



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114676** (13) **C2**
(51) МПК**C21B 13/02** (2006.01)**C01B 3/24** (2006.01)**C21C 5/40** (2006.01)МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

(21) Номер заявки:	а 2016 01571	(72) Винахідник(и):	Метіус Гарі Е. (US),
(22) Дата подання заявки:	05.11.2013		МакКлілланд Джеймс М. Джр. (US),
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.07.2017		Мейсснер Девід К. (US),
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	13/955,654, 14/069,493		Монтегю Стівен С. (US)
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	31.07.2013, 01.11.2013	(73) Власник(и):	МІДРЕКС ТЕКНОЛОДЖИЗ, ІНК.,
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US, US		2725 Water Ridge Parkway, Suite 100,
(41) Публікація відомостей про заявку:	11.04.2016, Бюл.№ 7		Charlotte, NC 28217, United States of America (US)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.07.2017, Бюл.№ 13	(74) Представник:	Михайлюк Ганна Валентинівна, реєстр. №184
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/US2013/068404, 05.11.2013	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 67740 C2, 15.07.2004
			RU 2195425 C2, 27.12.2002
			RU 2134301 C2, 10.08.1999
			US 20120125159 A1, 24.05.2012
			US 5618032 A, 08.04.1997
			US 20040039069 A1, 26.02.2004
			US 20010003930 A1, 21.06.2001
			US 4212452 A, 15.07.1980
			US 4019724 A, 26.04.1977

(54) ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДУ ЗАЛІЗА ДО МЕТАЛЕВОГО ЗАЛІЗА З ЗАСТОСУВАННЯМ ПРИРОДНОГО ГАЗУ**(57) Реферат:**

В різних ілюстративних варіантах здійснення даний винахід передбачає системи та способи, за допомогою яких перетворюють чистий або неочищений природний газ, чистий або забруднений коксовий газ або подібний на відновлювальний газ/синтез-газ, придатний для прямого відновлення, з мінімальною обробкою або очищенням. Вуглеводні та подібне перетворюють на H_2 і CO . S не впливає на перетворення на відновлювальний газ/синтез-газ, а видаляється або іншим чином усувається за допомогою шару заліза в шахтній печі для прямого відновлення. Колошниковий газ може безперервно рециркулюватися, або може застосовуватися прямоточний підхід.

UA 114676 C2

Перехресні посилання на споріднену (споріднені) заявку (заявки)

[0001] Дана заявка на патент/патент є частковим продовженням одночасно розглядуваної заявки на патент США № 13/955654, поданої 31 липня 2013 року та названої "Система та спосіб для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням коксового газу та газу зі сталеплавильної печі з подачею кисню", яка є частковим продовженням одночасно розглядуваної заявки на патент США № 13/363044, поданої 31 січня 2012 року та названої "Система та спосіб для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням коксового газу та газу зі сталеплавильної печі з подачею кисню", яка є частковим продовженням одночасно розглядуваної заявки на патент США № 13/107013, поданої 13 травня 2011 року та названої "Система та спосіб для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням коксового газу та газу зі сталеплавильної печі з подачею кисню", яка заявляє перевагу за пріоритетом попередньої заявки на патент США № 61/334786, поданої 14 травня 2010 року та названої "Система та спосіб для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням коксового газу та газу зі сталеплавильної печі з подачею кисню", увесь зміст яких повністю включений в даний документ шляхом посилання.

Галузь техніки, до якої відноситься винахід

[0002] Загалом даний винахід відноситься до нових системи та способу для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням чистого або неочищеного (тобто поблизу гирла свердловини) природного газу (NG), чистого або забрудненого коксового газу (COG) або подібного. Більш конкретно, в даному винаході використовують систему для теплової реакції (TRS), призначену для риформінгу NG або подібного з мінімальною обробкою або очищенням так, що в результаті одержують синтез-газ (сингаз), придатний для прямого відновлення.

Рівень техніки винаходу

[0003] В традиційних способах риформінгу для прямого відновлення (DR) оксиду заліза до металевого заліза використовують NG, який був оброблений або очищений з видаленням домішок, що забруднюють, таких як вуглеводні (гази та рідини), надлишковий діоксид вуглецю (CO_2), сірка (S) тощо. В більшості установок риформінгу можливою є обробка деякої кількості етану (C_2H_6), пропану (C_3H_8), бутану (C_4H_{10}) та слідових кількостей C_{5+} , але в першу чергу вони виконані з можливістю риформінгу, наприклад, метану (CH_4) з колошниковим газом. S виступає в якості каталітичної отрути та може допускатися лише при низьких кількостях в ppm в діапазоні від 5 до 10 ppm.

