

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202091750** (13) **A1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2020.10.05**

(51) Int. Cl. **C01B 3/36 (2006.01)**  
**C21B 13/00 (2006.01)**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.03.25**

**(54) СИСТЕМА ИНЖЕКЦИИ КИСЛОРОДА ДЛЯ ПРОЦЕССА ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ**

(31) **62/648,550**

(72) Изобретатель:  
**Митисита Харуясу, Эллиот Антонио**  
**(US)**

(32) **2018.03.27**

(33) **US**

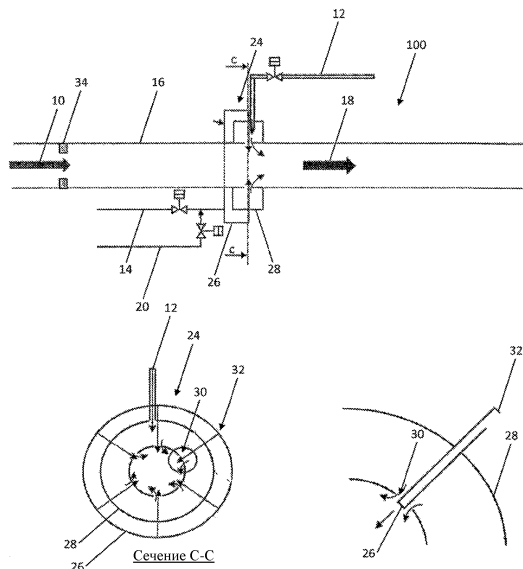
(86) **PCT/US2019/023832**

(74) Представитель:  
**Носырева Е.Л. (RU)**

(87) **WO 2019/190960 2019.10.03**

(71) Заявитель:  
**МИДРЭКС ТЕКНОЛОДЖИЗ, ИНК.**  
**(US)**

(57) Система инжекции кислорода для процесса прямого восстановления, содержащая общий кольцевой коллектор для инжекции газа, выполненный с возможностью подключения к источнику кислорода и источнику обогатительного природного газа и выполненный с возможностью подачи кислорода из источника кислорода и обогатительного природного газа в поток восстановительного газа, проходящий через канал, расположенный внутри общего кольцевого коллектора для инжекции газа в осевом направлении, через множество расположенных по окружности отверстий, чтобы формировать поток газа из кольцевого трубопровода горячего дутья; при этом общий кольцевой коллектор для инжекции газа содержит кольцевой коллектор для инжекции кислорода, выполненный с возможностью подачи кислорода из источника кислорода в поток восстановительного газа через множество расположенных по окружности отверстий, и кольцевой коллектор для инжекции обогатительного природного газа, выполненный с возможностью подачи обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа через множество расположенных по окружности отверстий.



**A1**

**202091750**

**202091750**

**A1**

## СИСТЕМА ИНЖЕКЦИИ КИСЛОРОДА ДЛЯ ПРОЦЕССА ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

### ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННУЮ ЗАЯВКУ

[0001] Настоящее изобретение заявляет преимущество приоритета одновременно находящейся на рассмотрении предварительной заявки на патент США № 62/648,550, поданной 27 марта 2018 под названием «OXYGEN INJECTION SYSTEM FOR A DIRECT REDUCTION PROCESS» («Система инъекции кислорода для процесса прямого восстановления»), содержание которой в полном объеме включено в данный документ посредством ссылки для всех целей.

### ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0002] Ссылаясь конкретно на фиг. 1, при традиционном процессе прямого восстановления (ПВ) нагретый восстановительный газ 10, состоящий в основном из  $H_2$  и  $CO$ , полученный путем риформинга природного газа, (или синтез-газ) подают в шахтную печь (ШП) через систему кольцевого трубопровода и фурм для восстановления оксидов железа до металлизированного железа. Как правило, в поток 10 восстановительного газа перед тем, как он поступает в ШП, вводят обогатительное углеводородное топливо, такое как обогатительный природный газ (ОПГ) 12, и  $O_2$  14. ОПГ 12 действует как химическое сырье для риформинга in-situ внутри ШП, повышая восстановление путем производства большего количества восстановителя. Однако такой риформинг in-situ потребляет значительное количество тепла, что снижает температуру слоя и снижает динамику восстановительных реакций в ШП. Сжигание инжектируемого  $O_2$  14 с восстановительным газом 10 поддерживает температуру газа из кольцевого трубопровода горячего дутья на уровне приблизительно 900 градусов С или выше перед тем, как он попадает в ШП, и компенсирует тепло, потребляемое риформингом in-situ в ШП.

[0003] Как правило,  $O_2$  14 инжектируют в используемый канал 16 через одну трубу, а ОПГ 12 инжектируют через несколько труб, расположенных по окружности. Эти трубы 12, 14 охлаждаются самостоятельно с помощью только лишь проходящего газа, если не

используются трубы с водяным охлаждением. O<sub>2</sub> 14 и ОПГ 12 инжектируют в разных местах по длине канала 16, чтобы обеспечивать стабильное и безопасное сжигание O<sub>2</sub> 14, поскольку охлаждающее воздействие ОПГ 12 может помешать сжиганию и / или воспламенению. Канал 20 для продувки инертным газом соединен по текучей среде с трубой 14 для инъекции O<sub>2</sub>. Обычно одна труба 14 для инъекции O<sub>2</sub> содержит одну или две форсунки для инъекции O<sub>2</sub>, тогда как труба 12 для инъекции ОПГ соединена с кольцевым коллектором 22, который имеет, например, от четырех до восьми инъекционных отверстий, расположенных по кругу.

