



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108803** (13) **C2**
(51) МПК (2015.01)
C21B 5/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2013 14545	(72) Винахідник(и):	Метіус Гарі Е. (US), МакКлілланд Джеймз М., Джр. (US), Мейсснер Девід К. (US)
(22) Дата подання заявки:	26.05.2011	(73) Власник(и):	МІДРЕКС ТЕКНОЛОДЖИЗ, ІНК., 2725 Water Ridge Parkway, Suite 100, Charlotte, NC 28217, United States of America (US)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.06.2015	(74) Представник:	Михайлюк Ганна Валентинівна, реєстр. №184
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	13/107,013	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 57 144 C2, 16.03.2003 US 6 027 545 A, 22.02.2000 US 6 328 946 B1, 11.12.2001 US 2004/0226406 A1, 18.11.2004 US 2009/0211401 A1, 27.08.2009 Энциклопедический словарь по металлургии: Справочное издание. В 2-х т. Т. 2: П-Я/ Н.П. Лекишев и др. – М.: Интермет Инжиниринг. 2000. – С. 39, 40
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	13.05.2011		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US		
(41) Публікація відомостей про заявку:	11.03.2014, Бюл.№ 5		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.06.2015, Бюл.№ 11		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/US2011/038040, 26.05.2011		

(54) СИСТЕМА ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДУ ЗАЛІЗА ДО МЕТАЛЕВОГО ЗАЛІЗА З ВИКОРИСТАННЯМ КОКСОВОГО ГАЗУ ТА ГАЗУ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ КИСНЕВОЇ ПЕЧІ ТА ВІДПОВІДНИЙ СПОСІБ (ВАРІАНТИ)

(57) Реферат:

Спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, при якому зовнішнє джерело відновників являє собою один або обидва з коксового газу (COG) та газу основної кисневої печі (BOFG). З суміші відхідного газу шахтної печі, одержаного зі звичайної шахтної печі прямого відновлення та BOFG, видаляють діоксид вуглецю. Цей газ, бідний CO₂, змішують з чистим COG, зволожують та нагрівають у нагрівачі з теплообмінником. В нагрітий відновлювальний газ вводять кисень. Цей гарячий відновлювальний газ спрямовують у шахтну піч прямого відновлення для використання. Відпрацьований гарячий відновлювальний газ виходить з шахтної печі прямого відновлення у вигляді відхідного газу шахтної печі, утворює пару в котлі-утилізаторі надлишкового тепла, очищається в скрубєрі-холодильнику, стискається та рециркулюється для об'єднання зі свіжим BOFG. Частина відхідного газу шахтної печі спрямовується в нагрівальні пальники.

UA 108803 C2

ГАЛУЗЬ ВИНАХОДУ

[0001] 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

ПЕРЕДУМОВИ ВИНАХОДУ

[0002] На сталеливарних заводах з повним циклом і подібних звичайно с 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 ВИНАХОДУ

[0003] 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 скрубери-холодильнику, а також стискається та рециркулюється для об'єднання зі свіжим BOFG. Частина відхідного газу шахтної печі спрямовується в нагрівальні пальники.

[0004] Інші передбачувані застосування 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.

[0005] Однією метою даного винаходу є максимізація кількості DRI, HDRI або HBI, які можуть бути одержані з взятої кількості COG та/або BOFG.

[0006] Іншою метою даного винаходу є забезпечення ефективного способу, що надає різні кількості COG та/або BOFG.

[0007] Додатковою 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, BOFG, бідного CO, 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.

[0008] 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.

[0009] Ще однією додатковою метою даного винаходу є обмеження накопичення N₂ до прийнятного рівня шляхом використання частини відпрацьованого гарячого відновлювального газу в якості палива нагрівача з теплообмінником.

[0010] В одному ілюстративному варіанті здійснення даний винахід забезпечує нову систему для відновлення оксиду заліза до металевого заліза з 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 (CO₂) Для видалення CO₂ із суміші відхідного газу та BOFG;

джерело COG для змішування одержаного газу, бідного CO₂, з COG та шахтну піч прямого відновлення оксиду заліза до металевого заліза з використанням одержаного відновлювального газу. Система також включає сатуратор для регулювання вмісту води 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 CO₂. Переважно кількість використовуваного BOFG залежить від кількості та складу використовуваного COG.

[0011] В іншому ілюстративному варіанті здійснення даний винахід забезпечує новий спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза з 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 (CO₂) із суміші відхідного газу і BOFG; змішують одержаний газ, бідний CO₂, з COG з джерела COG і відновлюють оксид заліза до металевого заліза в шахтній печі прямого відновлення з використанням одержаного відновлювального газу. Спосіб також включає етап, на якому за допомогою сатуратора регулюють вміст води 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 CO₂. Переважно, кількість використовуваного BOFG залежить від кількості та сполуки використовуваного COG.