[0004] Таким чином, в даній галузі техніки все ще існує необхідність в системах та способах, які замінюють установку риформінгу альтернативним компонентом, за допомогою якого можливим є перетворення чистого або неочищеного NG, чистого або забрудненого COG або подібного на відновлювальний газ/синтез-газ, придатний для DR, з мінімальною обробкою або очищенням. Вуглеводні та подібне будуть перетворюватися в водень (H_2) і монооксид вуглецю (CO). S не буде впливати на перетворення на відновлювальний газ/синтез-газ, а буде видалена або іншим чином усунена за допомогою шару заліза в шахтній печі для DR.

Стислий опис суті винаходу

[0005] В різних ілюстративних варіантах здійснення даний винахід передбачає саме такі системи та способи, які замінюють установку риформінгу альтернативним компонентом, за допомогою якого можливим є перетворення чистого або неочищеного NG, чистого або забрудненого COG або подібного на відновлювальний газ/синтез-газ, придатний для DR, з мінімальною обробкою або очищенням. Вуглеводні та подібне перетворюють в H_2 і CO. S не впливає на перетворення на синтез-газ, а видаляється або іншим чином усувається за допомогою шару заліза в шахтній печі для DR. Слід відзначити, що залізо прямого відновлення (DRI), забруднене високими рівнями S, не може бути придатним в якості первинної сировини для електродугової печі (EAF), але може бути придатним, наприклад, в якості металізованої первинної сировини для доменної печі.

[0006] В одному ілюстративному варіанті здійснення даний винахід передбачає спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, що включає забезпечення потоку колошникового газу з шахтної печі для прямого відновлення; видалення діоксиду вуглецю з потоку колошникового газу зі застосуванням системи видалення діоксиду вуглецю; нагрівання потоку колошникового газу в газонагрівачі з утворенням потоку відновлювального газу, і забезпечення потоку відновлювального газу для шахтної печі для прямого відновлення з метою відновлення оксиду заліза до металевого заліза, та додавання одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в потік відновлювального газу в якості потоку синтез-газу. Один з потоку природного газу та потоку коксового газу містить один або більше з вуглеводню, водню, монооксиду вуглецю, діоксиду вуглецю та сірки. Спосіб також включає попереднє нагрівання одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в попередньому нагрівачі перед

додаванням одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в потік відновлювального газу в якості потоку синтез-газу. Спосіб додатково включає проведення реакції з попередньо нагрітим одним з потоку природного газу та потоку коксового газу в системі для теплової реакції з утворенням потоку синтез-газу. Система для теплової реакції містить гарячий кисневий паливник та форсунку, в яких використовують кисень та паливо. Кисень одержують з установки для розділення повітря. Паливо містить частину потоку колошникового газу. Ще спосіб додатково включає забезпечення частини одного з потоку природного газу та потоку коксового газу для газонагрівача в якості палива. Ще спосіб додатково включає обігрівання попереднього нагрівача частиною потоку колошникового газу. Ще спосіб додатково включає забезпечення частини попередньо нагрітого одного з потоку природного газу та потоку коксового газу для шахтної печі для прямого відновлення в якості одного або більше з газу з кільцевого трубопроводу для збагачення та газу з перехідної зони. Ще спосіб додатково включає додавання кисню в газ з кільцевого трубопроводу. Ще спосіб додатково включає утворення пару в котлі зі застосуванням фізичної теплоти потоку колошникового газу та утилізацію пару в системі видалення діоксиду вуглецю (абсорбційного типу). Ще спосіб додатково включає забезпечення частини потоку колошникового газу для газонагрівача в якості палива.