[0004] В целом данная конфигурация имеет несколько существенных недостатков:

- (1) имеется ограниченная возможность сокращения потока 14 O<sub>2</sub>, проходящего через трубу для инъекции, поскольку необходимо поддерживать расход O<sub>2</sub>, достаточный для самостоятельного охлаждения, и подачу O<sub>2</sub> уменьшать нельзя;
- (2) можно использовать только небольшое число труб 14 для инъекции O<sub>2</sub> в связи с этой ограниченной возможностью сокращения O<sub>2</sub> для каждой трубы, а меньшее число точек инъекции O<sub>2</sub> усложняет равномерное распределение O<sub>2</sub> 14 в образующемся потоке 18 газа из кольцевого трубопровода горячего дутья;
- (3) стенка газоведа вокруг точки инъекции O<sub>2</sub> может образовывать место перегрева из-за теплоты излучения от пламени O<sub>2</sub>, если труба 14 для инъекции O<sub>2</sub> не выступает через стенку газоведа на достаточную длину – такой более длинный выступ потенциально приводит к изгибанию трубы 14 для инъекции O<sub>2</sub>, требуя частой замены трубы 14 для инъекции O<sub>2</sub>;
- (4) для устранения вышеуказанных недостатков можно использовать трубу 14 для инъекции O<sub>2</sub> с водяным охлаждением, но это делает всю систему более сложной и дорогой, а водяное охлаждение газа 18 из кольцевого трубопровода горячего дутья может выйти из строя; и
- (5) хотя возможность реакции O<sub>2</sub> 14 с ОПГ 12 и является минимальной, поскольку их инжектируют в разных местах, тогда как ОПГ 12 в большинстве случаев не вступает в реакцию и имеет тенденцию к снижению температуры газа из кольцевого трубопровода горячего дутья, O<sub>2</sub> 14 вступает в реакцию в основном с H<sub>2</sub> и CO в потоке

10 восстановительного газа для снижения количества восстановителя и максимального повышения температуры посредством полного окисления.

[0005] Таким образом, для процесса ПВ, чтобы устранить эти недостатки, требуется усовершенствованная система инъекции O<sub>2</sub> и ОПГ.

### СУТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0006] В различных иллюстративных вариантах осуществления настоящее изобретение повышает гибкость расхода для трубы для инъекции O<sub>2</sub> без применения водяного охлаждения. Количество точек инъекции O<sub>2</sub> увеличивается, так что O<sub>2</sub> и ОПГ можно распределять более равномерно в потоке газа из кольцевого трубопровода горячего дутья. Кроме того, настоящее изобретение обеспечивает возможность безопасной инъекции O<sub>2</sub> очень близко к точке инъекции ОПГ, так что частичное сжигание ОПГ улучшается и температура восстановительного газа, входящего в ШП, снижается по сравнению с конфигурацией с полным окислением.

[0007] Настоящее изобретение оптимизирует соотношение O<sub>2</sub>/ОПГ в месте инъекции O<sub>2</sub>, чтобы максимально увеличить частичное сжигание и свести к минимуму отложение С. Это обеспечивают следующие признаки:

- (1) охлаждение труб для инъекции O<sub>2</sub> с использованием обволакивающего ОПГ газа в конфигурации с соосной инъекцией ОПГ/O<sub>2</sub>;
- (2) возможность сокращения расхода O<sub>2</sub> или возможный нулевой поток O<sub>2</sub>, что для каждой трубы посредством (1) обеспечивает возможность увеличения числа точек инъекции, тем самым более равномерно распределяя O<sub>2</sub> в потоке газа из кольцевого трубопровода горячего дутья;
- (3) инъекционная труба меньшего диаметра для O<sub>2</sub> располагается внутри отверстия большего диаметра для обволакивающего ОПГ газа, чтобы поддерживать гораздо более высокую скорость газа O<sub>2</sub>, чем скорость ОПГ, предотвращая слишком сильное охлаждение ОПГ газом в зоне сжигания O<sub>2</sub> и стабилизируя сжигание O<sub>2</sub> даже при конфигурации с соосной инъекцией ОПГ/O<sub>2</sub>;
- (4) кирпичная диафрагма, расположенная выше по потоку, предотвращает слишком сильное возбуждение потоков вокруг мест инъекции O<sub>2</sub>/ОПГ – конфигурация с

соосной инъекцией ОПГ/O<sub>2</sub> в сочетании с кирпичной диафрагмой, расположенной выше по потоку, значительно улучшает частичное сжигание ОПГ, генерируя восстановительный газ, при этом сводя к минимуму повышение температуры восстановительного газа; и

(5) при описанном выше, вокруг точек инъекции O<sub>2</sub> может возникать отложение C, если количество тяжелых фракций в ОПГ является большим или если соотношение потоков ОПГ/O<sub>2</sub> является высоким – разделение инъекции ОПГ на два места (одно вокруг места инъекции O<sub>2</sub>, а другое ниже по потоку) оптимизирует соотношение O<sub>2</sub>/ОПГ в месте инъекции O<sub>2</sub>, чтобы максимального увеличить частичное сжигание и свести к минимуму отложение C.

