как возвратное закачивание может оказывать негативное влияние на качество нефти, добываемой из месторождения.

Для преобразования природного газа в жидкие углеводороды может быть использована технология "газ-в-жидкость", и для получения жидких углеводородов может быть привлечен двухстадийный подход, включающий образование синтез-газа с последующим синтезом по Фишеру-Тропшу. В общем, синтез-газ (смесь водорода иmonoоксида углерода) может быть генерирован одним или более путями из парциального окисления, автотермального риформинга или парового риформинга метана. Там, где используют паровой риформинг метана, реакция является эндотермической и тем самым требует подведения тепловой энергии. Синтез-газ затем подвергают переработке в синтезе Фишера-Тропша. Для проведения синтеза Фишера-Тропша оптимальное отношение водорода к monoоксиду углерода составляет около 2:1, и паровой риформинг имеет преимущество в получении водорода в количестве, более чем достаточном для этой цели.

Такой способ описан, например, в патентных документах WO 01/51194 (фирмы AEA Technology) и WO 03/006149 (фирмы Accentus plc). Природный газ представляет собой главным образом метан, но также содержит небольшие доли углеводородов с более длинными цепями. В каждом случае природный газ сначала подвергают обработке в стадии предварительного риформинга, в которой углеводороды с более длинными цепями преобразуются в метан, реакцией с паром, например, над никелевым катализатором при температуре 400°C. Что касается способа Фишера-Тропша, то, как описано в патентном документе WO 2004/050799 (фирмы GTL Microsystems AG), для подходящего катализатора применяют мелкие частицы кобальта на керамическом носителе, но этот катализатор может быть поврежден в результате реакции отравления в присутствии водяных паров. Для обеспечения того, чтобы это не происходило, реактор работает так, чтобы выполнять преобразование по Фишеру-Тропшу не более чем на 70%, и затем полученные газы подвергают обработке во второй стадии синтеза Фишера-Тропша. Хотя это дает удовлетворительный путь преобразования природного газа в углеводородный продукт с более длинными цепями, было бы желательным создание альтернативных установки и способа.

Согласно настоящему изобретению, представлена установка для обработки природного газа по технологии "газ-в-жидкость", в которой природный газ подвергают расширению с помощью ограничителя потока так, чтобы он претерпел охлаждение в результате эффекта Джоуля-Томсона, с отделением образовавшихся жидкостей.

Настоящее изобретение также представляет способ обработки природного газа этим путем. Способ согласно изобретению относится к химическому процессу преобразования природного газа (главным образом метана) в углеводороды с более длинными цепями.

В идеальном случае расширение происходит без значительного переноса теплоты из окружающей среды, природный газ расширяется до состояния с более низким давлением. Ограничитель потока может представлять собой дроссельную заслонку, или, альтернативно, может быть впускным соплом вихревого трубчатого сепаратора, или турбодетандером, или разделительным устройством "Твистер" (TM). Вихревая труба, или труба Ранке-Хильша, разделяет газ на поток горячего газа и поток холодного газа. Поток горячего газа может быть использован где-нибудь еще в пределах установки. Однако в результате разделения на два потока охлаждается только часть газов. Расширение может охлаждать природный газ до температуры ниже 0°C, более конкретно ниже -10°C, например, ниже -15°C, с тем результатом, что углеводороды с более длинными цепями конденсируются из паровой фазы в жидкостную фазу и могут быть отделены от остального природного газа. Степень охлаждения выбирают для обеспечения того, чтобы выходной поток находился под давлением, достаточным для продвижения газа через технологический процесс. В то время как температура может быть снижена дополнительно, чтобы интенсифицировать извлечение высших углеводородов, это перестает быть выгодным, когда расходы на повышенные параметры сжатия для повторного повышения давления газа превышают стоимость дополнительно извлекаемых углеводородов с более длинными цепями. Поток природного газа предпочтительно подают в ограничитель потока через теплообменник, в котором он охлаждается в контакте по меньшей мере с одной текучей средой, которая была охлаждена пропусканием через ограничитель потока, чтобы природный газ имел температуру ниже температуры окружающей среды, когда он достигает ограничителя потока.

Преимущество этого способа состоит в том, что значительно снижается содержание углеводородов с более длинными цепями в оставшемся природном газе. Поэтому это может быть практически выпол-

нимым, чтобы затем подвергать природный газ риформингу без необходимости в отдельном предварительном риформинге. Дополнительное преимущество заключается в том, что сокращается количество углеводородов, подвергаемых обработке в последующих химических процессах, благодаря чему могут быть уменьшены габариты и тем самым стоимость остальной части установки.