[0007] В іншому ілюстративному варіанті здійснення даний винахід передбачає спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, що включає забезпечення потоку колошникового газу з шахтної печі для прямого відновлення; видалення діоксиду вуглецю з потоку колошникового газу зі застосуванням системи видалення діоксиду вуглецю; видалення вологи з потоку колошникового газу зі застосуванням сатуратора; нагрівання потоку колошникового газу в газонагрівачі з утворенням потоку відновлювального газу, та забезпечення потоку відновлювального газу для шахтної печі для прямого відновлення з метою відновлення оксиду заліза до металевого заліза, та додавання одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в потік колошникового газу в якості потоку синтез-газу. Один з потоку природного газу та потоку коксового газу містить один або більше з вуглеводню, водню, монооксиду вуглецю, діоксиду вуглецю та сірки. Спосіб також включає попереднє нагрівання одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в теплообміннику з утворенням потоку синтез-газу. Спосіб додатково включає проведення реакції з попередньо нагрітим одним з потоку природного газу та потоку коксового газу в системі для теплової реакції з утворенням потоку синтез-газу. Система для теплової реакції містить гарячий кисневий паливник та форсунку, в яких використовують кисень та паливо. Кисень одержують з установки для розділення повітря. Паливо містить частину потоку колошникового газу. Ще спосіб додатково включає охолодження попередньо нагрітого та прореагованого одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в котлі та теплообміннику з утворенням потоку синтез-газу. Ще спосіб додатково включає забезпечення частини одного з потоку природного газу та потоку коксового газу для газонагрівача в якості палива. Теплообмінник приводиться в дію шляхом перехресного обміну потоку синтез-газу з одним з потоку природного газу та потоку коксового газу. Ще спосіб додатково включає забезпечення частини попередньо нагрітого одного з потоку природного газу та потоку коксового газу для шахтної печі для прямого відновлення в якості одного або більше з газу з кільцевого трубопроводу для збагачення та газу з перехідної зони. Ще спосіб додатково включає утворення пару в першому котлі зі застосуванням потоку колошникового газу та утилізацію пару в системі видалення діоксиду вуглецю (абсорбційного типу). Ще спосіб додатково включає утворення пару в другому котлі зі застосуванням попередньо нагрітого та прореагованого одного з потоку природного газу та потоку коксового газу та утилізацію пару в системі видалення діоксиду вуглецю. Ще спосіб додатково включає забезпечення частини потоку колошникового газу для газонагрівача в якості палива. Ще спосіб додатково включає додавання кисню в потік відновлювального газу.

[0008] В додатковому ілюстративному варіанті здійснення даний винахід передбачає спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, що включає забезпечення одного з потоку природного газу та потоку коксового газу; попереднє нагрівання одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в теплообміннику; проведення реакції з попередньо нагрітим одним з потоку природного газу та потоку коксового газу в системі для теплової реакції з утворенням потоку відновлювального газу та забезпечення потоку відновлювального газу для шахтної печі для прямого відновлення з метою відновлення оксиду заліза до металевого заліза. Один з потоку природного газу та потоку коксового газу містить один або більше з вуглеводню, водню, монооксиду вуглецю, діоксиду вуглецю та сірки. Система для теплової реакції містить гарячий кисневий паливник та форсунку, в яких використовують кисень та паливо. Кисень одержують з установки для розділення повітря. Паливо містить частину потоку колошникового газу, одержаного з шахтної печі для прямого відновлення, яку охолоджують в теплообміннику та

очищають в скрубєрі. Один з потоку природного газу та потоку коксового газу попередньо нагрівають в теплообміннику шляхом перехресного обміну з потоком колошникового газу. Спосіб також включає забезпечення частини попередньо нагрітого одного з потоку природного газу та потоку коксового газу для шахтної печі для прямого відновлення в якості одного або

5 більше з газу з кільцевого трубопроводу для збагачення та газу з перехідної зони. Спосіб додатково включає утилізацію решти охолодженого/очищеного потоку колошникового газу в одному або більше з системи виробництва енергії та сталеплавильного агрегату.

Стислий опис графічних матеріалів

10 [0009] Даний винахід представлено та описано в даному документі з посиланням на різні графічні матеріали, на яких детальні номери посилань використовують для позначення подібних компонентів системи/етапів способу, відповідно, та на яких:

[0010] фіг. 1 являє собою блок-схему, яка ілюструє один ілюстративний варіант здійснення нових системи та способу для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням чистого або неочищеного NG згідно з даним винаходом, зокрема, чистий або неочищений NG застосовують в поєднанні з установкою для DR з низьким вмістом вуглецю (тобто до приблизно

15 1-2 %), такою як установка для одержання гарячебрикетованого заліза (HBI) або подібна;

[0011] фіг. 2 являє собою іншу блок-схему, яка ілюструє альтернативний ілюстративний варіант здійснення нових системи та способу для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням чистого або неочищеного NG згідно з даним винаходом, зокрема, чистий або неочищений NG застосовують в поєднанні з установкою для DR з високим вмістом вуглецю (тобто більш ніж приблизно 2 %); та

20 [0012] фіг. 3 являє собою блок-схему, яка ілюструє один ілюстративний варіант здійснення нових прямої (тобто без рециркуляції) системи та способу для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням чистого або неочищеного NG згідно з даним винаходом.