[0008] В одном иллюстративном варианте осуществления настоящее изобретение предусматривает систему инъекции кислорода для процесса прямого восстановления, содержащую: общий кольцевой коллектор для инъекции газа, выполненный с возможностью подключения к источнику кислорода и источнику обогатительного природного газа и выполненный с возможностью подачи кислорода из источника кислорода и обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа, проходящий через канал, расположенный внутри общего кольцевого коллектора для инъекции газа в осевом направлении, через множество расположенных по окружности отверстий, чтобы формировать поток газа из кольцевого трубопровода горячего дутья; при этом общий кольцевой коллектор для инъекции газа содержит кольцевой коллектор для инъекции кислорода, выполненный с возможностью подачи кислорода из источника кислорода в поток восстановительного газа через множество расположенных по окружности отверстий, и кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа, выполненный с возможностью подачи обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа через множество расположенных по окружности отверстий. Кольцевой коллектор для инъекции кислорода и кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа расположены в осевом направлении. Необязательно кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа расположен внутри кольцевого коллектора для инъекции кислорода в осевом направлении. Кольцевой коллектор для инъекции кислорода содержит множество расположенных по окружности труб, выполненных с

возможностью размещения с прохождением через кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа, и множество расположенных по окружности форсунок, соединенных со множеством расположенных по окружности труб, выполненных с возможностью совмещения с множеством расположенных по окружности отверстий. Расход кислорода через каждую из множества расположенных по окружности труб является переменным. Необязательно расход обогатительного газа через каждое из множества расположенных по окружности отверстий является переменным. Система инъекции кислорода дополнительно содержит канал для продувки инертным газом, соединенный с источником кислорода. Система инъекции кислорода дополнительно содержит кирпичную диафрагму, расположенную по окружности вокруг канала выше по потоку относительно общего кольцевого коллектора для инъекции газа. Необязательно система инъекции кислорода дополнительно содержит еще один кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа, расположенный вокруг канала ниже по потоку относительно общего кольцевого коллектора для инъекции газа и выполненный с возможностью подачи дополнительного обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа через дополнительное множество расположенных по окружности отверстий.

[0009] В другом иллюстративном варианте осуществления настоящее изобретение предусматривает способ инъекции кислорода для процесса прямого восстановления, включающий: предоставление общего кольцевого коллектора для инъекции газа, выполненного с возможностью подключения к источнику кислорода и источнику обогатительного природного газа и выполненного с возможностью подачи кислорода из источника кислорода и обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа, проходящий через канал, расположенный внутри общего кольцевого коллектора для инъекции газа в осевом направлении, через множество расположенных по окружности отверстий, чтобы формировать поток газа из кольцевого трубопровода горячего дутья; при этом общий кольцевой коллектор для инъекции газа содержит кольцевой коллектор для инъекции кислорода, выполненный с возможностью подачи кислорода из источника кислорода в поток восстановительного газа через множество расположенных по окружности отверстий, и кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа, выполненный с возможностью подачи обогатительного природного

газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа через множество расположенных по окружности отверстий. Кольцевой коллектор для инъекции кислорода и кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа расположены в осевом направлении. Необязательно кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа расположен внутри кольцевого коллектора для инъекции кислорода в осевом направлении. Кольцевой коллектор для инъекции кислорода содержит множество расположенных по окружности труб, выполненных с возможностью размещения с прохождением через кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа, и множество расположенных по окружности форсунок, соединенных со множеством расположенных по окружности труб, выполненных с возможностью совмещения с множеством расположенных по окружности отверстий. Способ инъекции кислорода дополнительно включает изменение расхода кислорода через каждую из множества расположенных по окружности труб. Необязательно способ инъекции кислорода дополнительно включает изменение расхода обогатительного газа через каждое из множества расположенных по окружности отверстий. Способ инъекции кислорода дополнительно включает предоставление канала для продувки инертным газом, соединенного с источником кислорода. Способ инъекции кислорода дополнительно включает предоставление кирпичной диафрагмы, расположенной по окружности вокруг канала выше по потоку относительно общего кольцевого коллектора для инъекции газа. Необязательно способ инъекции кислорода дополнительно включает предоставление еще одного кольцевого коллектора для инъекции обогатительного природного газа, расположенного вокруг канала ниже по потоку относительно общего кольцевого коллектора для инъекции газа и выполненного с возможностью подачи дополнительного обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа через дополнительное множество расположенных по окружности отверстий.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

[0010] Настоящее изобретение представлено и описано в данном документе со ссылкой на различные графические материалы, на которых подобные номера ссылок используют для обозначения подобных компонентов системы / этапов способа, как полагается, и на которых:

[0011] На фиг. 1 представлена принципиальная схема, на которой показаны традиционные система и способ инъекции O<sub>2</sub> и ОПГ с использованием отдельных точек инъекции O<sub>2</sub> и ОПГ;

[0012] На фиг. 2 представлена принципиальная схема, на которой показан один иллюстративный вариант осуществления системы и способа для O<sub>2</sub> и ОПГ согласно настоящему изобретению, в которых используют общие соосные точки инъекции O<sub>2</sub> и ОПГ; и

[0013] На фиг. 3 представлена принципиальная схема, на которой показан другой иллюстративный вариант осуществления системы и способа для O<sub>2</sub> и ОПГ согласно настоящему изобретению, в которых используют общие соосные точки инъекции O<sub>2</sub> и ОПГ, а также отдельную точку инъекции ОПГ.

#### ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

[0014] Опять же, в различных иллюстративных вариантах осуществления настоящее изобретение улучшает гибкость расхода для трубы для инъекции O<sub>2</sub> без применения водяного охлаждения. Количество точек инъекции O<sub>2</sub> увеличивается, так что O<sub>2</sub> и ОПГ можно распределять более равномерно в потоке газа из кольцевого трубопровода горячего дутья. Кроме того, настоящее изобретение обеспечивает возможность безопасной инъекции O<sub>2</sub> очень близко к точке инъекции ОПГ, так что частичное сжигание ОПГ улучшается и температура восстановительного газа, входящего в ШП, снижается по сравнению с конфигурацией с полным окислением.

[0015] Настоящее изобретение оптимизирует соотношение O<sub>2</sub>/ОПГ в месте инъекции O<sub>2</sub>, чтобы максимально увеличить частичное сжигание и свести к минимуму отложение С. Это обеспечивают следующие признаки:

- (1) охлаждение труб для инъекции O<sub>2</sub> с использованием обволакивающего ОПГ газа в конфигурации с соосной инъекцией ОПГ/O<sub>2</sub>;
- (2) возможность сокращения расхода O<sub>2</sub> или возможный нулевой поток O<sub>2</sub>, что для каждой трубы посредством (1) обеспечивает возможность увеличения числа точек инъекции, тем самым более равномерно распределяя O<sub>2</sub> в потоке газа из кольцевого трубопровода горячего дутья;



- (3) инжекционная труба меньшего диаметра для O<sub>2</sub> располагается внутри отверстия большего диаметра для обволакивающего ОПГ газа, чтобы поддерживать гораздо более высокую скорость газа O<sub>2</sub>, чем скорость ОПГ, предотвращая слишком сильное охлаждение ОПГ газом в зоне сжигания O<sub>2</sub> и стабилизируя сжигание O<sub>2</sub> даже при конфигурации с соосной инъекцией ОПГ/O<sub>2</sub>;
- (4) кирпичная диафрагма, расположенная выше по потоку, предотвращает слишком сильное возбуждение потоков вокруг мест инъекции O<sub>2</sub>/ОПГ – конфигурация с соосной инъекцией ОПГ/O<sub>2</sub> в сочетании с кирпичной диафрагмой, расположенной выше по потоку, значительно улучшает частичное сжигание ОПГ, генерируя восстановительный газ, при этом сводя к минимуму повышение температуры восстановительного газа; и
- (5) при описанном выше, вокруг точек инъекции O<sub>2</sub> может возникать отложение С, если количество тяжелых фракций в ОПГ является большим или если соотношение потоков ОПГ/O<sub>2</sub> является высоким – разделение инъекции ОПГ на два места (одно вокруг места инъекции O<sub>2</sub>, а другое ниже по потоку) оптимизирует соотношение O<sub>2</sub>/ОПГ в месте инъекции O<sub>2</sub>, чтобы максимального увеличить частичное сжигание и свести к минимуму отложение С.

[0016] Ссылаясь теперь конкретно на фиг. 2, в одном иллюстративном варианте осуществления общая система 100 инъекции O<sub>2</sub> и ОПГ настоящего изобретения использует соосную инъекцию O<sub>2</sub> 14 и ОПГ 12 в одном и том же месте по всему общему кольцевому инжекционному коллектору 24, расположенному вокруг канала 16 для восстановительного газа, формируя при этом газ 18 из кольцевого трубопровода горячего дутья, который подается на ШП. Общий кольцевой инжекционный коллектор 24 содержит внешний кольцевой коллектор 26 для инъекции O<sub>2</sub> и внутренний кольцевой коллектор 28 для инъекции ОПГ, которые совместно используют множество общих кольцевых отверстий 30 для инъекции газа. В данном примерном варианте осуществления каждая из труб 32 для инъекции O<sub>2</sub> располагается вдоль радиуса общего кольцевого инжекционного коллектора 24 через внутренний кольцевой коллектор 28 для инъекции ОПГ, и совмещена с одним из отверстий 30 для инъекции ОПГ, расположенных по окружности, и проходит через него. Канал для продувки 20 инертным газом соединен с O<sub>2</sub> 14 как ранее.

[0017] Таким образом, труба 32 для O<sub>2</sub> охлаждается обволакивающим ОПГ газом, выходящим из отверстий 30, расположенных по окружности коллектора 28 ОПГ, установленного на газоведе 16 для газа из кольцевого трубопровода горячего дутья. Это обеспечивает большую гибкость и возможность сокращения (включая нулевой поток) расхода O<sub>2</sub> для каждой трубы 32 для инъекции O<sub>2</sub>.

[0018] Гибкость данного потока O<sub>2</sub> обеспечивает возможность увеличения числа расположенных по окружности точек инъекции O<sub>2</sub> и ОПГ и распределяет O<sub>2</sub> и ОПГ более равномерно в потоке 18 газа из кольцевого трубопровода горячего дутья. Кроме того, это обеспечивает гибкость, необходимую для остановки потока O<sub>2</sub> на некоторые из труб 32 для инъекции O<sub>2</sub> без извлечения их из системы 100.

[0019] Применяя трубы 32 для инъекции O<sub>2</sub> меньшего диаметра внутри отверстия 30 для обволакивающего ОПГ газа большего диаметра для поддержания более высокой скорости газа для O<sub>2</sub> по сравнению с ОПГ, можно добиться устойчивого сжигания O<sub>2</sub> без оказания влияния со стороны охлаждающего воздействия ОПГ. Это обеспечивает возможность безопасной инъекции O<sub>2</sub> рядом с точкой инъекции ОПГ в газоведе 16 для восстановительного газа.

