



УКРАЇНА

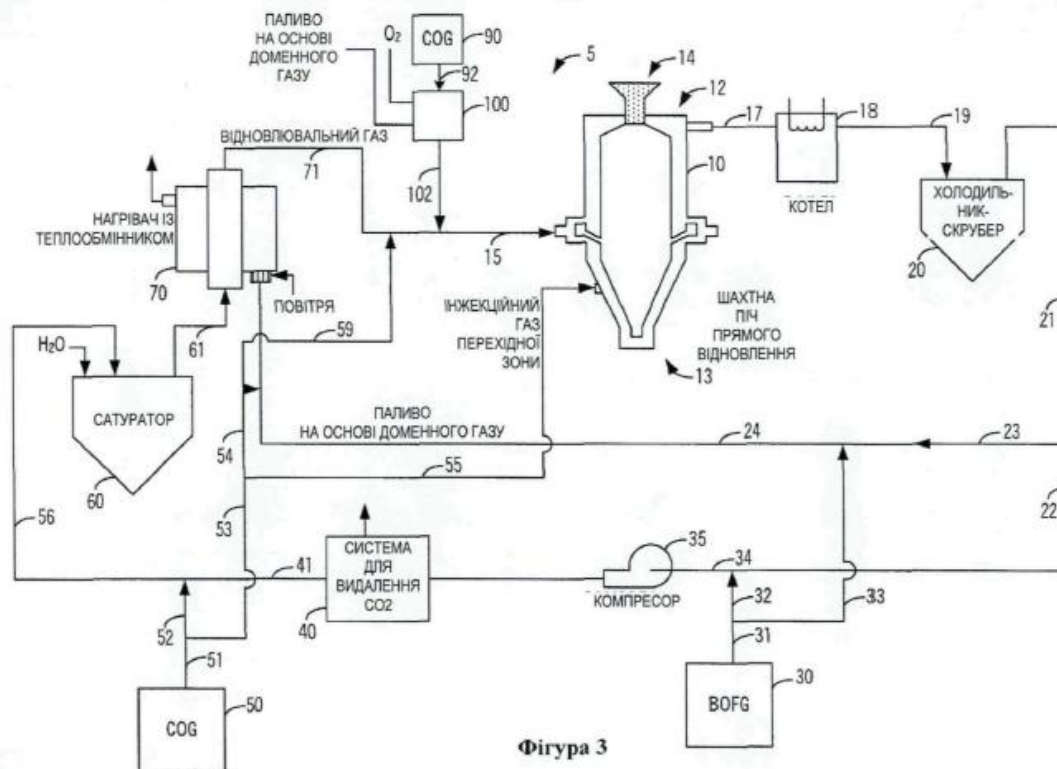
(19) **UA** (11) **108166** (13) **C2**  
(51) МПК (2015.01)**C21B 5/00****C21B 5/06** (2006.01)**C21B 13/14** (2006.01)**C22B 1/214** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2013 14553</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Метіус Гарі Е. (US),</b> <b>МакКлілланд Джеймс М., Джр. (US),</b> <b>Мейсснер Девід К. (US)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>02.02.2012</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>МІДРЕКС ТЕКНОЛОДЖИЗ, ІНК.,</b> 2725 Water Ridge Parkway, Suite 100, Charlotte, NC 28217, United States of America (US)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.03.2015</b>	<b>(74)</b> Представник: <b>Михайлюк Ганна Валентинівна, реєстр.</b> <b>№184</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>13/107,013</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 42 845 C2, 15.11.2001 UA 57 144 C2, 16.06.2003 US 4 100 033 A, 11.07.1978 US 2004/0226406 A1, 18.11.2004 US 6 986 800 B2, 17.01.2006 US 2009/0211401 A1, 27.08.2009 Энциклопедический словарь по металлургии: Справочное издание В 2-х т. Т.2: П-Я/Н.П. Лякишев и др. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2000. – С.39, 40
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>13.05.2011</b>	
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: <b>US</b>	
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>27.01.2014, Бюл.№ 2</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.03.2015, Бюл.№ 6</b>	
<b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: <b>PCT/US2012/023585,</b> <b>02.02.2012</b>	

**(54) СИСТЕМА ТА СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДУ ЗАЛІЗА ДО МЕТАЛЕВОГО ЗАЛІЗА З ВИКОРИСТАННЯМ КОКСОВОГО ГАЗУ ТА ГАЗУ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ КИСНЕВОЇ ПЕЧІ****(57) Реферат:**

Спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза з використанням коксового газу (COG), що включає етапи, на яких забезпечують шахтну піч прямого відновлення для забезпечення відхідного газу, джерело COG для введення COG у потік відновлювального газу, що включає щонайменше частину відхідного газу, і шахтну піч прямого відновлення, що відновлює оксид заліза до металевого заліза з використанням потоку відновлювального газу та введенного COG. COG при введенні має температуру приблизно 1200 °C або вище. COG має вміст CH<sub>4</sub> від приблизно 2 об.% до приблизно 13 об.%. Переважно COG є реформованим COG. Необов'язково COG є свіжим гарячим COG. Джерело COG включає пристрій неповного окиснення. Необов'язково джерело COG включає кисневий пальник.