Детальний опис винаходу

25 [0013] З посиланням тепер конкретно на фіг. 1-3, в системах та способах згідно з даним винаходом передбачають та використовують окремі компоненти, які добре відомі фахівцю в даній галузі техніки та, таким чином, не проілюстровані або не описані детально в даному документі. Однак такі окремі компоненти об'єднують різними шляхами з утворенням цілого

30 винаходу. Окремі компоненти включають в себе без обмеження традиційну шахтну піч для DR, котли, охолоджувачі/скрубєри, системи для видалення CO₂, компресори, сатуратори, газонагрівачі, теплообмінники, джерела газу (та/або відповідні посудини для зберігання газу) та подібне.

[0014] Загалом шахтна піч 110, 210, 310 для DR має верхню секцію, через яку подають залізну руду в формі котунів, шматків, агломератів тощо. Відновлені котуни, шматки, агломерати тощо видаляють через нижню секцію шахтної печі 110, 210, 310 для DR у вигляді DRI. Впускний отвір 120, 220, 320 для відновлювального газу/синтез-газу розташований між

35 завантаженням сировини та вивантаженням продукту та через нього подають гарячий відновлювальний газ/синтез-газ в шахтну піч 110, 210, 310 для DR. Даний гарячий відновлювальний газ/синтез-газ містить CH₄, який традиційно піддають риформінгу біля впускного отвору 120, 220, 320 для газу шахтної печі 110, 210, 310 для DR за допомогою CO₂ та води (H₂O), що містяться в гарячому відновлювальному газі/синтез-газі, з одержанням додаткового H₂, CO та вуглецю (C). Гаряче залізо прямого відновлення (HDMI) в реакції риформінгу виступає в якості каталізатора. Після даної реакції риформінгу гарячий

40 відновлювальний газ/синтез-газ, що містить H₂ і CO, відновлює оксид заліза до металевого заліза та виходить з шахтної печі 110, 210, 310 для DR у вигляді відпрацьованого відновлювального газу (або колошникового газу) за допомогою відповідного трубопроводу в верхній частині шахтної печі 10 для DR. Даний колошниковий газ 130, 230, 330 потім може бути витягнутий та повторно використаний для ряду цілей.

50 [0015] Як описано вище, в різних ілюстративних варіантах здійснення даний винахід передбачає системи та способи, які замінюють традиційну установку риформінгу альтернативним компонентом, за допомогою якого можливим є перетворення чистого або неочищеного NG, чистого або забрудненого COG або подібного на відновлювальний газ/синтез-газ, придатний для DR, з мінімальною обробкою або очищенням. Вуглеводні та подібне перетворюють на H₂ і CO. S не впливає на перетворення на відновлювальний газ/синтез-газ, а видаляється або

55 іншим чином усувається за допомогою шару заліза в шахтній печі для DR. Колошниковий газ може безперервно рециркулюватися, або може застосовуватися прямої підхід. Знову слід відзначити, що DRI, забруднене високими рівнями S, не може бути придатним в якості первинної сировини для EAF, але може бути придатним, наприклад, в якості металізованої

60 первинної сировини для доменної печі.