[0012] 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 (CO₂) із суміші відхідного газу і BOFG та відновлюють оксид заліза до металевого заліза в шахтній печі прямого відновлення за допомогою одержаного газу, бідного CO₂. Необов'язково спосіб також включає етап, на якому змішують одержаний газ, бідний CO₂, 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 CO₂.

[0013] У ще одному 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; змішують, відхідний газ із

коковим газом (COG) із джерела COG та відновлюють оксид заліза до металевого заліза в шахтній печі прямого відновлення з використанням одержаного відновлювального газу. Необов'язково спосіб також включає етапи, на яких одержують газ основної кисневої печі (BOFG) із джерела BOFG; видаляють діоксид вуглецю (CO_2) із суміші відхідного газу і BOFG та змішують одержаний газ, бідний 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 CO_2 .

[0014] Даний винахід проілюстровано і описано в даному документі з посиланням на різні ілюстрації, в яких однакові номери посилань застосовані для позначення відповідним чином однакових компонентів системи/етапів способу та в яких:

[0015] 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; та

[0016] 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.

ДОКЛАДНИЙ ОПИС ВИНАХОДУ

[0017] 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_2 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).

[0018] 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 і а подає гарячий відновлювальний газ у шахтну піч прямого відновлення 10. Даний гарячий відновлювальний газ містить CH_4 , який реформують поблизу секції ведення газу шахтної печі прямого відновлення 10 за допомогою CO_2 і H_2O , що містяться в гарячому відновлювальному газі, з одержанням додаткових CO і H_2 . HDRI у реакції реформінгу відіграє роль каталізатора. Після цієї реакції реформінгу гарячий відновлювальний газ, що містить CO і H_2 , 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_2 40. Скруббер-холодильник 20 охолоджує та очищає відпрацьований відхідний газ, що виходить зі скруббера-холодильника через трубопровід 21.

[0019] 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_2 40, у якій CO_2 вимивається з газу. Газ, бідний CO_2 , 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 C_2O для регуляції його щодо контролю вуглецю в шахтній печі прямого відновлення 10.

[0020] 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.

[0021] 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_2 для підняття температури газу до 1000 градусів С або вище. Газ потім проходить через додатковий

[0022] 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 та BOFG

Компонент	COG, об. %	BOFG, об. %
CO	6-7	55-72
CO ₂	1-2	13-18
H ₂	61-63	1-4
H ₂ O	1-5	1-5
CH ₄	21-24	1-3
N ₂	3-7	11-20

[0023] 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 N₂, співвідношення ближче до 0,95. Для BOFG з більш високими кількостями N₂ та, отже, більш низькими кількостями CO, потрібно більше COG та співвідношення ближче до 1,25.

[0024] 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 CO₂.

[10025] Як описано вище, крім додавання до потоку відхідного газу шахтної печі та внесення вкладу в можливий потік відновлювального газу, інші передбачувані застосування 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.

[0026] 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_2 і H_2O (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_3 , H_2S , смол, HCN, нафталіну та ВТХ (бензол, толуол і ксилол) в COG. Необов'язково спосіб очищення проходить у вигляді незначної реакції в трубах системи відновлювального газу на противагу реактору неповного окиснення 90. Реакція окиснення виглядає наступним чином (тільки ілюстративно):

COG-7,5 об. % CO, 3,5 об. % CO₂, 54 об. % H₂, 25,25 об. % CH₄, 7,45 об. % N₂, 2,3 об. % C_nH_m;

1 частина пари до 10 частин COG; Додавання кисню на 10 частин COG:

- 1,7 частин кисню:

21,38 об. % CO, 2,8 об. % CO₂, 61,16 об. % H₂, 7,28 об. % H₂O, 2,91 об. % CH₄, 4,46 об. % N₂, темп. 800 градусів С, 17,1 частин одержуваного продукту,

- 2 частини кисню:

22,81 об. % CO, 2,54 об. % CO₂, 61,74 об. % H₂, 8,14 об. % H₂O, 0,49 об. % CH₄, 4,27 об. % N₂,

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

[0027] Посилаючись знову конкретно на ФІГ. 1, COG з або без складних вуглеводнів може також використовуватися для додавання в паливо на основі доменного газу для нагрівання 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.

