



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

(21)(22) Заявка: 2014104491/05, 05.07.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
08.07.2011 US 13/179,279

(43) Дата публикации заявки: 20.08.2015 Бюл. № 23

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 10.02.2014(86) Заявка РСТ:  
US 2012/045519 (05.07.2012)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2013/009560 (17.01.2013)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городиский и  
Партнеры"

(71) Заявитель(и):

**ПРАКСАЙР ТЕКНОЛОДЖИ, ИНК. (US)**

(72) Автор(ы):

**КЕЛЛИ Шон М. (US),  
КРОМЕР Брайан Р. (US),  
ЛИТВИН Майкл М. (US),  
РОУЗЕН Ли Дж. (US),  
КРИСТИ Джервас Максвелл (US),  
УИЛСОН Джейми Р. (US),  
КОСОВСКИ Лоуренс В. (US),  
РОБИНСОН Чарльз (US)**(54) **МЕМБРАННАЯ СИСТЕМА ПЕРЕНОСА КИСЛОРОДА И СПОСОБ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В  
КАТАЛИТИЧЕСКИЕ/ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ**

(57) Формула изобретения

1. Мембранный модуль для переноса кислорода для получения тепла, используемого в процессе получения синтез-газа, модуль содержит:

множество трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, каждый из них имеет сторону пермеата, расположенную на внешней поверхности трубчатого мембранного элемента для переноса кислорода, и сторону ретентата, расположенную на внутренней поверхности трубчатого мембранного элемента для переноса кислорода, трубчатые мембранные элементы для переноса кислорода выполнены с возможностью отделения кислорода из потока, содержащего кислород, вступающего в контакт со стороной ретентата множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода и получения кислорода на стороне пермеата трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода и сжигания кислорода, проникающего на сторону пермеата, с помощью потока синтез-газа, содержащего водород, вступающего в контакт со стороной пермеата трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, тем самым генерируя радиантное тепло, поток продукта реакции, содержащего водяной пар, и потока ретентата;

по меньшей мере, один каталитический реактор, расположенный вблизи множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода и выполненный с возможностью приема потока продукта реакции, содержащего пар, потока реагентов,

содержащего углеводороды, и радиантного тепла и обеспечения взаимодействия потока продукта реакции, содержащего водяной пар, с потоком реагентов, содержащим углеводороды, в присутствии радиантного тепла с получением потока синтез-газа;

причем коэффициент видимости, по меньшей мере, между одним каталитическим реактором и множеством трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, излучающих тепло на, по меньшей мере, один каталитический реактор, равен или больше, чем 0,5.

2. Модуль по п. 1, в котором, по меньшей мере, один каталитический реактор дополнительно содержит, по меньшей мере, одну трубу реактора, содержащую катализатор для ускорения реакции парового риформинга, каждая труба реактора имеет вход на одном конце каждой трубы реактора для приема потока продукта реакции, содержащего пар, и потока реагентов, содержащего углеводороды, и выход на другом конце каждой трубы реактора для высвобождения потока синтез-газа.

3. Модуль по п. 2, в котором множество трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода располагаются так, чтобы окружать трубы реакторов.

4. Модуль по п. 1, дополнительно содержащий:

по меньшей мере, один входной коллектор, соединенный с одним или более из множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, входной коллектор, выполненный с возможностью введения потока синтез-газа, содержащего водород, на сторону пермеата трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода и потока, содержащего кислород, на сторону ретентата трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода;

по меньшей мере, один выходной коллектор, соединенный с одним или более из множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, выходные коллекторы выполнены с возможностью приема потока продукта реакции, содержащего пар; и

причем, по меньшей мере, один выходной коллектор соединен с входом, по меньшей мере, одного каталитического реактора для доставки потока продукта реакции, содержащего пар, в каталитический реактор.

5. Модуль по п. 4, в котором, по меньшей мере, один выходной коллектор дополнительно соединен по текучей среде с потоком, содержащим углеводороды, для смешивания с потоком продукта реакции, содержащим пар, и доставки объединенного потока в каталитический реактор, тем самым образуя объединенный поток, который подвергается воздействию реакции парового риформинга.

6. Модуль по п. 4, в котором поток ретентата нагревается от сжигания кислорода, проникающего на сторону пермеата, с помощью потока синтез-газа, содержащего водород, и тепло от нагретого потока ретентата опосредованно переносится в, по меньшей мере, один каталитический реактор.