Потенциальной проблемой в таком способе охлаждения является опасность образования содержащих метан гидратов, хотя это может не иметь места в устройстве "Твистер", так как время пребывания может быть достаточно коротким для предотвращения формирования кристаллических гидратов. Для разрешения этой проблемы в поток природного газа могут быть введены оксигенаты, такие как метанол или этанол, выше по потоку относительно ограничителя потока. Этим предотвращают образование гидратов. В контексте установки на основе технологии «газ-в-жидкость» такие оксигенаты образуются во время синтеза Фишера-Тропша, и могут быть извлечены из полученной водной фазы отгонкой с водяным паром. Эти оксигенаты тем самым позволяют охлаждать поток газа до более низкой температуры. Затем природный газ преобразуют в синтез-газ, либо паровым риформингом метана, парциальным окислением, либо автотермическим риформингом. В случае парового риформинга метана необходимое тепло может быть подведено каталитическим горением внутри соседних каналов в пределах объединенного реактора для риформинга/сгорания, или горячими отходящими газами из отдельного топочного реактора. Полученный синтез-газ содержит больше водорода, чем это требуется для синтеза Фишера-Тропша, и по меньшей мере некоторая часть избыточного водорода может быть отделена от синтез-газа с помощью мембранный сепаратора и направлена в магистральный топливопровод. Если мембрану не используют для разделения, разделение может быть выполнено путем абсорбции при переменном давлении. Магистральный топливопровод может подводить топливо для процесса горения, который поставляет тепловую энергию для реакции парового риформинга метана, или может подводить топливо для предварительного нагревания воздуха, подаваемого для такого процесса горения.

Затем синтез-газ может быть подвергнут обработке в реакции синтеза Фишера-Тропша для преобразования синтез-газа в углеводороды с более длинными цепями. Это может быть одностадийным процессом или двухстадийным процессом. После отделения жидкого углеводородного продукта и водной фазы, например, в трубчатом теплообменнике, с последующим разделением в отстойнике на основе разности плотностей, получается остаточный газ. Остаточный газ содержит водород,monoоксид углерода, диоксид углерода и метан. Некоторую часть остаточного газа предпочтительно подают в поток синтез-газа, предпочтительно выше по потоку относительно мембранный сепаратора. По меньшей мере, некоторую часть остаточного газа направляют в магистральный топливопровод.

По меньшей мере, некоторое количество водной фазы может быть нагрето до кипения для получения пара и содержащих оксигенаты паров, которые подают в газовую смесь для сжигания. Например, они могут быть направлены в воздух для горения, подводимый в канальные камеры сгорания, или в топочный реактор.

Будет понятно, что процесс парового риформинга метана производит два горячих выходных потока: поток синтез-газа, типично с температурой выше 800°C, и поток отходящих газов, который может иметь подобную температуру (если используют объединенный реактор для сгорания/риформинга), или который может быть при несколько более низкой температуре (если применяют отдельный топочный реактор). Эти горячие потоки предпочтительно используют для подведения тепловой энергии к газам, подаваемым в процесс риформинга. Например, горячий синтез-газ может быть использован для получения пара, необходимого для риформинга, тогда как отходящие газы могут быть использованы для предварительного нагревания воздуха для горения.

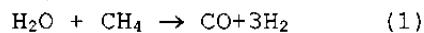
В дополнительном аспекте настоящего изобретения представлены способ на основе технологии "газ-в-жидкость" и установка для исполнения способа, причем в способе применяют стадию горения с использованием потока воздуха, и причем способ создает избыточный водород, причем избыточный водород отделяют с использованием мембранны или с использованием абсорбции при переменном давлении, и используют для предварительного нагревания потока воздуха для горения. Для предварительного нагревания потока воздуха может быть применен процесс каталитического горения. Например, водород может быть отделен от синтез-газа или от остаточного газа реакции в синтезе Фишера-Тропша.

В еще одном дополнительном аспекте настоящее изобретение представляет способ на основе технологии "газ-в-жидкость" и установку для исполнения способа, причем в способе используют стадию горения, и где способ выполняет синтез Фишера-Тропша, в котором теплоту из синтеза Фишера-Тропша используют для получения пара, и пар вводят в поток газа, подводимый в стадию горения. Поток, который подают в стадию горения, может включать оксигенаты, которые образовались как побочные продукты синтеза Фишера-Тропша.