[0028] 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 ВІНАХОДУ

1. Система для відновлення оксиду заліза до металевого заліза з використанням коксового газу (COG) і газу сталеплавильної кисневої печі (BOFG), що містить:

шахтну піч прямого відновлення оксиду заліза до металевого заліза, в якій для його відновлення використовують одержуваний у системі відновлювальний газ та з якої після відновлення видаляють відхідний газ, джерело BOFG для забезпечення BOFG, систему видалення діоксиду вуглецю (CO₂) для видалення CO₂ з суміші відхідного газу та BOFG, джерело COG для змішування одержаного газу, бідного CO₂, з COG 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 додатково містить сатуратор для регулювання вмісту вологи одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення.

3. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що додатково містить нагрівач з теплообмінником для нагрівання одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення.

4. Система за п. 3, яка **відрізняється** тим, що паливний газ для нагрівача з теплообмінником містить частину відхідного газу і частину одного або декількох з COG і BOFG.

5. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що додатково містить джерело кисню для додавання кисню до одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення.

6. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що додатково містить трубопровід для передачі частини COG з джерела COG в одержаний відновлювальний газ перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення.

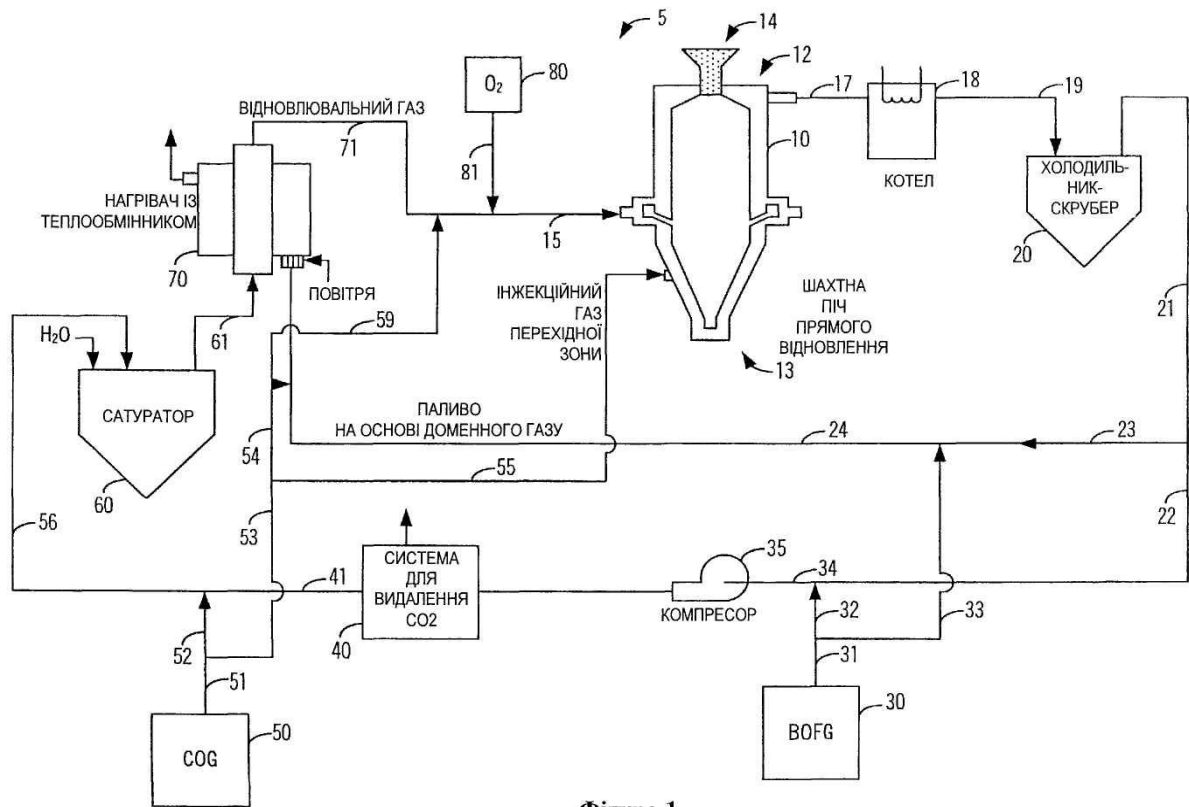
7. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що додатково містить реактор неповного окиснення для видалення складних вуглеводнів з COG перед його змішуванням з газом, бідним CO₂.

8. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що кількість використовуваного BOFG залежить від кількості та складу застосовуваного COG.