[0020] Обволакивающий ОПГ газ, выходящий из отверстия 30 для обволакивающего газа, защищает стенку газоведа с огнеупорной футеровкой вокруг труб 32 для O<sub>2</sub> от теплоты излучения пламени O<sub>2</sub>, несмотря даже на то, что выступ труб 32 для O<sub>2</sub> из огнеупорной стенки является минимальным. Такой минимальный выступ тем самым продлевает срок службы труб 32 для инъекции O<sub>2</sub>.

[0021] Кирпичная диафрагма 34 или нечто подобное располагается выше по потоку относительно общего кольцевого коллектора 24 и не допускает турбулентного потока вокруг места инъекции O<sub>2</sub>/ОПГ. Такая конфигурация соосной инъекции O<sub>2</sub>/ОПГ в сочетании с кирпичной диафрагмой 34, расположенной выше по потоку, значительно повышает частичное сжигание ОПГ 12.

[0022] Ссылаясь теперь конкретно на фиг. 3, в другом иллюстративном варианте осуществления общая система 100 инъекции O<sub>2</sub> и ОПГ настоящего изобретения снова использует соосную инъекцию O<sub>2</sub> 14 и ОПГ 12 в одном и том же месте по всему общему кольцевому инъекционному коллектору 24, расположенному вокруг канала 16 для восстановительного газа, формируя при этом газ 18 из кольцевого трубопровода

горячего дутья, который подается на ШП. Общий кольцевой инжекционный коллектор 24 содержит внешний кольцевой коллектор 26 для инъекции O<sub>2</sub> и внутренний кольцевой коллектор 28 для инъекции ОПГ, которые совместно используют множество общих кольцевых отверстий 30 для инъекции газа. В данном примерном варианте осуществления каждая из труб 14 для инъекции O<sub>2</sub> располагается вдоль радиуса общего кольцевого инжекционного коллектора 24 через внутренний кольцевой коллектор 26 для инъекции ОПГ, при этом форсунка 32 для O<sub>2</sub> совмещена с одним из отверстий 30 для инъекции ОПГ, расположенных по окружности, и проходит через него. Канал для продувки 20 инертным газом соединен с O<sub>2</sub> 14 как ранее.

[0023] Таким образом, труба 14 для O<sub>2</sub> охлаждается обволакивающим ОПГ газом 12, выходящим из отверстий 30, расположенных по окружности коллектора 28 ОПГ, установленного на газоведе 16 для газа из кольцевого трубопровода горячего дутья. Это обеспечивает большую гибкость и возможность сокращения (включая нулевой поток) расхода O<sub>2</sub> для каждой трубы 14 для инъекции O<sub>2</sub>.

[0024] Гибкость данного потока 14 O<sub>2</sub> обеспечивает возможность увеличения числа расположенных по окружности точек инъекции O<sub>2</sub> и ОПГ и распределяет O<sub>2</sub> и ОПГ более равномерно в потоке 18 газа из кольцевого трубопровода горячего дутья. Кроме того, это обеспечивает гибкость, необходимую для остановки потока 14 O<sub>2</sub> на некоторые из труб 14 для инъекции O<sub>2</sub> без извлечения их из системы 100.

[0025] Применяя трубы 14 для инъекции O<sub>2</sub> меньшего диаметра внутри отверстия 30 для обволакивающего ОПГ газа большего диаметра для поддержания более высокой скорости газа для O<sub>2</sub> по сравнению с ОПГ, можно добиться устойчивого сжигания O<sub>2</sub> без оказания влияния со стороны охлаждающего воздействия ОПГ. Это обеспечивает возможность безопасной инъекции O<sub>2</sub> рядом с точкой инъекции ОПГ в газоведе 16 для восстановительного газа.

[0026] Обволакивающий ОПГ газ 12 защищает стенку газоведа с огнеупорной футеровкой вокруг форсунки 32 для O<sub>2</sub> от теплоты излучения пламени O<sub>2</sub>, несмотря даже на то, что выступ трубы 14 для O<sub>2</sub> из огнеупорной стенки является минимальным. Такой минимальный выступ тем самым продлевает срок службы трубы 14 для инъекции O<sub>2</sub>.

[0027] Опять же, кирпичная диафрагма 34 или нечто подобное располагается выше по потоку относительно общего кольцевого коллектора 24 и не допускает турбулентного потока вокруг места инъекции O<sub>2</sub>/ОПГ. Такая конфигурация соосной инъекции O<sub>2</sub>/ОПГ в сочетании с кирпичной диафрагмой 34, расположенной выше по потоку, значительно повышает частичное сжигание ОПГ 12.