Теперь изобретение будет описано дополнительно и более конкретно, только в качестве примера, и с привлечением сопроводительного чертежа, который схематически показывает блок-схему установки "газ-в-жидкость" и связанного с нею оборудования.

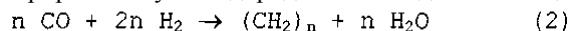
Изобретение относится к химическому процессу для преобразования природного газа (главным образом метана) в углеводороды с более длинными цепями. Оно пригодно для обработки попутного газа, который представляет собой природный газ, который добывают вместе с сырой нефтью, и затем отделя-

ют от сырой нефти. Первая стадия химического процесса включает образование синтез-газа, например, путем парового риформинга, по реакции типа



Эта реакция является эндотермической, и может быть катализирована родиевым или платино-родиевым катализатором в первом газовом проточном канале. Теплота, необходимая для стимулирования этой реакции, может быть подведена каталитическим горением газа, такого как метан или водород, которое является экзотермическим, в соседнем канале, или путем теплообмена с отходящими газами из отдельного топочного реактора. Горение может быть катализировано палладиевым катализатором в соседнем втором газовом проточном канале в компактном каталитическом реакторе. В обоих случаях катализатор может быть нанесен на носитель из стабилизированного оксида алюминия, который образует покрытие обычно с толщиной менее 100 мкм, на металлической подложке. В альтернативном варианте катализатор может быть нанесен на стенки проточных каналов или может быть размещен в виде гранул внутри проточного канала. Теплота, генерированная горением, могла бы быть передана через металлический лист, разделяющий смежные каналы.

Газовую смесь, полученную паровым риформингом метана, затем используют для проведения синтеза Фишера-Тропша для генерирования углеводородов с более длинными цепями, то есть



который представляет собой экзотермическую реакцию, протекающую при повышенной температуре, обычно между 190 и 280°C, например 230°C, и при повышенном давлении, обычно между 1,8 и 2,6 МПа (абсолютных значений), например 2,5 МПа, в присутствии катализатора, такого как железо, кобальт или плавленый магнетит, с калиевым промотором. В то время как могут быть использованы катализаторы на основе Fe, предпочтительными являются катализаторы на основе металлического Co, промотированные драгоценными металлами, такими как Pd, Pt, Ru или Re, с легированием до содержания 1% по весу, когда работу проводят при более низких температурах, поскольку они повышают устойчивость к окислению. Активными металлами до содержания 10-40% по весу импрегнируют огнеупорные материалы носителей, такие как TiO₂, Al₂O₃ или SiO₂, которые могут быть легированы оксидами редкоземельных и переходных металлов для повышения их гидротермальной стабильности.

1. Предварительная обработка

С обращением к чертежу показана установка 10 для технологии "газ-в-жидкость" согласно изобретению. Сырьевой природный газ 5 главным образом состоит из метана, но с небольшим содержанием других газообразных углеводородов, парообразных углеводородов и водяного пара. Сырьевой газ 5 может, например, иметь давление 4,0 МПа (40 атмосфер) и температуру 35°C после охлаждения морской водой от первоначальной температуры 90°C и может быть составлен попутным газом из продуктивной скважины для добычи сырой нефти.

Сырьевой природный газ 5 сначала пропускают через коагулятор 12, в котором удаляются любые капельки. Затем в сырьевой газ 5 через инжектор 14 впрыскивают небольшое количество оксигенаторов (главным образом этилена и метанола, и обозначенных "спирт"), затем сырьевой газ 5 пропускают через теплообменник 15 для охлаждения его и затем через дроссельный клапан 16, на котором он адиабатически расширяется до области более низкого давления (обычно до около 1 МПа), без существенного поступления теплоты из окружающей среды. В результате этого, в соответствии с эффектом Джоуля-Томсона, природный газ значительно охлаждается, например, до температуры -18°C. Полученный охлажденный поток затем подают в фазовый сепаратор 18, тем самым с получением газовой фазы 20, фазы 21 жидких углеводородов и водной фазы 22 (содержащей оксигенаторы). Применение оксигенаторов обеспечивает то, что не образуются содержащие метан гидраты. Все три из этих потоков текучих сред пропускают через теплообменник 15 для охлаждения поступающего сырьевого газа 5.

