



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **97378** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
C21B 13/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 10916	(72) Винахідник(и): Панченко Микола Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки: 06.10.2014	(73) Власник(и): ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.03.2015	вул. Дніпробудівська, 2, м. Дніпродзержинськ, Дніпропетровська обл., 51918 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.03.2015, Бюл.№ 5	

(54) СПОСІБ ПРЯМОГО ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДІВ ЗАЛІЗА ЗВОРОТНИМ КОКСОВИМ ГАЗОМ

(57) Реферат:

Спосіб прямого відновлення оксидів заліза зворотним коксовим газом включає відновлення оксидів заліза з розміром шматків менше 50 мкм в водневому середовищі при температурі ≤ 374 °C і оптимальному значенні тиску, при якому забезпечується конденсація водяної пари, і видалення конденсату після процесу відновлення. Процес відновлення оксидів заліза здійснюють після видалення із зворотного коксового газу карбону (IV) оксиду (CO₂) і водяної пари при температурі $\leq 31,1$ °C та тиску $\geq 22,5$ МПа.

UA 97378 U

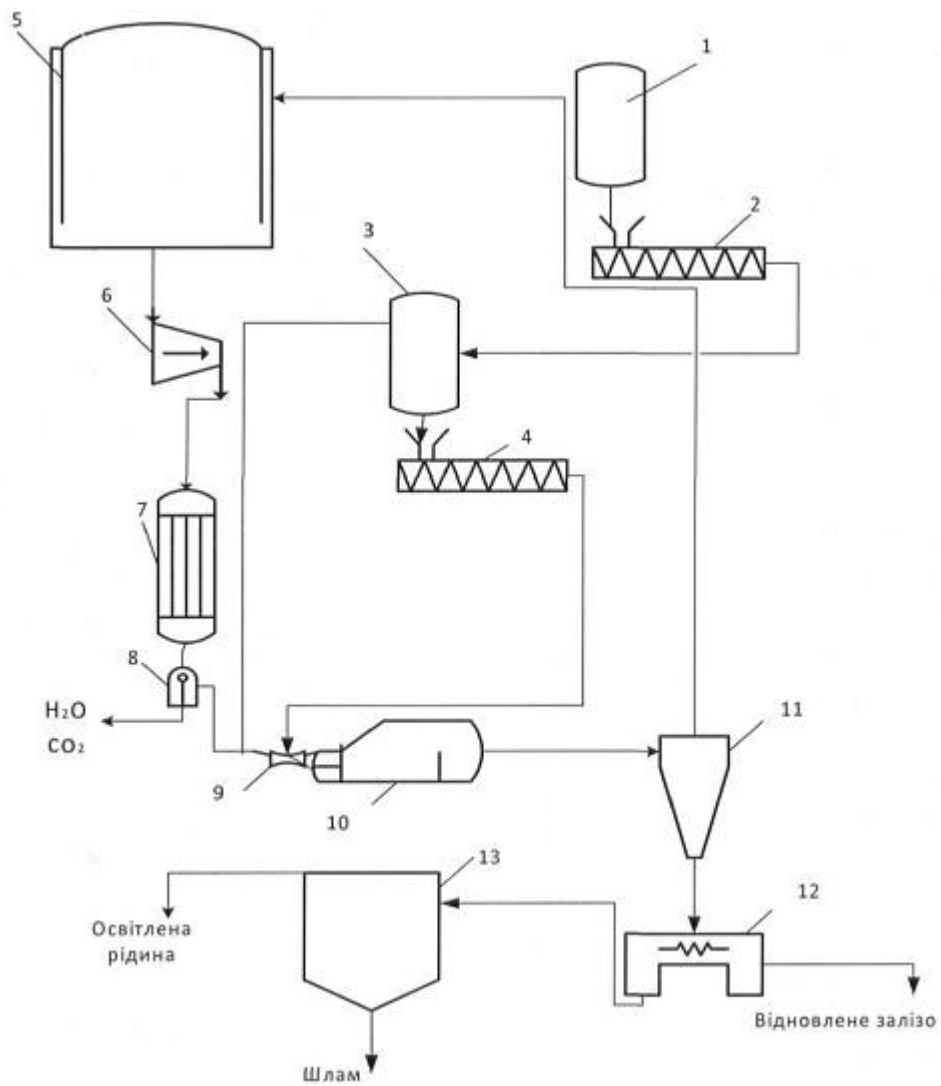


Fig.

Корисна модель належить до прямого відновлення оксидів металів, зокрема оксидів заліза, відновленого прямим способом, також відомого в промисловості, як губчасте залізо.

Відомий спосіб одержання заліза відновленого прямим способом, за допомогою відновлення часток, які містять оксиди заліза до часток, які містять металічне залізо, у реакторі відновлення, який включає зону відновлення та нижню зону розвантаження, взаємодією зазначених часток, які містять оксиди заліза з високотемпературним відновлювальним газовим потоком, який містить водень та монооксид вуглецю в зазначеній зоні відновлення, де відновлені прямим способом частки випускають течією із вказаної зони відновлення через вказану нижню зону розвантаження; спосіб передбачає введення металовмісного технологічного газу та його циркуляцію через зазначену нижню зону, включаючи залізо, відновлене прямим способом, яке у ній міститься; видалення із реактора щонайменше частини газу, який протікає в зазначеній нижній зоні; передачу зовнішнім способом із зазначеного реактора щонайменше першої частини зазначеного газу, відібраного із вказаної нижньої зони; об'єднання першої частини зазначеного вилученого газу із щонайменше частково регенованим вихідним потоком відновлювального газу, який повертають назад у зону відновлення; подачі таких об'єднаних газів разом до зони відновлення зазначеного реактора; і керування витратою зазначеного металовмісного технологічного газу так, щоб вона була більшою, ніж витрата зазначеної переданої частини зазначеного вилученого газу приблизно на від 50 nm^3 -300 nm^3 на метричну тонну відновленого прямим способом заліза, одержаного в зазначеному реакторі відновлення [Патент України № 91109, МПК C21B 13/00, 2010].