UA 108166 C2



Фігура 3

## ПЕРЕХРЕСНЕ ПОСИЛАННЯ НА РОДИННУ ЗАЯВКУ

[0001] Дана безумовна заявка на патент/патент є частковим продовженням заявки на патент США №13/107013, що перебуває одночасно на розгляді, поданої 13 травня 2011 року та озаглавленої "СИСТЕМА ТА СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДУ ЗАЛІЗА ДО МЕТАЛЕВОГО ЗАЛІЗА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОКСОВОГО ГАЗУ ТА ГАЗУ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ КИСНЕВОЇ ПЕЧІ", яка заявляє перевагу пріоритету попередньої заявки на патент США №61/334786, поданої 14 травня 2010 року та озаглавленої "СИСТЕМА ТА СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДУ ЗАЛІЗА ДО МЕТАЛЕВОГО ЗАЛІЗА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОКСОВОГО ГАЗУ ТА ГАЗУ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ КИСНЕВОЇ ПЕЧІ", зміст обох з яких повністю включено в даному документі за допомогою посилання.

## ГАЛУЗЬ ВІНАХОДУ

[0002] Даний винахід стосується, загалом, нової системи та способу відновлення оксиду заліза до металевого заліза на сталеливарному заводі з повним циклом або подібному, на якому є коксова піч та/або сталеплавильна киснева піч. Більш конкретно, даний винахід стосується нової системи та способу відновлення оксиду заліза до металевого заліза із використанням коксового газу та газу сталеплавильної кисневої печі.

## ПЕРЕДУМОВИ ВІНАХОДУ

[0003] На сталеливарних заводах з повним циклом і подібних звичайно є коксові печі та/або сталеплавильні кисневі печі, і використовують надлишкові супутні гази для нагрівання та вироблення енергії. У багатьох застосуваннях було б бажано використовувати супутній коксовий газ (COG) та/або супутній газ основної кисневої печі (BOFG) для відновлення оксиду заліза до металевого заліза у вигляді заліза прямого відновлення (DRI), гарячого заліза прямого відновлення (HDRI) або гаряче брикетованого заліза (HBI). Як COG, так і BOFG містять значні процентні концентрації монооксиду вуглецю (CO) і водню ( $H_2$ ), які є первинними відновниками для відновлення оксиду заліза до металевого заліза. COG також містить 20 об. % або більше метану ( $CH_4$ ), який за певних умов може бути реформований з діоксидом вуглецю ( $CO_2$ ) і водою ( $H_2O$ ) з утворенням CO та  $H_2$ . BOFG може містити до 20 об. % азоту ( $N_2$ ), який може накопичуватися до дуже високих рівнів, наприклад, у рециркуляційній системі.

## КОРОТКИЙ ОПИС ВІНАХОДУ

[0004] У різних ілюстративних варіантах здійснення даний винахід забезпечує економічний спосіб для прямого відновлення залізної руди, при якому зовнішнім джерелом відновників є один або обидва з COG і BOFG, останній також відомий як газ сталеплавильної кисневої печі. Із суміші відхідного газу шахтної печі, одержаного зі звичайної шахтної печі прямого відновлення, добре відомої фахівцям у даній галузі, та BOFG видаляють  $CO_2$ . Цей газ, бідний  $CO_2$ , потім змішують із чистим COG, зволожують та нагрівають у нагрівачі з теплообмінником. Потім у нагрітий відновлювальний газ вводять кисень ( $O_2$ ) для подальшого підвищення його температури. Цей гарячий відновлювальний газ спрямовують у шахтну піч прямого відновлення, у якій  $CH_4$  у гарячому відновлювальному газі реформують за допомогою контакту з DRI/HDRI з наступним відновленням оксиду заліза. Відпрацьований гарячий відновлювальний газ виходить із шахтної печі прямого відновлення у вигляді відхідного газу шахтної печі, утворює пару в котлі-утилізаторі надлишкового тепла, очищається в скрубєрі-холодильнику, а також стискається та рециркулюється для об'єднання зі свіжим BOFG. Частина відхідного газу шахтної печі спрямовується в нагрівальні пальники.