[0028] Здесь отдельный расположенный ниже по потоку кольцевой коллектор 36 для инъекции ОПГ также соединен с каналом 12 подачи ОПГ и используется для инъекции ОПГ в поток 18 газа из кольцевого трубопровода горячего дутья в газовой 16 через множество отдельных отверстий 38 для инъекции ОПГ, расположенных по окружности. В первом варианте осуществления, при конфигурации с соосной инъекцией O<sub>2</sub>/ОПГ, отложение С может возникать вокруг точек инъекции O<sub>2</sub>, если количество тяжелых фракций в ОПГ является высоким или если высоким является соотношение потоков ОПГ/O<sub>2</sub>. Разделение инъекции ОПГ на два места (одно вокруг места инъекции O<sub>2</sub>, а другое в месте ниже по потоку) обеспечивает возможность оптимизации соотношения O<sub>2</sub>/ОПГ в месте инъекции O<sub>2</sub>, чтобы максимально увеличить частичное сжигание и свести к минимуму отложение С. Оптимальным соотношением является O<sub>2</sub>/ОПГ = 0,5 ~ 1,2 или предпочтительно 0,7 ~ 1,0 в молярном / объемном исчислении.

[0029] Таким образом, опять же, настоящее изобретение повышает гибкость расхода для трубы для инъекции O<sub>2</sub> без применения водяного охлаждения. Количество точек инъекции O<sub>2</sub> увеличивается, так что O<sub>2</sub> и ОПГ можно распределять более равномерно в потоке газа из кольцевого трубопровода горячего дутья. Кроме того, настоящее изобретение обеспечивает возможность безопасной инъекции O<sub>2</sub> очень близко к точке инъекции ОПГ, так что частичное сжигание ОПГ улучшается и температура восстановительного газа, входящего в ШП, снижается по сравнению с конфигурацией с полным окислением.

[0030] Настоящее изобретение оптимизирует соотношение O<sub>2</sub>/ОПГ в месте инъекции O<sub>2</sub>, чтобы максимально увеличить частичное сжигание и свести к минимуму отложение С. Это обеспечивают следующие признаки:

(1) охлаждение труб для инъекции O<sub>2</sub> с использованием обволакивающего ОПГ газа в конфигурации с соосной инъекцией ОПГ/O<sub>2</sub>;

(2) возможность сокращения расхода  $O_2$  или возможный нулевой поток  $O_2$ , что для каждой трубы посредством (1) обеспечивает возможность увеличения числа точек инъекции, тем самым более равномерно распределяя  $O_2$  в потоке газа из кольцевого трубопровода горячего дутья;

(3) инжекционная труба меньшего диаметра для  $O_2$  располагается внутри отверстия большего диаметра для обволакивающего ОПГ газа, чтобы поддерживать гораздо более высокую скорость газа  $O_2$ , чем скорость ОПГ, предотвращая слишком сильное охлаждение ОПГ газом в зоне сжигания  $O_2$  и стабилизируя сжигание  $O_2$  даже при конфигурации с соосной инъекцией ОПГ/ $O_2$ ;

(4) кирпичная диафрагма, расположенная выше по потоку, предотвращает слишком сильное возбуждение потоков вокруг мест инъекции  $O_2$ /ОПГ – конфигурация с соосной инъекцией ОПГ/ $O_2$  в сочетании с кирпичной диафрагмой, расположенной выше по потоку, значительно улучшает частичное сжигание ОПГ, генерируя восстановительный газ, при этом сводя к минимуму повышение температуры восстановительного газа; и

(5) при описанном выше, вокруг точек инъекции  $O_2$  может возникать отложение С, если количество тяжелых фракций в ОПГ является большим или если соотношение потоков ОПГ/ $O_2$  является высоким – разделение инъекции ОПГ на два места (одно вокруг места инъекции  $O_2$ , а другое ниже по потоку) оптимизирует соотношение  $O_2$ /ОПГ в месте инъекции  $O_2$ , чтобы максимального увеличить частичное сжигание и свести к минимуму отложение С.

[0031] Хотя настоящее изобретение проиллюстрировано и описано в данном документе со ссылкой на предпочтительные варианты осуществления и его конкретные примеры, специалистам в данной области будет очевидно, что другие варианты осуществления и примеры могут выполнять похожие функции и/или достигать подобных результатов. Все такие эквивалентные варианты осуществления и примеры находятся в пределах сущности и объема настоящего изобретения, и тем самым предполагаются, и при этом подразумевается, что они охватываются следующими неограничительными пунктами формулы изобретения для всех целей.

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Система инъекции кислорода для процесса прямого восстановления, содержащая:

общий кольцевой коллектор для инъекции газа, выполненный с возможностью подключения к источнику кислорода и источнику обогатительного природного газа и выполненный с возможностью подачи кислорода из источника кислорода и обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа, проходящий через канал, расположенный в осевом направлении внутри общего кольцевого коллектора для инъекции газа, через множество расположенных по окружности отверстий для формирования потока газа из кольцевого трубопровода горячего дутья;

при этом общий кольцевой коллектор для инъекции газа содержит кольцевой коллектор для инъекции кислорода, выполненный с возможностью подачи кислорода из источника кислорода в поток восстановительного газа через множество расположенных по окружности отверстий, и кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа, выполненный с возможностью подачи обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа через множество расположенных по окружности отверстий.

2. Система инъекции кислорода по п. 1, отличающаяся тем, что кольцевой коллектор для инъекции кислорода и кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа расположены в осевом направлении.

3. Система инъекции кислорода по п. 2, отличающаяся тем, что кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа расположен внутри кольцевого коллектора для инъекции кислорода в осевом направлении.

4. Система инъекции кислорода по п. 3, отличающаяся тем, что кольцевой коллектор для инъекции кислорода содержит множество расположенных по окружности труб, выполненных с возможностью размещения с прохождением через кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа, и множество расположенных по окружности форсунок, соединенных со множеством расположенных

по окружности труб, выполненных с возможностью совмещения с множеством расположенных по окружности отверстий.