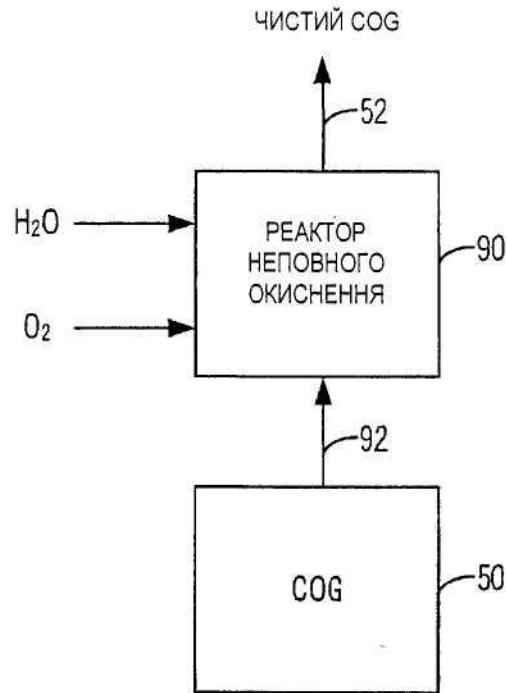
9. Спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза з використанням коксового газу (COG) і газу сталеплавильної кисневої печі (BOFG), що включає етапи, на яких:

одержують відхідний газ з шахтної печі прямого відновлення, одержують BOFG з джерела BOFG, видаляють діоксид вуглецю (CO₂) з суміші відхідного газу і BOFG, змішують одержаний газ, бідний CO₂, з COG з джерела COG та відновлюють оксид заліза до металевого заліза в шахтній печі прямого відновлення з використанням відновлювального газу і після процесу відновлення видаляють з неї одержуваний газ, причому спосіб додатково включає етап, на якому за допомогою трубопроводу здійснюють передачу частини COG з джерела COG у перехідну зону шахтної печі прямого відновлення.

10. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що додатково включає етап, на якому за допомогою сатуратора регулюють вміст вологи одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення.
- 5 11. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що додатково включає етап, на якому за допомогою нагрівача з теплообмінником нагрівають одержаний відновлювальний газ перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення.
12. Спосіб за п. 11, який **відрізняється** тим, що паливний газ для нагрівача з теплообмінником містить частину відхідного газу та частину одного або декількох газів з COG і BOFG.
- 10 13. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що додатково включає етап, на якому за допомогою джерела кисню додають кисень до одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення.
14. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що додатково включає етап, на якому за допомогою трубопроводу здійснюють передачу частини COG з джерела COG до одержаного відновлювального газу перед його використанням у шахтній печі прямого відновлення.
- 15 15. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що додатково включає етап, на якому за допомогою реактора неповного окиснення видаляють складні вуглеводні з COG перед його змішуванням з газом, бідним CO₂.
16. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що кількість використовуваного BOFG залежить від кількості та складу використовуваного COG.
- 20 17. Спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, що включає етапи, на яких: одержують відхідний газ з шахтної печі прямого відновлення, одержують газ основної кисневої печі (BOFG) з джерела BOFG, видаляють діоксид вуглецю (CO₂) з суміші відхідного газу і BOFG та відновлюють оксид заліза до металевого заліза в шахтній печі прямого відновлення за допомогою одержаного газу, бідного CO₂, з наступним видаленням відхідного газу після процесу вказаного відновлення,
- 25 причому спосіб додатково включає етап, на якому за допомогою трубопроводу здійснюють передачу частини COG з джерела COG у перехідну зону шахтної печі прямого відновлення.
18. Спосіб за п. 17, який **відрізняється** тим, що додатково включає етап, на якому змішують одержаний газ, бідний CO₂, з коксовим газом (COG) з джерела COG перед його використанням, як відновлювального газу.
- 30 19. Спосіб за п. 18, який **відрізняється** тим, що додатково включає етап, на якому видаляють складні вуглеводні з COG перед його змішуванням з одержаним газом, бідним CO₂.
20. Спосіб відновлення оксиду заліза до металевого заліза, що включає етапи, на яких: одержують відхідний газ з шахтної печі прямого відновлення,
- 35 змішують, відхідний газ з коксовим газом (COG) з джерела COG та відновлюють оксид заліза до металевого заліза в шахтній печі прямого відновлення з використанням одержаного відновлювального газу з наступним видаленням відхідного газу після процесу відновлення,
- 40 причому спосіб додатково включає етап, на якому за допомогою трубопроводу здійснюють передачу частини COG з джерела COG у перехідну зону шахтної печі прямого відновлення.
21. Спосіб за п. 20, який **відрізняється** тим, що додатково включає етапи, на яких: одержують газ основної кисневої печі (BOFG) з джерела BOFG, видаляють діоксид вуглецю (CO₂) з суміші відхідного газу і BOFG та
- 45 змішують одержаний газ, бідний CO₂, з COG з джерела COG.
22. Спосіб за п. 21, який **відрізняються** тим, що додатково включає етап, на якому видаляють складні вуглеводні з COG перед його змішуванням з одержаним газом, бідним CO₂.



Фігура 1



Фігура 2

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

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

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