[0005] Інші передбачувані використання для BOFG включають використання в якості добавки до очищеного/охолодженого відхідного газу шахтної печі для використання в якості палива на основі доменного газу для нагрівача з теплообмінником. Аналогічно, COG також може використовуватися для різних інших цілей. COG, нагрітий у нагрівачі з теплообмінником, переважно спочатку очищають від складних вуглеводнів, які б забруднили нагрівач із теплообмінником через окисні процеси (тобто неповне згоряння) або подібних (тим самим відповідно знижуючи, і потенційно виключаючи необхідність у добавці BOFG). COG з або без складних вуглеводнів може також використовуватися для добавки до палива на основі доменного газу для нагрівача з теплообмінником, у якості інжекційного газу перехідної зони шахтної печі прямого відновлення та/або для збагачення кінцевого потоку відновлювального газу. Усі ці можливості, які не є взаємовиключними та можуть використовуватися в будь-якій комбінації, описані докладніше в даному документі нижче.

[0006] Однією метою даного винаходу є максимізація кількості DRI, HDRI або HBI, які можуть бути одержані з взятої кількості COG та/або BOFG.

[0007] Іншою метою даного винаходу є забезпечення ефективного способу, що надає різні кількості COG та/або BOFG.

[0008] Додатково метою даного винаходу є мінімізація устаткування та, отже, заводської собівартості шляхом виключення зовнішньої печі каталітичного реформінгу, яка б використовувалася для вироблення CO і  $H_2$  шляхом реформінгу  $CH_4$  в COG з окисниками з відхідного газу шахтної печі та BOFG. Нагрівання суміші газу, бідного  $CO_2$ , BOFG, бідного  $CO_2$ , і COG у нагрівачі з теплообмінником з наступним введенням  $O_2$  і реформінгом у шахтній печі прямого відновлення є менш дорогим, ніж використання зовнішньої печі каталітичного реформінгу.

[0009] Ще однією додатковою метою даного винаходу є забезпечення роботи шахтної печі прямого відновлення при більш низькому тиску, ніж було б припустимо в іншому випадку, оскільки рівень  $CH_4$  у гарячому відновлювальному газі, що надходить в шахтну піч прямого відновлення, знижують шляхом додавання BOFG.

[0010] Ще однією додатковою метою даного винаходу є обмеження накопичення  $N_2$  до прийнятної рівня шляхом використання частини відпрацьованого гарячого відновлювального газу в якості палива нагрівача з теплообмінником.

[0011] В одному ілюстративному варіанті здійснення даний винахід забезпечує нову систему для відновлення оксиду заліза до металевого заліза із використанням коксового газу (COG) і газу сталеплавильної кисневої печі (BOFG), що містить шахтну піч прямого відновлення для забезпечення відхідного газу; джерело BOFG для забезпечення BOFG; систему видалення діоксиду вуглецю ( $CO_2$ ) для видалення  $CO_2$  із суміші відхідного газу та BOFG; джерело COG для змішування одержаного газу, бідного  $CO_2$ , з COG та шахтну піч прямого відновлення оксиду заліза до металевого заліза із використанням одержаного відновлювального газу. Система також включає сатуратор для регулювання вмісту вологи одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення. Система додатково включає нагрівач із теплообмінником для нагрівання одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення. Необов'язково паливний газ для нагрівача з теплообмінником містить частину відхідного газу і частину одного або декількох з COG і BOFG. Система ще додатково включає джерело кисню для додавання кисню до одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення. Необов'язково система ще додатково включає трубопровід для передачі частини COG із джерела COG в одержаний відновлювальний газ перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення. Необов'язково система ще додатково включає трубопровід для передачі частини COG із джерела COG у перехідну зону шахтної печі прямого відновлення. Необов'язково система ще додатково включає реактор неповного окиснення для видалення складних вуглеводнів з COG перед його змішуванням з газом, бідним  $CO_2$ . Переважно кількість використовуваного BOFG залежить від кількості та складу використовуваного COG.