[0016] З посиланням тепер конкретно на фіг. 1, в одному ілюстративному варіанті здійснення даного винаходу пропонуються системи та способи 105 для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням чистого або неочищеного NG, чистого або забрудненого COG або подібного в установці для DR з низьким вмістом вуглецю (до приблизно 1-2 %), такий як установка для одержання HBI або подібна. В даному ілюстративному варіанті здійснення застосовують чистий або неочищений NG, чистий або забруднений COG або подібний до приблизно 250 м³/т DRI для NG і 500-600 м³/т DRI для COG. Повторно використовуваний колошниковий газ 130 видаляють з шахтної печі 110 для DR та подають в котел 132 та охолоджувач/скруббер 134 для утворення пару, видалення води, охолодження та/або очищення, одержаний в результаті повторно використовуваний колошниковий газ 136 насичують при температурі від приблизно 30 °C до приблизно 45 °C. Даний повторно використовуваний колошниковий газ 136 потім розділяють на декілька потоків. Перший потік 138 подають в блок 140 видалення CO₂ абсорбційного типу або подібний, в якому видаляють приблизно 95 % CO₂ і S (в вигляді H₂S) з даного першого потоку 138, та газонагрівач 142, в якому нагрівають перший потік 138 до температури від приблизно 900 °C до приблизно 1100 °C, шляхом чого забезпечують потік 144 відновлювального газу, який подають в шахтну піч 110 для DR. За необхідності кисень (O₂) 146 може додаватися в потік 144 відновлювального газу перед подачею потоку 144 відновлювального газу в шахтну піч 110 для DR. Необов'язково блок 140 видалення CO₂ являє собою блок видалення CO₂ мембранного типу, блок адсорбції зі зсувом тиску (PSA), блок вакуумної адсорбції зі зсувом тиску (VPSA) тощо. Пар 148 з котла 132 може застосовуватися в блоці 140 видалення CO₂ абсорбційного типу або для інших застосувань, в тому числі виробництва енергії. CO₂ і азот (N₂) також видаляють, наприклад, за допомогою газовідводу 150 газонагрівача. Другий потік 152 застосовують в якості палива для газонагрівача. Третій потік 154 застосовують для обігрівання попереднього нагрівача 156. Підвід стисненого чистого або неочищеного NG, чистого або забрудненого COG або подібного 158 обробляють за допомогою попереднього нагрівача 156 та попередньо нагрівають до температури від приблизно 300 °C до приблизно 500 °C. За необхідності як CO₂, так і N₂ 160 відводять через попередній нагрівач 156. Перед попереднім нагріванням частина NG або COG 158 може застосовуватися в якості палива 162 для газонагрівача. Переважно після попереднього нагрівання частина NG або COG 158 може забезпечуватися для шахтної печі 110 для DR у вигляді газу 164 з кільцевого трубопроводу (для збагачення) (BG), і частину NG або COG 158 може передаватися в шахтну піч 110 для DR в якості газу 166 з перехідної зони (TZ). Решту NG або COG 158 обробляють за допомогою TRS 168 з утворенням потоку 170 синтез-газу, який додають в раніше згаданий потік 144 відновлювального газу. Частину потоку 171 синтез-газу можуть додавати у впускний отвір газонагрівача 142 зі забезпеченням додаткової вологи таким чином, що попереджають накопичування C в газонагрівачі 142. Переважно потік 170 синтез-газу включає щонайменше приблизно 82 % H₂ і CO. Загалом TRS 168 містить гарячий кисневий палиник 172 (HOB) і форсунку 174. Паливо 176, одержане з повторно використовуваного потоку 136 колошникового газу, об'єднують з O₂ 178 з установки 180 для розділення повітря або подібного в HOB 168 та при високій температурі (тобто 2000-2500 °C) нагнітають через форсунку 174, та приводять в контакт з NG або COG 158 з утворенням потоку 170 синтез-газу. Застосування NG або COG 158 в BG та газі TZ дозволяє регулювати вміст вуглецю в одержаному в результаті DRI, а також температуру шару в шахтній печі 110 для DR.

[0017] З посиланням тепер конкретно на фіг. 2, в іншому ілюстративному варіанті здійснення даного винаходу пропонуються системи та способи 205 для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням чистого або неочищеного NG, чистого або забрудненого COG або подібного в установці для DR з високим вмістом вуглецю (більш ніж приблизно 2 %) або подібному. Повторно використовуваний колошниковий газ 230 видаляють з шахтної печі 210 для DR та подають в котел 232 та охолоджувач/скруббер 234 для утворення пару, видалення води, охолодження та/або очищення, одержаний в результаті повторно використовуваний колошниковий газ 236 насичують при температурі від приблизно 30 °C до приблизно 45 °C. Даний повторно використовуваний колошниковий газ 236 потім розділяють на декілька потоків. Перший потік 238 подають в блок 240 видалення CO₂ абсорбційного типу або подібний, в якому видаляють приблизно 95 % CO₂ і S (у вигляді H₂S) з даного першого потоку 238, сатуратор 241, в якому видаляють H₂O з даного першого потоку 238, і газонагрівач 242, в якому нагрівають перший потік 238 до температури від приблизно 900 °C до приблизно 1100 °C, шляхом чого забезпечують потік 244 відновлювального газу, який подають в шахтну піч 210 для DR. За необхідності O₂ 246 може додаватися в потік 244 відновлювального газу перед подачею потоку 244 відновлювального газу в шахтну піч 210 для DR. Необов'язково блок 240 видалення CO₂ являє собою блок видалення CO₂ мембранного типу, блок PSA, блок VPSA тощо. Пар 248 з