5. Система инъекции кислорода по п. 4, отличающаяся тем, что расход кислорода через каждую из множества расположенных по окружности труб является переменным.

6. Система инъекции кислорода по п. 4, отличающаяся тем, что расход обогатительного газа через каждое из множества расположенных по окружности отверстий является переменным.

7. Система инъекции кислорода по п. 1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит канал для продувки инертным газом, соединенный с источником кислорода.

8. Система инъекции кислорода по п. 1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит кирпичную диафрагму, расположенную по окружности вокруг канала выше по потоку относительно общего кольцевого коллектора для инъекции газа.

9. Система инъекции кислорода по п. 1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит еще один кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа, расположенный вокруг канала ниже по потоку относительно общего кольцевого коллектора для инъекции газа и выполненный с возможностью подачи дополнительного обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа через дополнительное множество расположенных по окружности отверстий.

10. Способ инъекции кислорода для процесса прямого восстановления, включающий:

предоставление общего кольцевого коллектора для инъекции газа, выполненного с возможностью подключения к источнику кислорода и источнику обогатительного природного газа и выполненного с возможностью подачи кислорода из источника кислорода и обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа, проходящий через канал, расположенный в осевом направлении внутри общего кольцевого коллектора для инъекции газа, через множество расположенных по окружности отверстий для формирования потока газа из кольцевого трубопровода горячего дутья;

при этом общий кольцевой коллектор для инъекции газа содержит кольцевой коллектор для инъекции кислорода, выполненный с возможностью подачи кислорода из источника кислорода в поток восстановительного газа через множество расположенных по окружности отверстий, и кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа, выполненный с возможностью подачи обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа через множество расположенных по окружности отверстий.

11. Способ инъекции кислорода по п. 10, отличающийся тем, что кольцевой коллектор для инъекции кислорода и кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа расположены в осевом направлении.

12. Способ инъекции кислорода по п. 11, отличающийся тем, что кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа расположен внутри кольцевого коллектора для инъекции кислорода в осевом направлении.

13. Способ инъекции кислорода по п. 12, отличающийся тем, что кольцевой коллектор для инъекции кислорода содержит множество расположенных по окружности труб, выполненных с возможностью размещения с прохождением через кольцевой коллектор для инъекции обогатительного природного газа, и множество расположенных по окружности форсунок, соединенных со множеством расположенных по окружности труб, выполненных с возможностью совмещения с множеством расположенных по окружности отверстий.

14. Способ инъекции кислорода по п. 13, отличающийся тем, что дополнительно включает изменение расхода кислорода через каждую из множества расположенных по окружности труб.

15. Способ инъекции кислорода по п. 13, отличающийся тем, что дополнительно включает изменение расхода обогатительного газа через каждое из множества расположенных по окружности отверстий.

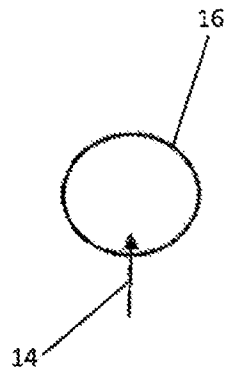
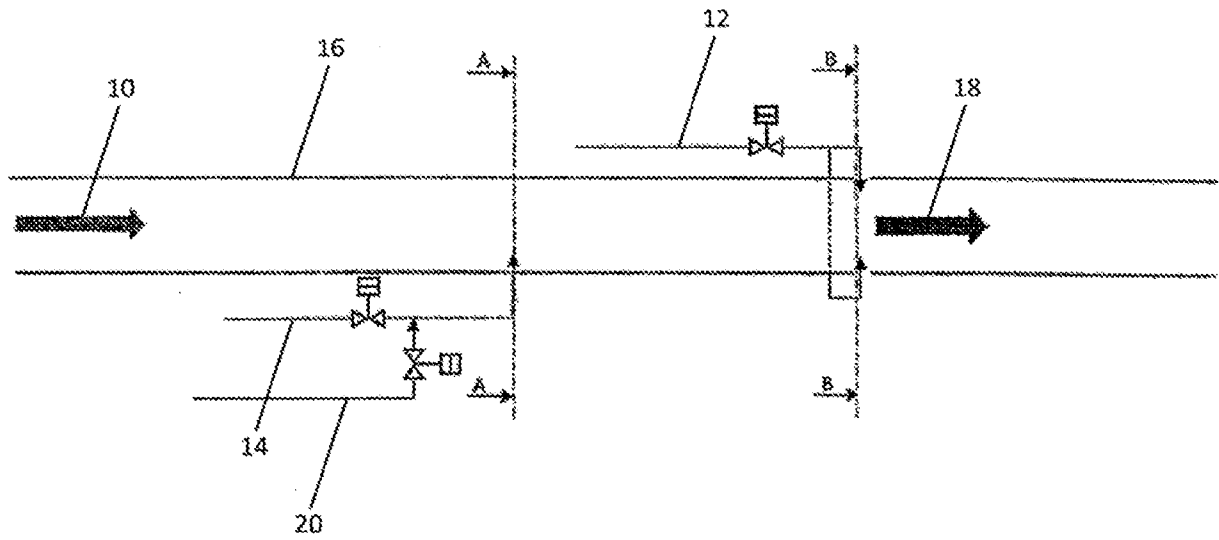
16. Способ инъекции кислорода по п. 13, отличающийся тем, что отношение потока кислорода к обогатительному природному газу составляет 0,5 к 1,2 в молярном / объемном исчислении.