[0012] В іншому ілюстративному варіанті здійснення даний винахід забезпечує новий спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза із використанням коксового газу (COG) і газу сталеплавильної кисневої печі (BOFG), що включає етапи, на яких одержують відхідний газ із шахтної печі прямого відновлення; одержують BOFG із джерела BOFG; видаляють діоксид вуглецю ( $CO_2$ ) із суміші відхідного газу і BOFG; змішують одержаний газ, бідний  $CO_2$ , з COG з джерела COG і відновлюють оксид заліза до металевого заліза в шахтній печі прямого відновлення із використанням одержаного відновлювального газу. Спосіб також включає етап, на якому за допомогою сатуратора регулюють вміст вологи одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення. Спосіб додатково включає етап, на якому за допомогою нагрівача з теплообмінником нагрівають одержаний відновлювальний газ перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення. Необов'язково паливний газ для нагрівача з теплообмінником містить частину відхідного газу та частину одного або декількох з COG і BOFG. Спосіб ще додатково включає етап, на якому за допомогою джерела кисню додають кисень до одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення. Необов'язково спосіб ще додатково включає етап, на якому за допомогою трубопроводу здійснюють передачу частини COG із джерела COG до одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення. Необов'язково спосіб ще додатково включає етап, на якому за допомогою трубопроводу здійснюють передачу частини COG із джерела COG у перехідну зону шахтної печі прямого відновлення. Необов'язково спосіб ще додатково включає етап, на якому за допомогою реактора неповного окиснення видаляють складні вуглеводні з COG перед його змішуванням з газом, бідним  $CO_2$ . Переважно, кількість використовуваного BOFG залежить від кількості та сполуки використовуваного COG.

[0013] У додатковому ілюстративному варіанті здійснення даний винахід забезпечує спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, що включає етапи, на яких одержують

відхідний газ із шахтної печі прямого відновлення; одержують газ основної кисневої печі (BOFG) із джерела BOFG; видаляють діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) із суміші відхідного газу і BOFG та відновлюють оксид заліза до металевого заліза в шахтній печі прямого відновлення за допомогою одержаного газу, бідного  $\text{CO}_2$ . Необов'язково спосіб також включає етап, на якому

5 змішують одержаний газ, бідний  $\text{CO}_2$ , з коксовим газом (COG) із джерела COG перед його використанням у якості відновлювального газу. Необов'язково спосіб додатково включає етап, на якому видаляють складні вуглеводні з COG перед його змішуванням з одержаним газом, бідним  $\text{CO}_2$ .

[0014] У ще одному додатковому ілюстративному варіанті здійснення даний винахід

10 забезпечує спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, що включає етапи, на яких одержують, відхідний газ із шахтної печі прямого відновлення; змішують, відхідний газ із коксовим газом (COG) із джерела COG та відновлюють оксид заліза до металевого заліза в шахтній печі прямого відновлення із використанням одержаного відновлювального газу. Необов'язково спосіб також включає етапи, на яких одержують газ основної кисневої печі

15 (BOFG) із джерела BOFG; видаляють діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) із суміші відхідного газу і BOFG та змішують одержаний газ, бідний  $\text{CO}_2$ , з COG із джерела COG. Необов'язково спосіб додатково включає етап, на якому видаляють складні вуглеводні з COG перед його змішуванням з газом, бідним  $\text{CO}_2$ .

[0015] У ще одному додатковому ілюстративному варіанті здійснення даний винахід

20 забезпечує систему для відновлення оксиду заліза до металевого заліза із використанням коксового газу (COG), що включає шахтну піч прямого відновлення для забезпечення відхідного газу; джерело COG для введення COG у потік відновлювального газу, що включає щонайменше частину відхідного газу; і шахтну піч прямого відновлення, що відновлює оксид заліза до металевого заліза із використанням потоку відновлювального газу та введенного COG. COG при

25 введенні має температуру приблизно 1200 градусів С або більше. COG має вміст  $\text{CH}_4$  від приблизно 2 % до приблизно 13 %. Переважно COG є реформованим COG. Необов'язково COG є свіжим гарячим COG. Джерело COG включає систему неповного окиснення. Необов'язково джерело COG включає гарячий кисневий пальник. Необов'язково система ще додатково

30 включає джерело газу основної кисневої печі (BOFG) для введення BOFG у відхідний газ, що утворює щонайменше частину потоку відновлювального газу. Необов'язково система ще додатково включає систему видалення діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) для видалення  $\text{CO}_2$  із суміші відхідного газу та BOFG.

[0016] У ще одному додатковому ілюстративному варіанті здійснення даний винахід

35 забезпечує спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза із використанням коксового газу (COG), що включає етапи, на яких забезпечують шахтну піч прямого відновлення для забезпечення відхідного газу; забезпечують джерело COG для введення COG у потік відновлювального газу, що включає щонайменшу частину відхідного газу; і шахтну піч прямого відновлення, що відновлює оксид заліза до металевого заліза із використанням потоку відновлювального газу та введенного COG. COG при введенні має температуру приблизно 1200

40 градусів С або вище. COG має вміст  $\text{CH}_4$  від приблизно 2 % до приблизно 13 %. Переважно COG є реформованим COG. Необов'язково COG є свіжим гарячим COG. Джерело COG включає систему неповного окиснення. Необов'язково джерело COG включає гарячий кисневий пальник. Необов'язково спосіб ще додатково включає етап, на якому забезпечують джерело

45 газу основної кисневої печі (BOFG) для введення BOFG у відхідний газ, що утворює щонайменше частину потоку відновлювального газу. Необов'язково спосіб ще додатково включає етап, на якому забезпечують систему видалення діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) для видалення  $\text{CO}_2$  із суміші відхідного газу та BOFG.