котла 232 може застосовуватися в блоці 240 видалення CO₂ абсорбційного типу або для інших застосувань, в тому числі виробництва енергії. CO₂ і N₂ також видаляють, наприклад, за допомогою газовідводу 250 газонагрівача. Другий потік 253 застосовують в якості палива для газонагрівача. Підвід стисненого чистого або неочищеного NG, чистого або забрудненого COG або подібного 258 обробляють за допомогою теплообмінника 256 та попередньо нагрівають до температури від приблизно 300 °C до приблизно 500 °C. Необов'язково теплообмінник 256 приводиться в дію шляхом перехресного обміну з ще нагрітим синтез-газом 270, як описано більш детально нижче. Перед попереднім нагріванням частина NG або COG 258 може застосовуватися в якості палива 262 для газонагрівача. Крім того, частина попередньо нагрітого NG або COG 258 може передаватися в шахтну піч 210 для DR в якості BG 265, а частина попередньо нагрітого NG або COG 258 може передаватися в шахтну піч 210 для DR в якості газу 275 TZ. Крім того, решту попередньо нагрітого NG або COG 258 обробляють за допомогою TRS 268 з утворенням нагрітого синтез-газу 270. Переважно нагрітий синтез-газ 270 включає щонайменше приблизно 82 % H₂ і CO та утворюється за допомогою TRS 268 та рециркуляційної лінії, що включає TRS 268, котел 284 (в якому також утворюється пар 286 для застосування в блоці 240 видалення CO₂) та теплообмінник 256, в якому охолоджують потік попередньо нагрітого та прореагованого NG або COG з утворенням синтез-газу 270. Загалом TRS 268 містить НОВ 272 та форсунку 274. Паливо 276, одержане з повторно використовованого потоку 252 колошникового газу, об'єднують з O₂ 278 з установки 280 для розділення потоку або подібного в НОВ 272 та при високій температурі (тобто 2000-2500 °C) нагнітають через форсунку 274, та приводять в контакт з попередньо нагрітим NG або COG 258 з утворенням потоку 270 синтез-газу. Потік 270 синтез-газу переважно об'єднують з потоком 244 відновлювального газу між блоком 240 видалення CO₂ і сатуратором 241. Однак у всіх ілюстративних варіантах здійснення слід відзначити, що потік 270 синтез-газу (170 на фіг. 1), якщо він містить високі рівні CO₂ та/або S, переважно може бути введений перед блоком 240 видалення CO₂ (140 на фіг. 1) з метою видалення надлишкового CO₂ та/або H₂S. Крім того, O₂ 246 може додаватися в потік 244 відновлювального газу перед введенням в шахтну піч 210 для DR. В даному варіанті здійснення, враховуючи передбачений більш високий вміст вуглецю, бажаною є менша кількість H₂O з метою забезпечення відповідного відношення відновлювальних газів до окисних газів. Таким чином, температуру на виході з TRS 268 приблизно 1200 °C знижують до приблизно 400-600 °C за допомогою котла 284, який охолоджують до приблизно 200 °C за допомогою теплообмінника 256. Потім в сатуратор 241 відбирають приблизно 12 %-H₂O потоку 270 синтез-газу та при об'єднанні з потоком 238 повторно використовованого колошникового газу знижують вміст вологи до приблизно 2-6 %. Крім того, застосування NG або COG 258 в BG і газі TZ дозволяє регулювати вміст вуглецю в одержаному в результаті DRI, а також температуру шару в шахтній печі 210 для DR.

[0018] З посиланням тепер конкретно на фіг. 3, в додатковому ілюстративному варіанті здійснення даного винаходу пропонують системи та способи 305 для відновлення оксиду заліза до металевого заліза зі застосуванням чистого або неочищеного NG, чистого або забрудненого COG або подібного в прямоточному режимі (тобто без рециркуляції). Даний альтернативний ілюстративний варіант здійснення забезпечує чистий або неочищений NG, чистий або забруднений COG або подібні, що підлягають застосуванню як для одержання металевого заліза, так і виробництва енергії, а також в сталеплавильному агрегаті в застосуваннях, де необхідна така багатофункціональність. Підвід стисненого NG або COG 332 обробляють за допомогою теплообмінника 334 і нагрівають до температури від приблизно 300 °C до приблизно 500 °C. Відпрацьований потік 336 колошникового газу охолоджують та/або очищають в теплообміннику 334 та скрубєрі 338, та одержаний в результаті потік газу може застосовуватися в якості палива 340 для TRS 342 або подібного та/або для виробництва енергії/пальників 344 на сталеплавильному заводі. Крім того, частина нагрітого NG або COG 332 може передаватися в шахтну піч 310 для DR в якості BG 346 для збагачення, а частина нагрітого NG або COG 332 може передаватися в шахтну піч 310 для DR в якості газу 348 TZ. Решту нагрітого NG або COG 332 обробляють за допомогою TRS 342 з утворенням потоку 350 синтез-газу/відновлювального газу. Переважно в потоці 350 синтез-газу/відновлювального газу передбачають співвідношення відновника до окисника приблизно 5 до 6. Загалом TRS 342 містить НОВ 352 та форсунку 354. Паливо 340, одержане, наприклад, з теплообмінника 334, об'єднують з O₂ 356 з установки 358 для розділення повітря або подібного в НОВ 352 та при високій температурі (тобто 2000-2500 °C) нагнітають через форсунку 354, та приводять в контакт зі стисненим нагрітим NG або COG 332 з утворенням потоку 350 синтез-газу/відновлювального газу. Крім того, застосування NG або COG 332 в BG і газі TZ дозволяє

регулювати вміст вуглецю в одержаному в результаті DRI, а також температуру шару в шахтній печі 310 для DR.