7. Модуль по п. 4, в котором поток ретентата нагревается от сжигания кислорода, проникающего на сторону пермеата, с помощью потока синтез-газа, содержащего водород, и тепло от нагретого потока ретентата используют для предварительного нагрева потока, содержащего кислород.

8. Способ получения синтез-газа, включающий стадии: отделения кислорода из потока, содержащего кислород, с помощью множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, каждый из которых имеет сторону пермеата, расположенную на внешних поверхностях трубчатого мембранного элемента для переноса кислорода, и сторону ретентата, расположенную на внутренних поверхностях трубчатого мембранного элемента для переноса кислорода, вступления в контакт потока, содержащего кислород, со стороной ретентата множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода и получения отделенного кислорода

на стороне пермеата трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода; сжигания кислорода, проникающего на сторону пермеата, с помощью потока синтез-газа, содержащего водород, вступающего в контакт со стороной пермеата трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, с генерированием радиантного тепла, потока продукта реакции и потока ретентата;

объединения потока продукта реакции с потоком реагентов, содержащим углеводороды, и добавления пара в поток синтез-газа, содержащий водород, поток продукта реакции или объединенный поток с образованием объединенного потока, содержащего пар;

взаимодействия объединенного потока, содержащего пар в, по меньшей мере, одном каталитическом реакторе в присутствии радиантного тепла для получения потока синтез-газа; и

рециркулирования части полученного синтез-газа с образованием потока синтез-газа, содержащего водород;

причем, по меньшей мере, один каталитический реактор расположен вблизи множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода и причем коэффициент видимости между, по меньшей мере, одним каталитическим реактором и множеством трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, излучающих тепло на, по меньшей мере, один каталитический реактор, равен или больше, чем 0,5.

9. Способ по п. 8, дополнительно включающий стадию добавления поступающего диоксида углерода в поток реагентов или объединенный поток, содержащий пар.

10. Способ по п. 8, в котором радиантное тепло поддерживает температуру реакции в каталитическом реакторе в пределах примерно между 850°C и примерно 1100°C.

11. Способ по п. 8 или 9, в котором синтез-газ используют в процессе получения метанола и причем объединенный поток имеет отношение пара к углероду в пределах примерно между 0,5 и 0,6.

12. Способ по п. 8 или 9, в котором синтез-газ используют в процессе получения метанола и причем синтез-газ имеет отношение водорода к монооксиду углерода в пределах примерно между 1,8 и 2,0.

13. Способ по п. 8 или 9, в котором синтез-газ используют в процессе получения синтетического топлива и причем объединенный поток имеет отношение пара к углероду в пределах примерно между 0,5 и 0,6.

14. Способ по п. 8 или 9, в котором синтез-газ используют в процессе получения синтетического топлива и причем синтез-газ имеет отношение водорода к монооксиду углерода в пределах примерно между 1,8 и 2,0.

15. Способ по п. 8, в котором поток ретентата нагревается от сжигания кислорода, проникающего на сторону пермеата, с помощью потока синтез-газа, содержащего водород, и тепло от нагретого потока ретентата опосредованно переносится в, по меньшей мере, один каталитический реактор.

16. Способ по п. 8, в котором поток ретентата нагревается от сжигания кислорода, проникающего на сторону пермеата, с помощью потока синтез-газа, содержащего водород, и тепло от нагретого потока ретентата используют для предварительного нагрева потока, содержащего кислород.

17. Термически объединенные мембранный модуль для переноса кислорода и модуль каталитического/технологического реактора, содержащие:

множество трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, каждый из которых имеет сторону пермеата, расположенную на внешних поверхностях трубчатого мембранного элемента для переноса кислорода, и сторону ретентата, расположенную на внутренних поверхностях трубчатого мембранного элемента для переноса кислорода, трубчатые мембранные элементы для переноса кислорода выполнены с возможностью

отделения кислорода из потока, содержащего кислород, вступающего в контакт со стороной ретентата множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, и получения кислорода на стороне пермеата трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода и сжигания кислорода, проникающего на сторону пермеата, с помощью потока синтез-газа, содержащего водород, вступающего в контакт со стороной пермеата трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, генерируя тем самым радиантное тепло, поток продукта реакции и нагретый поток ретентата;

по меньшей мере, одну технологическую трубу или реактор, расположенные вблизи множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода и выполненные с возможностью приема радиантного тепла, причем коэффициент видимости между, по меньшей мере, одной технологической трубой и множеством трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, излучающих тепло на, по меньшей мере, одну технологическую трубу или реактор, равен или больше, чем 0,5, и отношение площадей больше примерно, чем 0,60;

причем нагретый поток ретентата используют для предварительного нагрева потока, содержащего кислород;

причем мембранный элемент для переноса кислорода содержит плотный керамический разделительный слой из смешанной фазы с кислород-ионной проводимостью, содержащий смесь фазы с кислород-ионной проводимостью на основе диоксида циркония и фазы перовскита с преобладающей электронной проводимостью, расположенный на инертном пористом огнеупорном слое подложки.