#### КОРОТКИЙ ОПИС ГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

[0017] Даний винахід проілюстровано і описано в даному документі з посиланням на різні

50 ілюстрації, в яких однакові номери посилань застосовані для позначення відповідним чином однакових компонентів системи/етапів способу та в яких:

[0018] ФІГ. 1 є схематичним зображенням, що ілюструє один ілюстративний варіант здійснення нової системи та способу для відновлення оксиду заліза до металевого заліза за допомогою COG та/або BOFG відповідно до даного винаходу;

55 [0019] ФІГ. 2 є схематичним зображенням, що ілюструє один ілюстративний варіант здійснення способу видалення складних вуглеводнів з COG у комбінації із системою та способом на ФІГ. 1; і

[0020] ФІГ. 3 є схематичним зображенням, що ілюструє альтернативний ілюстративний варіант здійснення нової системи та способу для відновлення оксиду заліза до металевого

60 заліза за допомогою COG відповідно до даного винаходу.

## ДОКЛАДНИЙ ОПИС ВИНАХОДУ

[0021] Посилаючись конкретно на ФІГ. 1, в одному ілюстративному варіанті здійснення нова система та спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза за допомогою COG та/або BOFG (система та спосіб у сукупності 5) відповідно до даного винаходу включають окремі компоненти, добре відомі спеціалістам у даній галузі, і тому вони не проілюстровані або не описані надмірно докладно в даному документі, але вони з'єднані разом у способі відповідно до даного винаходу. Ці компоненти включають, без обмеження, звичайну шахтну піч прямого відновлення 10, котел-утилізатор надлишкового тепла 18, скруббер-холодильник 20, джерело BOFG 30 (та/або підходяща ємність для зберігання), систему видалення CO<sub>2</sub> 40, джерело COG 50 (та/або підходяща ємність для зберігання), сатуратор 60, нагрівач із теплообмінником 70 і джерело кисню 80 (та/або підходяща ємність для зберігання).

[0022] Шахтна піч прямого відновлення 10 має верхній кінець, куди подається залізна руда у вигляді котунів, шматків, агрегатів і т.п. 14. Відновлені котуни, шматки, агрегати та т.п. 14 вилучають в нижньому кінці 13 шахтної печі прямого відновлення 10 у вигляді DRI. Вхідний трубопровід відновлювального газу 15 розташований між завантаженням сировини та вивантаженням продукту та подає гарячий відновлювальний газ у шахтну піч прямого відновлення 10. Даний гарячий відновлювальний газ містить CH<sub>4</sub>, який реформують поблизу секції ведення газу шахтної печі прямого відновлення 10 за допомогою CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O, що містяться в гарячому відновлювальному газі, з одержанням додаткових CO і H<sub>2</sub>. HDRI у реакції реформінгу відіграє роль каталізатора. Після цієї реакції реформінгу гарячий відновлювальний газ, що містить CO і H<sub>2</sub>, відновлює оксид заліза до металевого заліза та виходить із шахтної печі прямого відновлення 10 у вигляді відпрацьованого відновлювального газу через відповідний трубопровід зверху шахтної печі прямого відновлення 10, проходячи в трубку 17 до котла-утилізатора надлишкового тепла 18, а потім у скруббер-холодильник 20. Пара, вироблена у котлі-утилізаторі надлишкового тепла 18, забезпечує більшу частину регенованого тепла, наприклад, для системи видалення CO<sub>2</sub> 40. Скруббер-холодильник 20 охолоджує та очищає відпрацьований відхідний газ, що виходить зі скруббера-холодильника через трубопровід 21.

[0023] Далі, частина охолодженого відхідного газу надходить в інший трубопровід 23 і спрямовується в пальники нагрівача з теплообмінником 70. Частина охолодженого відхідного газу також надходить у додатковий трубопровід 22 і входить у трубопровід 32 від джерела BOFG 30, утворюючи ще один трубопровід 34, який спрямовується в компресор 35. Стиснений газ із компресора 35 спрямовується в систему видалення CO<sub>2</sub> 40, у якій CO<sub>2</sub> вимивається з газу. Газ, бідний CO<sub>2</sub>, у трубопроводі 41 потім збагачується за допомогою COG з іншого трубопроводу 52 і потім надходить у додатковий трубопровід 56, який спрямовується в сатуратор 60, у якому до газу додається H<sub>2</sub>O для регуляції його щодо контролю вуглецю в шахтній печі прямого відновлення 10.