[0019] Як описано вище, в різних ілюстративних варіантах здійснення даний винахід передбачає системи та способи, які замінять традиційну установку риформінгу альтернативним компонентом, за допомогою якого можливим є перетворення чистого або неочищеного NG, чистого або забрудненого COG або подібного на відновлювальний газ/синтез-газ, придатний для DR, з мінімальною обробкою або очищенням. Вуглеводні та подібне перетворюють на H_2 і CO. S не впливає на перетворення на відновлювальний газ/синтез-газ, а видаляється або іншим чином усувається за допомогою шару заліза в шахтній печі для DR. Колошниковий газ може безперервно рециркулюватися, або може застосовуватися прямоточний підхід. Знову слід відзначити, що DRI, забруднене високими рівнями S, не може бути придатним в якості первинної сировини для EAF, але може бути придатним, наприклад, в якості металізованої первинної сировини для доменної печі.

[0020] Хоча даний винахід було проілюстровано та описано в даному документі з посиленням на переважні варіанти здійснення та його конкретні приклади, фахівцям в даній галузі техніки буде очевидно, що комбінації таких варіантів здійснення та прикладів та інші варіанти здійснення та приклади можуть виконувати подібні функції та/або за допомогою них можна досягти подібних результатів. Усі такі еквівалентні варіанти здійснення та приклади знаходяться в межах суті та обсягу даного винаходу, передбачені даним винаходом та припускається, що вони включені в наступну формулу винаходу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, що включає:
 - 25 забезпечення потоку колошникового газу із шахтної печі для прямого відновлення; видалення діоксиду вуглецю з потоку колошникового газу із застосуванням системи видалення діоксиду вуглецю; нагрівання потоку колошникового газу в газонагрівачі з утворенням потоку відновлювального газу та забезпечення потоку відновлювального газу для шахтної печі для прямого відновлення
 - 30 для того, щоб відновити оксид заліза до металевого заліза, при цьому забезпечують частину потоку колошникового газу як палива; та додавання одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в потік відновлювального газу як потоку синтез-газу.
 2. Спосіб за п. 1, де один з потоку природного газу і потоку коксового газу містить один або
 - 35 більше з вуглеводню, водню, монооксиду вуглецю, діоксиду вуглецю та сірки.
 3. Спосіб за п. 1, що додатково включає попереднє нагрівання одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в попередньому нагрівачі перед додаванням одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в потік відновлювального газу як потоку синтез-газу.
 4. Спосіб за п. 3, що додатково включає проведення реакції з попередньо нагрітим одним з
 - 40 потоку природного газу та потоку коксового газу в системі для теплової реакції з утворенням потоку синтез-газу.
 5. Спосіб за п. 4, де система для теплової реакції містить гарячий кисневий пальник та форсунку, в яких утилізують кисень та паливо.
 6. Спосіб за п. 5, де кисень одержують з установки для розділення повітря.
 - 45 7. Спосіб за п. 1, що додатково включає забезпечення частини одного з потоку природного газу та потоку коксового газу для газонагрівача як палива.
 8. Спосіб за п. 3, що додатково включає обігрівання попереднього нагрівача частиною потоку колошникового газу.
 9. Спосіб за п. 3, що додатково включає забезпечення частини попередньо нагрітого одного з
 - 50 потоку природного газу та потоку коксового газу для шахтної печі для прямого відновлення як одного або більше з газу з кільцевого трубопроводу для збагачення та газу з перехідної зони.
 10. Спосіб за п. 9, що додатково включає додавання кисню в газ з кільцевого трубопроводу для збагачення.
 11. Спосіб за п. 1, що додатково включає утворення пари в котлі із застосуванням фізичної
 - 55 теплоти потоку колошникового газу та утилізацію пари в системі видалення діоксиду вуглецю.
 12. Спосіб за п. 1, що додатково включає забезпечення частини потоку колошникового газу для газонагрівача як палива.
 13. Спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, що включає: забезпечення потоку колошникового газу із шахтної печі для прямого відновлення;

видалення діоксиду вуглецю з потоку колошникового газу із застосуванням системи видалення діоксиду вуглецю;

видалення вологи з одного або більше з потоку колошникового газу та потоку синтез-газу із застосуванням сатуратора;

5 нагрівання потоку колошникового газу в газонагрівачі з утворенням потоку відновлювального газу та забезпечення потоку відновлювального газу для шахтної печі для прямого відновлення для того, щоб відновити оксид заліза до металевого заліза, при цьому забезпечують частину потоку колошникового газу як палива; та

10 додавання одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в потік колошникового газу як потоку синтез-газу.