Фаза 21 жидких углеводородов составляет часть выходного продуктowego потока жидких углеводородов из установки 10.

Газовую фазу 20 затем подвергают предварительной обработке 25, которая может включать одно или более из следующего: изменение ее давления; изменение ее температуры; и удаление загрязняющих примесей, таких как сера. Затем ее смешивают с паром в смесителе 26.

2. Получение синтез-газа

Затем паро-газовую смесь, предпочтительно при температуре около 450°C, подают в установку 30 каталитического парового риформинга метана. Риформинг-установка 30 состоит из компактного каталитического реактора, сформированного из пакета пластин, определяющего две серии каналов, расположенных в чередующемся порядке. Каналы одной серии предназначены для проведения реакции риформинга, и содержат катализатор риформинга на съемных гофрированных носителях из металлической фольги, тогда как каналы другой серии предназначены для подведения тепловой энергии.

В этом примере теплоту подводят с использованием отдельной горелки 32, причем отходящие газы из горелки 32 с температурой около 850°C пропускают через риформинг-установку 30 в режиме противотока относительно течения паро-метановой смеси. Реакционные каналы риформинг-установки 30 могут содержать никелевый катализатор на начальном участке канала, с длиной между 100 и 200 мм, на-

пример 150 мм, из общей длины реакционного канала, составляющей 600 мм. На первом участке канала, где присутствует никелевый катализатор, происходит предварительный риформинг, так что любые высшие углеводороды будут реагировать с паром для образования метана. На остальной длине реакционные каналы содержат катализатор риформинга, например, платино-родиевый катализатор, где пар и метан реагируют с образованиемmonoоксида углерода и водорода.

Теплоту для реакции парового риформинга метана в риформинг-установке 30 подводят от сжигания газообразного топлива из магистрального топливопровода 34 в потоке воздуха для горения. В этом примере газообразное топливо представляет собой главным образом водород. Воздух для горения подают с помощью компрессора 36 и предварительно нагревают в теплообменнике 38, отбирая тепло от горячих отходящих газов, образованных при горении, после того, как они были пропущены через риформинг-установку 30. В дополнение, в воздух для горения вводят смесь 40 пара и паров спирта выше по потоку относительно горелки 32. После пропускания через теплообменник 38 отходящие газы могут быть выпущены через выхлопную трубу 39.

Из риформинг-установки 30 смесь монооксида углерода и водорода выходит с температурой выше 800°C, и ее подвергают резкому охлаждению до температуры ниже 400°C пропусканием ее через паро-перегревательный теплообменник 42 в форме термосифона. Теплообменник 42 представляет собой кожухотрубный теплообменник, причем горячие газы проходят через трубы, и с впускным и выпускным каналами, сообщающимися с кожухом на верхней и нижней частях, и в сообщении с паровым барабаном 44. Паровой барабан 44 примерно наполовину заполнен водой, и тем самым вода путем естественной конвекции циркулирует между теплообменником 42 и паровым барабаном 44. Полученный пар из парового барабана 44 подводят в смеситель 26 через регулировочный вентиль 46.

Газовая смесь, которая находится в форме синтез-газа, может быть подвергнута дополнительному охлаждению (не показано). Затем ее подвергают сжатию с использованием двух последовательных компрессоров 50, предпочтительно со стадиями охлаждения и отделения жидкостей (не показаны) после каждого компрессора 50. Компрессоры 50 повышают давление до уровня около 2,5 МПа (25 атм).

Из вышеуказанного уравнения (1) будет понятно, что отношение водорода к CO, полученных этим путем, составляет около 3:1, тогда как стехиометрическим условием является соотношение около 2:1, как очевидно из уравнения (2). Поэтому синтез-газ с высоким давлением пропускают через проницаемую для водорода мембранию 52 для удаления избыточного водорода. Этот водород подают в магистральный топливопровод 34, и он представляет собой основное газообразное топливо.

3. Синтез Фишера-Тропша и обработка продуктов

Поток монооксида углерода и водорода под высоким давлением затем нагревают до температуры около 200°C в теплообменнике 54 и затем подают в каталитический реактор 55 Фишера-Тропша, который опять же представляет собой компактный каталитический реактор, сформированный из пакета пластин, как описано выше; смесь реагентов протекает через одну серию каналов, тогда как через вторую серию протекает хладагент. Хладагент циркулирует с помощью насоса 56 и пропускается через теплообменник 58. Реакция Фишера-Тропша происходит при температуре около 210°C, и хладагент циркулирует с такой скоростью, чтобы температура варьировалась менее чем на 10 К при проходе через реактор 55.