[0024] Додатковий BOFG безпосередньо об'єднують із паливним потоком доменного газу через трубопровід 33. Додатковий COG спрямовується в допоміжні пальники нагрівача з теплообмінником 70 через один або кілька трубопроводів 53 і 54 та в перехідну зону шахтної печі прямого відновлення 10, у вигляді інжекційного газу перехідної зони, через один або декілька інших трубопроводів 53 і 55. Газ із сатуратора 60 проходить через трубопровід 61 у нагрівач із теплообмінником 70, де газ нагрівається до приблизно температури відновлення пальниками, що живляться комбінацією відпрацьованого відхідного газу печі прямого відновлення та BOFG, а також допоміжними пальниками, що живляться, наприклад, COG.

[0025] Повітря згоряння попередньо нагрівають шляхом теплообміну за допомогою димового газу пальника. Гарячий газ із нагрівача з теплообмінником 70 виходить через трубопровід 71, а через інший трубопровід 81 із джерела кисню 80 додається O<sub>2</sub> для підняття температури газу до 1000 °C або вище. Газ потім проходить через додатковий трубопровід 15 з підвищеною температурою, необхідною для забезпечення ендотермічного навантаження, необхідного для реформінгу in situ у шахтній печі відновлення 10.

[0026] Загалом, COG і BOFG мають хімічний склад, який може варіюватися залежно від конкретної сировини та конкретних технологій на різних сталеливарних заводах по усьому світу. Нижченаведена таблиця надає деякі невичерпні приклади:

Таблиця 1

## Хімічний склад COG і BOFG.

№	Компонент	COG, об. %	BOFG, об. %
1	CO	6-7	55-72
2	CO <sub>2</sub>	1-2	13-18
3	H <sub>2</sub>	61-63	1-4
№	Компонент	COG, об. %	BOFG, об. %
4	H <sub>2</sub> O	1-5	1-5
5	CH <sub>4</sub>	21-24	1-3
6	N <sub>2</sub>	3-7	11-20

[0027] Якщо COG і BOFG використовуються найбільш ефективним чином для одержання DRI/HDRI/HBI з мінімальною кількістю COG та/або BOFG без палива, що відводиться, існує певне співвідношення COG до BOFG для кожного хімічного складу газів. Це співвідношення може варіюватися від приблизно 0,95 до приблизно 1,25. Для BOFG з більш високими кількостями CO, і, отже, більш низькими кількостями N<sub>2</sub>, співвідношення ближче до 0,95. Для BOFG з більш високими кількостями N<sub>2</sub> та, отже, більш низькими кількостями CO, потрібно більше COG та співвідношення ближче до 1,25.

[0028] Як згадувалося вище, можливо використовувати різні співвідношення COG до BOFG поза розрахованою найкращою робочою точкою, але це повинно виконуватися з відводом палива, яке повинно буде споживатися ще де-небудь. Одним таким використанням такого палива, що відводиться, може бути, наприклад, збільшення кількості додаткової пари для регенерації в системі видалення CO<sub>2</sub> 40.

[0029] Як описано вище, крім додавання до потоку відхідного газу шахтної печі та внесення вкладу в можливий потік відновлювального газу, інші передбачувані використання для BOFG включають додавання до потоку відхідного газу шахтної печі для використання в якості палива на основі доменного газу для нагрівача з теплообмінником 70 (через трубопроводи 31, 33, і 24). Аналогічно, крім додавання до потоку відхідного газу шахтної печі та внесення вкладу в можливий потік відновлювального газу, COG може також використовуватися для ряду інших цілей.

[0030] Посилаючись конкретно на ФІГ. 2, COG із джерела COG 50, яке у підсумку нагрівається в нагрівачі з теплообмінником 70 (ФІГ. 1), переважно спочатку очищають від сірки та складних вуглеводнів, які могли б забруднити нагрівач із теплообмінником 70 через окисні процеси (тобто неповне згоряння) або подібних у реакторі неповного окиснення 90 або подібному, за допомогою додавання O<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O (тобто пари). При бажанні даний спосіб очищення відповідно знижує та потенційно виключає необхідність додавання BOFG. Спосіб очищення потрібний в першу чергу для впливу на присутність кількостей NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, смол, HCN, нафталіну та ВТХ (бензол, толуол і ксилол) в COG. Необов'язково спосіб очищення проходить у вигляді незначної реакції в трубках системи відновлювального газу на протизагу реактору неповного окиснення 90. Реакція окиснення виглядає наступним чином (тільки ілюстративно):