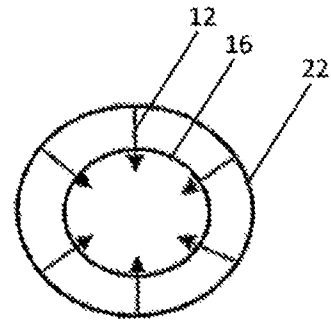
17. Способ инъекции кислорода по п. 10, отличающийся тем, что дополнительно включает предоставление канала для продувки инертным газом, соединенного с источником кислорода.

18. Способ инъекции кислорода по п. 10, отличающийся тем, что дополнительно включает предоставление кирпичной диафрагмы, расположенной по окружности вокруг канала выше по потоку относительно общего кольцевого коллектора для инъекции газа.

19. Способ инъекции кислорода по п. 10, отличающийся тем, что дополнительно включает предоставление еще одного кольцевого коллектора для инъекции обогатительного природного газа, расположенного вокруг канала ниже по потоку относительно общего кольцевого коллектора для инъекции газа и выполненного с возможностью подачи дополнительного обогатительного природного газа из источника обогатительного природного газа в поток восстановительного газа через дополнительное множество расположенных по окружности отверстий.

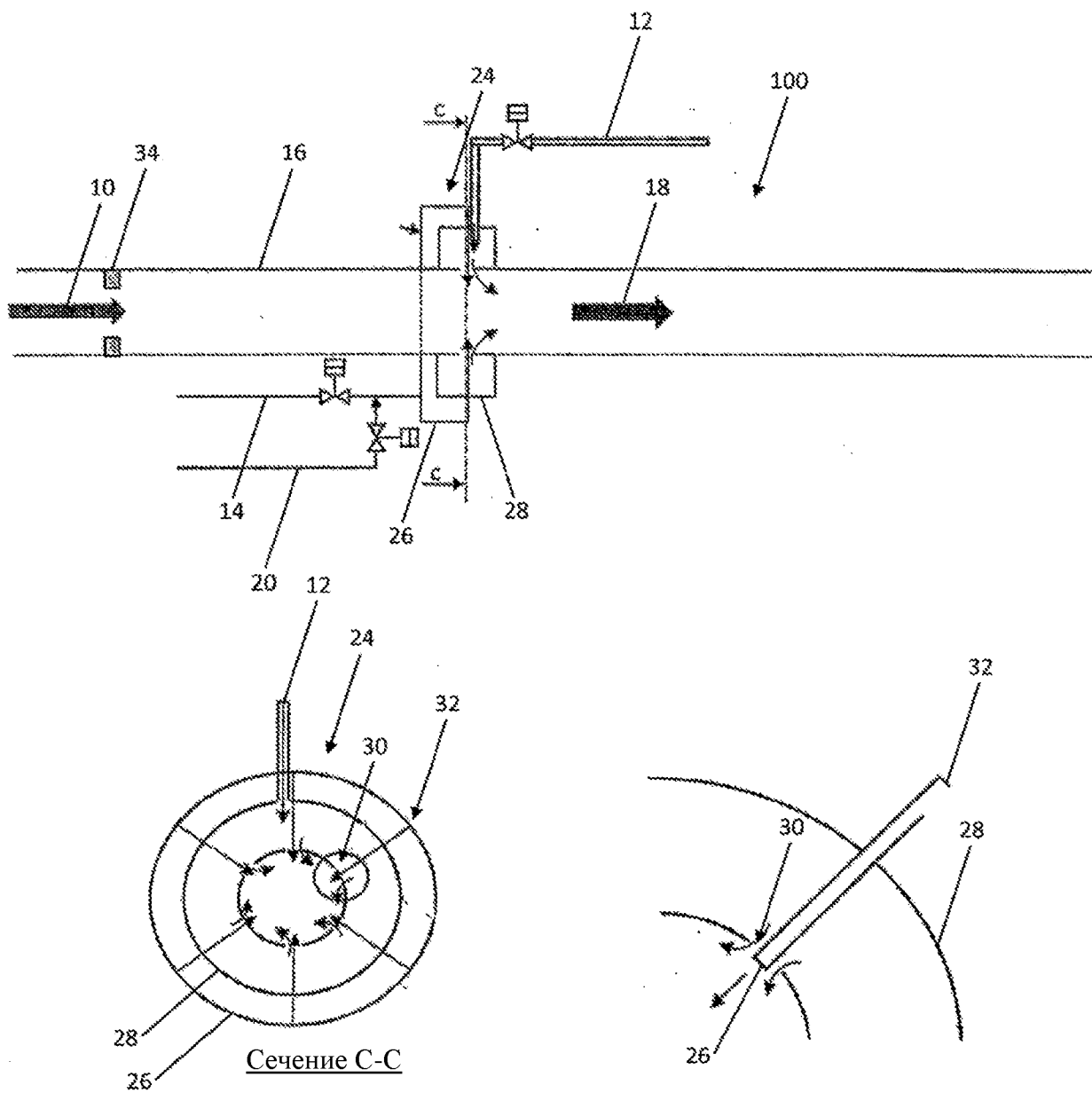


Сечение А-А



Сечение В-В

Фиг. 1 (известный уровень техники)



Фиг. 2