Продукты реакции из синтеза Фишера-Тропша, главным образом вода и углеводороды, такие как парафины, охлаждают до температуры около 70°C для конденсации в жидкости пропусканием через теплообменник 60, и подают в разделительную камеру 62, в которой три фазы, вода, углеводороды и остаточные газы, разделяются. Водная фаза содержит воду с содержанием около 1-2% окисиленов, таких как этанол и метанол, которые образовались в синтезе Фишера-Тропша. Большую часть водной фазы из разделительной камеры 62 подвергают обработке отгонкой 63 с водяным паром для отделения окисиленов (обозначенных "спирт"), оставляя чистую воду, которая может быть выпущена в стоки. Отделенные окисилены, которые имеют концентрацию окисиленов около 80%, впрыскивают через инжектор 14 выше по потоку относительно дроссельного клапана 16, как описано выше. Остальную водную фазу подают как технологическую воду через теплообменник 58, и тем самым через редукционный клапан 64 для снижения давления в отпарной бак 66. В отпарном баке 66 водная фаза закипает, обычно при давлении около 1,0 МПа (10 атм), причем жидкостную фазу подают из донной части отпарного бака 66 в паровой барабан 44, тогда как паровая фаза, которая содержит пар и основное количество окисиленов, образует поток 40, который вводят в воздух для горения через регулировочный вентиль 68.

Углеводородная фаза из разделительной камеры 62 представляет собой углеводородный продукт с более длинными цепями. Паровую и газовую фазу из разделительной камеры 62 направляют через два последовательных охлаждающих теплообменника 70, второй из которых охлаждает пары до температуры окружающей среды. Любые жидкости, которые конденсируются при проходе через первый теплообменник 70, подают обратно в разделительную камеру 62. Выходной поток из второго теплообменника 70 подают в камеру 72 для разделения фаз, где разделяют воду и продукт, составленный легкими жидкими углеводородами.

Затем остальную паровую фазу, которая находится под таким же давлением, как в реакторе 55 Фишера-Тропша, пропускают через теплообменник 74 к дроссельному клапану 76 и затем в бак 78 для разделения фаз. Когда газ проходит через дроссельный клапан 76, он адиабатически расширяется до области

более низкого давления, без существенного поступления теплоты из окружающей среды. В результате этого, в соответствии с эффектом Джоуля-Томсона, газ значительно охлаждается. Жидкости, которые выходят из бака 78 для разделения фаз, содержат воду и продуктовые легкие углеводороды. Газы, которые выходят из бака 78 для разделения фаз, которые представляют собой остаточные газы из процесса Фишера-Тропша, пропускают обратно через теплообменник 74 для охлаждения поступающих газов, и, необязательно, через проницаемую для водорода мембрану (не показана). Часть остаточного газа может быть направлена обратно в поток синтез-газа выше по потоку относительно первого компрессора 50. По меньшей мере часть остаточного газа подают в магистральный топливопровод 34, чтобы обеспечить то, что в реакторе 55 Фишера-Тропша не образуется избыток метана.

4. Передача энергии и обзор способа

Магистральный топливопровод 34 не только поставляет топливо для горелки 32, но также подводит топливо через топливный компрессор 80 к газовой турбине 82. На самом деле, сжатое газообразное топливо также может быть подано в другое оборудование (не показано), которое не составляет часть установки 10. Газовая турбина 82 может быть предназначена для снабжения электрической энергией работающую установку 10. Как обозначено пунктирной линией в фигуре, в этом примере электрическую энергию, выработанную газовой турбиной 82, используют для питания компрессоров 50. В альтернативном варианте, газовая турбина 82 также может быть непосредственно присоединена для привода компрессоров 50.

Будет понятно, что в вышеописанном способе теплота, выделившаяся в реакции Фишера-Тропша, используется для выкипания пара и спирта в отпарном баке 66, и тем самым передается в топочные каналы с питающим потоком 40. Остальная теплота, необходимая для риформинга, подводится газообразным топливом из магистрального топливопровода 34, которое сжигают в горелке 32. Это может быть канальная горелка, в которой имеются несколько сопел, через которые газообразное топливо подается в поток воздуха для горения так, что оно сгорает с образованием пламени. В альтернативном варианте, горелка 32 может представлять собой устройство для каталитического беспламенного горения. Как было упомянуто ранее, полученный горячий отходящий газ снабжает теплом риформинг-установку 30, и затем используется для предварительного нагревания воздуха для горения в теплообменнике 38.