COG – 7,5 об. % CO, 3,5 об. % CO<sub>2</sub>, 54 об. % H<sub>2</sub>, 25,25 об. % CH<sub>4</sub>, 7,45 об. % N<sub>2</sub>, 2,3 об. % C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>;

1 частина пари до 10 частин COG;

Додавання кисню на 10 частин COG:

- 1,7 частин кисню:

21,38 об. % CO, 2,8 об. % CO<sub>2</sub>, 61,16 об. % H<sub>2</sub>, 7,28 об. % H<sub>2</sub>O, 2,91 об. % CH<sub>4</sub>, 4,46 об. % N<sub>2</sub>, темп. 800 градусів С, 17,1 частин одержуваного продукту,

- 2 частини кисню:

22,81 об. % CO, 2,54 об. % CO<sub>2</sub>, 61,74 об. % H<sub>2</sub>, 8,14 об. % H<sub>2</sub>O, 0,49 об. % CH<sub>4</sub>, 4,27 об. % N<sub>2</sub>,

темп. 880 градусів С, 17,9 частин одержуваного газу.

[0031] Посилаючись знову конкретно на ФІГ. 1, COG з або без складних вуглеводнів може також використовуватися для додавання в паливо на основі доменного газу для нагрівача з теплообмінником 70 (через трубопроводи 53 і 54), у якості інжекційного газу перехідної зони шахтної печі прямого відновлення (через трубопроводи 53 і 55) та/або для збагачення кінцевого потоку відновлювального газу (через трубопроводи 53, 54, і 59). Кожна із цих можливостей не є взаємовиключною, і всі ці можливості можуть використовуватися в будь-якій комбінації.

[0032] Посилаючись тепер на ФІГ. 3, в альтернативному ілюстративному варіанті здійснення даного винаходу реформований COG 100 вводиться 102 у потік 15 системи/способу безпосередньо перед шахтною піччю прямого відновлення 10. Переважно даний COG 100 є реформованим COG, як зазначено раніше, або свіжим гарячим COG, і походить із системи неповного окиснення, такої як гарячий кисневий пальник (за допомогою якого вводять COG 90 в ультра-високотемпературний факел), добре відомий фахівцям у даній галузі техніки. Реформований COG 100 є гарячим (від приблизно 1000 градусів С до приблизно 1600 градусів С) і вводиться 102 у потік 15 при приблизно 900 градусів С. Через це тепло введення 81 кисню 80, описане раніше (див. ФІГ. 1), стає необов'язковим. Результатом є менше введення 81 кисню 80 у систему/спосіб 5, при цьому все-таки уникаючи утворення вугільної сажі. Це введення 102 COG 100 може використовуватися замість або в якості доповнення до описаних раніше джерел та точок введення більш холодного COG та/або BOFG. Наприклад, введення 102 COG 100 може використовуватися в комбінації зі стандартним способом Midrex із використанням природного газу з піччю реформінгу. У зв'язку із цим описана раніше система видалення CO<sub>2</sub> 40 і нагрівач із теплообмінником 70 не будуть необхідними (конвертер буде виконувати належним чином обидві ці функції).

[0033] Реформований COG 100 має наступні ілюстративні вмісти: 2-3 об. % CH<sub>4</sub> (при приблизно 1500 °С – приблизно 1200 °С, відповідно), 18,7 об. % CO, 1,7 об. % CO<sub>2</sub>, 43,4 об. % H<sub>2</sub>, 17,7 об. % H<sub>2</sub>O, 3,6 об. % N<sub>2</sub> і 1,8 об. % C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> і, можливо, 0,9 об. % C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> та 1,7 об. % C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>. Зрозуміло, ці вмісти є тільки ілюстративними та не повинні інтерпретуватися як обмежуючі яким-небудь чином.