18. Модуль по п. 17, в котором пар добавляют в поток синтез-газа, содержащий водород, или в поток продукта реакции и, по меньшей мере, одна технологическая труба или реактор представляет собой каталитический реактор парового риформинга, расположенный вблизи множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода и выполненный с возможностью приема потока продукта реакции, потока реагентов, содержащего углеводороды, и радиантного тепла и для взаимодействия потока продукта реакции с потоком реагентов, содержащим углеводороды, в присутствии радиантного тепла с получением потока синтез-газ.

19. Модуль по п. 17, в котором, по меньшей мере, одна технологическая труба или реактор представляет собой технологический нагреватель, расположенный вблизи множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода и выполненный с возможностью нагрева или частичного окисления подаваемых материалов синтетического газа в присутствии радиантного тепла с получением нагретого потока синтетического газа.

20. Модуль по п. 17, в котором технологическая труба или реактор представляет собой паровую трубу, расположенную вблизи множества мембранных элементов и выполненную с возможностью преобразования воды, поступающей в бойлер, в поток пара в присутствии радиантного тепла.

21. Способ термического объединения мембраны для переноса кислорода с каталитическим/технологическим реактором, включающий стадии:

отделения кислорода из потока, содержащего кислород, с помощью множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, каждый из которых имеет сторону пермеата, расположенную на внешней поверхности трубчатого мембранного элемента для переноса кислорода, и сторону ретентата, расположенную на внутренней поверхности трубчатого мембранного элемента для переноса кислорода, поток, содержащий кислород, вступает в контакт со стороной ретентата множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, и получения отделенного кислорода на стороне пермеата трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода;

сжигания кислорода, проникающего на сторону пермеата, с помощью потока синтез-газа, содержащего водород, вступающего в контакт со стороной пермеата трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, с генерированием радиантного тепла, потока продукта реакции и нагретого потока ретентата;

направления радиантного тепла в, по меньшей мере, одну технологическую трубу или реактор, расположенный вблизи множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, причем коэффициент видимости между, по меньшей мере, одной технологической трубой или реактором и множеством трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода равен или больше, чем 0,5, и отношение площадей больше примерно, чем 0,60; и

направления нагретого потока ретентата в теплообменник для предварительного нагрева потока, содержащего кислород;

причем мембранный элемент для переноса кислорода содержит плотный керамический разделительный слой из смешанной фазы с кислород-ионной проводимостью, содержащий смесь фазы с кислород-ионной проводимостью на основе диоксида циркония и фазы перовскита с преобладающей электронной проводимостью, расположенный на инертном пористом огнеупорном слое подложки.

22. Способ по п. 21, в котором, по меньшей мере, одна технологическая труба или реактор представляет собой реактор парового риформинга и способ дополнительно включает стадии:

объединения потока продукта реакции с потоком реагентов, содержащих углеводороды, и добавления пара в поток синтез-газа, содержащего водород, потока продукта реакции или объединенного потока для образования объединенного потока, содержащего водяной пар;

взаимодействия объединенного потока, содержащего водяной пар, по меньшей мере, в одном каталитическом реакторе в присутствии радиантного тепла с получением потока синтез-газа и

рециркулирования части полученного синтез-газа с образованием потока синтез-газа, содержащего водород.

23. Способ по п. 21, в котором, по меньшей мере, одна технологическая труба или реактор представляет собой технологический нагреватель, расположенный вблизи множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, и способ дополнительно включает стадию нагрева или частичного окисления синтетического газа, поступающего в технологический нагреватель, с получением нагретого потока синтетического газа.

24. Способ по п. 21, в котором, по меньшей мере, одна технологическая труба или реактор представляет собой паровую трубу, расположенную вблизи множества трубчатых мембранных элементов для переноса кислорода, и способ дополнительно включает стадию преобразования воды, поступающей в бойлер, в присутствии радиантного тепла с получением потока водяного пара в паровой трубе.