В одной модификации вышеописанного способа воздух для горения может быть дополнительно подвергнут предварительному нагреванию введением водорода в воздух для горения, и пропусканием его через ячеистую конструкцию в виде пчелиных сот из содержащей алюминий ферритной стали, такой как "Фекралloy", с окисленной поверхностью, которая, как было найдено, обладает каталитической активностью для горения водорода. Альтернативно, предварительное нагревание может быть выполнено с использованием канальной горелки, в которой сгорает топливо, такое как водород. Окончательное нагревание воздуха для горения до желательной температуры вблизи 800°C может быть затем достигнуто с использованием канальной горелки 32, в которую подают поток горючего газа, такого как остаточный газ из процесса Фишера-Тропша, или, как описано выше, с использованием горелки 32, которая представляет собой устройство для каталитического беспламенного горения.

В дополнительной модификации воздух для горения подвергают предварительному нагреванию либо пропусканием через канальную горелку, снабженную подходящим топливом, либо введением водорода в воздух для горения, и пропусканием его через ячеистую конструкцию в виде пчелиных сот из содержащей алюминий ферритной стали, как описано выше, чтобы водород вовлекался в каталитическое горение. Горячий воздух для горения затем подают в объединенный реактор для горения/риформинга, и топливо, такое как метан или остаточный газ, вводят и подвергают каталитическому горению в тепловыделяющих каналах реактора, через которые протекает горячий воздух для горения. В этой модификации каталитическое горение, например, может происходить над палладий-платиновым катализатором внутри тепловыделяющих каналов в риформинг-реакторе 30. В этом случае проток для газообразных продуктов горения предпочтительно является прямоточным относительно протока для газа риформинг-установки. Катализатор может включать гамма-оксид алюминия в качестве носителя, покрытый смесью палладия и платины в соотношении 3:1, которая представляет собой эффективный катализатор в широком диапазоне температур. Смесь газообразных продуктов горения может быть поэтапно направлена по реактору 30 для обеспечения того, что горение происходит по всей длине топочных каналов.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Установка по технологии "газ-в-жидкость" для обработки природного газа, включающая

ограничитель потока природного газа для расширения и тем самым осуществления охлаждения согласно эффекту Джоуля-Томсона с отделением полученных жидких углеводородов с более длинными цепями от остального природного газа;

горелку для проведения процесса горения газообразного топлива;

устройство каталитического риформинга, содержащее каналы для проведения реакции риформинга, для обработки остального природного газа с образованием синтез-газа, причем устройство каталитического риформинга также содержит каналы для подведения теплоты от процесса горения, проведенного в

указанной горелке;

реактор Фишера-Тропша, в который подают синтез-газ;

устройство для отделения углеводородного продукта и водной фазы от выходного потока реактора Фишера-Тропша;

причем установка также содержит устройство для отгонки с водяным паром для выделения оксигенатов из водной фазы и инжектор для введения выделенных оксигенатов в поток природного газа выше по потоку относительно ограничителя потока;

теплообменник и бак, установленные таким образом, чтобы по меньшей мере некоторая часть теплоты от выходного потока реактора Фишера-Тропша вызывала кипение части водной фазы с получением паровой фазы, содержащей пар и оксигенаты; и

трубопровод для введения паровой фазы, содержащей пар и оксигенаты, в поток воздуха, подаваемого в горелку для проведения процесса горения.

2. Установка по п.1, включающая теплообменник, предназначенный для теплопередачи между природным газом, прежде чем он достигнет ограничителя потока, и по меньшей мере одной текучей средой, которая была охлаждена пропусканием через ограничитель потока.

3. Установка по любому из предшествующих пунктов, в которой устройство каталитического риформинга для образования синтез-газа, содержащего избыточный водород, дополнительно включает сепаратор для удаления водорода из синтез-газа.

4. Установка по п.3, включающая магистральный топливопровод для отвода отделенного водорода.

5. Установка по п.4, включающая устройство для отделения остаточного газа от потока, выходящего из реактора Фишера-Тропша, причем некоторую часть остаточного газа вовлекают в рециркуляцию в поток синтез-газа и некоторую часть остаточного газа подают в магистральный топливопровод.