[0034] Хоча даний винахід був проілюстрований і описаний в даному документі, посилаючись на переважні варіанти здійснення та конкретні їхні приклади, фахівцям у даній галузі буде очевидно, що в інших варіантах здійснення і прикладах можуть виконуватися аналогічні функції та/або досягатися подібні результати. Усі такі еквівалентні варіанти здійснення та приклади знаходяться у межах сутності та обсягу даного винаходу, передбачаються їм, і мається на увазі, що вони охоплюються наступними пунктами формули винаходу.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Система для відновлення оксиду заліза до металевого заліза з використанням коксового газу (COG), що містить:  
шахтну піч прямого відновлення оксидів заліза до металевого заліза шляхом використання в ній потоку відновлювального газу та введення в нього коксового газу (COG) і утворення в ній відхідного газу,  
джерело COG для його введення у потік відновлювального газу, який містить щонайменше частину відхідного газу, та  
трубопровід для передачі частини COG з джерела COG у перехідну зону шахтної печі прямого відновлення.
2. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що COG при введенні має температуру приблизно 1200 °С або вище.
3. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що COG має вміст CH<sub>4</sub> від приблизно 2 об. % до приблизно 13 об. %.
4. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що COG містить реформований COG.
5. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що COG містить свіжий гарячий COG, температура якого становить від приблизно 1000 °С до приблизно 1600 °С.
6. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що джерело COG містить пристрій неповного окиснення.
7. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що джерело COG містить кисневий пальник.
8. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що додатково містить джерело газу основної кисневої печі (BOFG) для введення у відхідний газ вказаної шахтної печі, який утворює щонайменше частину потоку відновлювального газу.
9. Система за п. 8, яка **відрізняється** тим, що додатково містить систему видалення діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) для видалення CO<sub>2</sub> з суміші відхідного газу та BOFG.
10. Спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза з використанням коксового газу (COG), що включає етапи:  
у шахтній печі прямого відновлення оксиду заліза до металевого заліза з використанням відновлювального газу одержують потік відхідного газу,  
з джерела коксового газу COG вводять у потік відновлювального газу вказаний коксовий газ з



утворенням суміші газів, яка містить щонайменше частину відхідного газу, причому спосіб додатково включає етап, на якому за допомогою трубопроводу здійснюють передачу частини COG з джерела COG у перехідну зону шахтної печі прямого відновлення.

11. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що COG при введенні має температуру приблизно 1200 °C або вище.

12. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що COG має вміст CH<sub>4</sub> від приблизно 2 об. % до приблизно 13 об. %.

13. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що COG містить реформований COG.

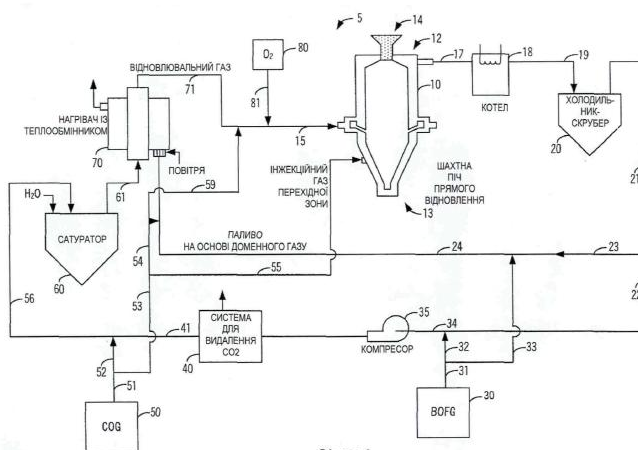
14. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що COG містить свіжий гарячий COG, температура якого становить від приблизно 1000 °C до приблизно 1600 °C.

15. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що джерело COG містить пристрій неповного окиснення.

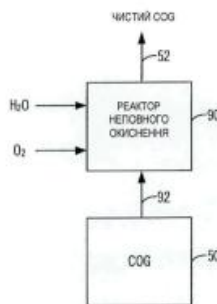
16. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що джерело COG містить кисневий паливник.

17. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що додатково включає етап, на якому з джерела газу основної кисневої печі (BOFG) його вводять у відхідний газ шахтної печі, який містить щонайменше частину потоку відновлювального газу.

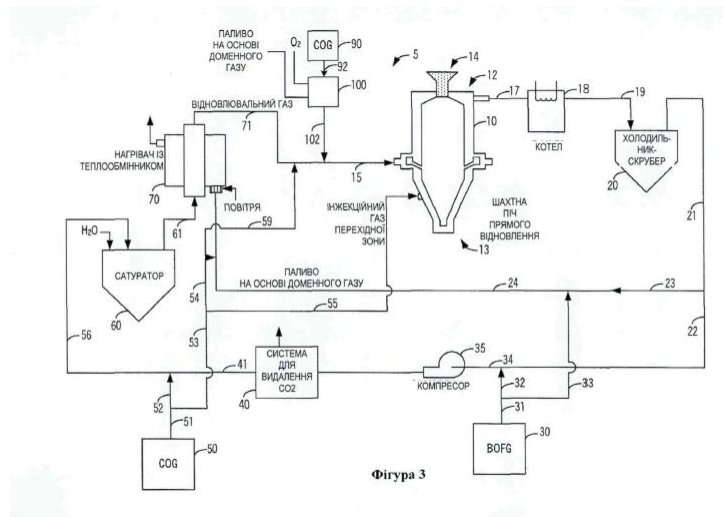
18. Спосіб за п. 17, який **відрізняється** тим, що додатково включає етап видалення діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) з суміші відхідного газу та BOFG за допомогою пристрою для видалення CO<sub>2</sub>.



Фігура 1



Фігура 2



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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