14. Спосіб за п. 13, де один з потоку природного газу і потоку коксового газу містить один або більше з вуглеводню, водню, монооксиду вуглецю, діоксиду вуглецю та сірки.

15. Спосіб за п. 13, що додатково включає попереднє нагрівання одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в теплообміннику з утворенням потоку синтез-газу.

15 16. Спосіб за п. 15, що додатково включає проведення реакції з попередньо нагрітим одним з потоку природного газу та потоку коксового газу в системі для теплової реакції з утворенням потоку синтез-газу.

17. Спосіб за п. 16, де система для теплової реакції містить гарячий кисневий пальник та форсунку, в яких утилізують кисень та паливо.

20 18. Спосіб за п. 17, де кисень одержують з установки для розділення повітря.

19. Спосіб за п. 16, що додатково включає охолодження попередньо нагрітого та прореагованого одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в котлі та теплообміннику з утворенням потоку синтез-газу.

25 20. Спосіб за п. 13, що додатково включає забезпечення частини одного з потоку природного газу та потоку коксового газу для газонагрівача як палива.

21. Спосіб за п. 15, де теплообмінник приводять в дію шляхом перехресного обміну з потоком синтез-газу.

30 22. Спосіб за п. 15, що додатково включає забезпечення частини попередньо нагрітого одного з потоку природного газу та потоку коксового газу для шахтної печі для прямого відновлення як одного або більше з газу з кільцевого трубопроводу для збагачення та газу з перехідної зони.

23. Спосіб за п. 13, що додатково включає утворення пари в першому котлі із застосуванням потоку колошникового газу та утилізацію пари в системі видалення діоксиду вуглецю.

35 24. Спосіб за п. 16, що додатково включає утворення пари в другому котлі із застосуванням попередньо нагрітого та прореагованого одного з потоку природного газу та потоку коксового газу та утилізацію пари в системі видалення діоксиду вуглецю.

25. Спосіб за п. 13, що додатково включає забезпечення частини потоку колошникового газу для газонагрівача як палива.

26. Спосіб за п. 13, що додатково включає додавання кисню в потік відновлювального газу.

40 27. Спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, що включає:

забезпечення одного з потоку природного газу та потоку коксового газу;

попереднє нагрівання одного з потоку природного газу та потоку коксового газу в теплообміннику;

проведення реакції з попередньо нагрітим одним з потоку природного газу та потоку коксового газу в системі для теплової реакції з утворенням потоку відновлювального газу та

45 забезпечення потоку відновлювального газу для шахтної печі для прямого відновлення для того, щоб відновити оксид заліза до металевого заліза,

при цьому забезпечують частину потоку колошникового газу як палива.

28. Спосіб за п. 27, де один з потоку природного газу та потоку коксового газу містить один або більше з вуглеводню, водню, монооксиду вуглецю, діоксиду вуглецю та сірки.

50 29. Спосіб за п. 27, де система для теплової реакції містить гарячий кисневий пальник та форсунку, в яких утилізують кисень та паливо.

30. Спосіб за п. 29, де кисень одержують з установки для розділення повітря.

31. Спосіб за п. 29, де паливо містить частину потоку колошникового газу, одержаного з шахтної печі для прямого відновлення, яку охолоджують в теплообміннику та очищають в скрубєрі.

55 32. Спосіб за п. 31, де один з потоку природного газу та потоку коксового газу попередньо нагрівають в теплообміннику шляхом перехресного обміну з потоком колошникового газу.

33. Спосіб за п. 27, що додатково включає забезпечення частини попередньо нагрітого одного з потоку природного газу та потоку коксового газу для шахтної печі для прямого відновлення як одного або більше з газу з кільцевого трубопроводу для збагачення та газу з перехідної зони.

34. Спосіб за п. 33, що додатково включає утилізацію решти охолодженого/очищеного потоку колошникового газу в одному або більше з системи виробництва енергії та сталеплавильного агрегату.

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601