6. Установка по п.1, также включающая устройство для введения водорода в поток воздуха для горения и устройство для предварительного нагревания потока воздуха для горения, причем устройство предварительного нагревания содержит устройство, включающее содержащую алюминий ферритную сталь без любого каталитического покрытия.

7. Способ по технологии "газ-в-жидкость" для обработки природного газа, реализуемый посредством установки по п.1, включающий стадии, на которых

природный газ подвергают расширению с помощью ограничителя потока так, чтобы подвергнуть охлаждению согласно эффекту Джоуля-Томсона, с последующим отделением полученных жидких углеводородов с более длинными цепями от остального природного газа;

газообразное топливо подвергают процессу горения в горелке для выделения теплоты;

проводят обработку остального природного газа с образованием синтез-газа за счет проведения эндотермической реакции каталитического риформинга и подводят теплоту для реакции риформинга за счет процесса горения проведенного в горелке;

подвергают синтез-газ переработке в синтезе Фишера-Тропша и разделяют выходной поток из синтеза Фишера-Тропша на углеводородный продукт и водную fazу;

причем водную fazу подвергают отгонке с водяным паром для извлечения оксигенатов, которые затем вводят в поток природного газа выше по потоку относительно ограничителя потока; и

при этом по меньшей мере некоторую часть теплоты, полученной в результате реакции синтеза Фишера-Тропша, используют для генерирования потока пара, содержащего пар и оксигенаты; причем поток пара, содержащий пар и оксигенаты, объединяют с потоком воздуха и подают в горелку для проведения процесса горения.

8. Способ по п.7, включающий стадию, на которой проводят теплопередачу между природным газом, прежде чем он достигнет ограничителя потока, и по меньшей мере одной текучей средой, которая была охлаждена пропусканием через ограничитель потока.

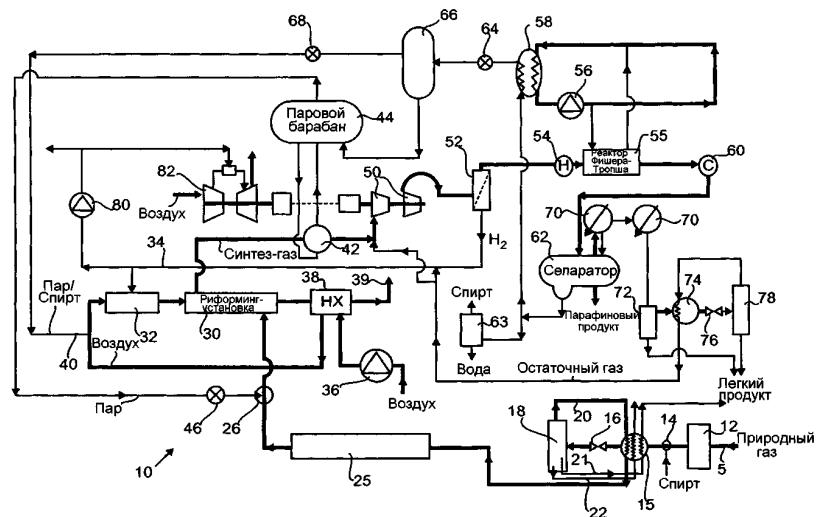
9. Способ по п.7 или 8, в котором стадию, на которой природный газ подвергают расширению с помощью ограничителя потока, проводят только один раз.

10. Способ по любому из пп.7-9, в котором на стадии обработки природного газа с образованием синтез-газа образуется синтез-газ, содержащий избыточный водород, который удаляют из синтез-газа.

11. Способ по п.10, в котором процесс горения, обеспечивающий тепло для эндотермической реакции, представляет собой, по меньшей мере частично, сжигание удаленного избыточного водорода.

12. Способ по любому из пп.7-11, в котором остаточный газ отделяют от выходного потока из синтеза Фишера-Тропша и в котором некоторую часть остаточного газа вовлекают в рециркуляцию в поток синтез-газа и некоторую часть остаточного газа используют в качестве топлива.

13. Способ по п.11, в котором поток воздуха для горения предварительно нагревают смешением с водородом из удаленного избыточного водорода и пропускают через каталитическое устройство, включающее содержащую алюминий ферритную сталь без любого каталитического покрытия, чтобы водород подвергался каталитическому горению на поверхности стали.



Евразийская патентная организация, ЕАПО
Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2