Недоліком способу є відносно низька швидкість реакції відновлення, при проведенні якої, утворюється вуглекислий газ і водяна пара, які гальмують реакцію відновлення за рахунок збільшення їх парціального тиску. Парціальний тиск водяної пари та діоксиду вуглецю, що утворюються внаслідок реакції, можна знизити за рахунок їх конденсації. Але висока температура в зоні відновлення ($>850^\circ\text{C}$) унеможливує конденсацію водяної пари.

Відомий спосіб відновлення дрібнозернистої залізної руди, що включає завантаження руди в камеру попереднього нагрівання, її нагрів в псевдозрідженому шарі в цій камері, відновлення в псевдозрідженому шарі в реакторі першого ступеня, магнітну сепарацію і відновлення магнітної складової в псевдозрідженому шарі в реакторі другого ступеня до міри металізації не менше 92 %, в камері попереднього нагрівання залізну руду нагрівають до температури $400\text{--}500^\circ\text{C}$ і відновлюють у реакторі першого ступеня до перетворення Fe_2O_3 у Fe_3O_4 при температурі $400\text{--}540^\circ\text{C}$, а магнітну сепарацію проводять у температурному інтервалі $500\text{--}540^\circ\text{C}$, а магнітну складову відновлюють у реакторі другого ступеня при температурі $500\text{--}570^\circ\text{C}$ [Патент України № 79850, МПК C21B 13/00, 2007].

Недоліком відомого способу є відносно низька швидкість реакції відновлення за рахунок збільшення парціальних тисків компонентів, що містяться в кисневмісному газі та CO_2 і H_2O , що утворюються внаслідок реакції відновлення. Конденсат з водяної пари при 400°C отримати неможливо, так як критична температура водяної пари становить 374°C , а критичний тиск - 22,5 МПа. Критична температура для CO_2 - $31,1^\circ\text{C}$ і критичний тиск - 7,29 МПа. Внаслідок цього швидкість реакції відновлення залишається відносно низькою.

Відомий спосіб відновлення зернистих руд, що містять оксид, за допомогою газу, зокрема матеріалу, що містить оксид заліза, у псевдозрідженому шарі під тиском не більше 5 бар, в якому руду, за допомогою відновного газу, що отримують з вугілля, підігрівають, можливо також попередньо відновлюють, в реакторі з псевдозрідженим шаром, передбаченому на стадії попереднього підігріву, а потім відновлюють у губчасте залізо у принаймні одному реакторі з псевдозрідженим шаром, передбаченому на стадії відновлення, причому відновний газ через подавальний канал відновного газу або канал відновного газу подають зі стадії відновлення до стадії попереднього підігріву у напрямку, протилежному напрямку подачі матеріалу, що відновлюється і подається зі стадії до стадії, а після очищення відводять як корисний відхідний газ для іншого використання, причому частину відновного газу відокремлюють, промивають і використовують як охолоджувальний газ для охолодження відновного газу, а у відновний газ, що подають до стадії відновлення та (або) стадії попереднього підігріву, подають тепло, а саме через спалювання частини корисного відхідного газу в пальнику, передбаченому у подавальному каналі відновного газу або каналі відновного газу, або в камері згоряння, відокремленій від подавального каналу відновного газу, або каналу відновного газу, при цьому горючі гази та тверді речовини, що, можливо, не згоріли, після цього подають в подавальний канал відновного газу чи в канал відновного газу або спалення здійснюють за допомогою принаймні одного пальника, зв'язаного з реактором з псевдозрідженим шаром, причому горючі гази подають безпосередньо до реактора з псевдозрідженим шаром, при цьому спалювання

здійснюють разом з киснем та (або) повітрям [Патент України № 73357, МПК В21В 13/00, В21В 13/14, 2005].

Недоліком даного способу є низька швидкість реакції відновлення, що характеризується константами рівноваги при використанні як відновників монооксиду вуглецю і водню:

$$K_1 = P_{CO_2} / P_{CO} \quad K_2 = P_{H_2O} / H_2$$

де: P_{CO_2} , P_{CO} , P_{H_2O} і H_2 - парціальні тиски вуглекислого газу, монооксиду вуглецю, водяної пари і водню відповідно.

При вказаній температурі (750-1140 °С) маса пари, що утворюється, знаходиться в зоні реакції в пароподібному стані і суттєво зменшує швидкість реакції відновлення. Вода, яка знаходилася в твердому матеріалі, теж переходить в пару і не є бажаним компонентом при відновленні, так як збільшує загальний парціальний тиск (P_{H_2O}) водяної пари. Для суттєвого підвищення швидкості реакції відновлення необхідно видалити водяну пару і діоксид вуглецю, що утворюються внаслідок реакції відновлення, шляхом конденсації. Але отримати конденсат із водяної пари і карбону (IV) оксиду при температурі в межах 750-1140 °С неможливо, оскільки критична температура водяної пари становить 374 °С, а карбону (IV) оксиду всього 31,1 °С.

Найближчим технічним рішенням до способу, що заявляється, є (прототипом) спосіб прямого відновлення оксидів заліза, який передбачає відновлення шматків оксиду заліза розміром менше 50 мкм в водневому середовищі при температурі ≤ 374 °С і тиску $\geq 22,5$ МПа. [Патент України на корисну модель № 63283 МПК С21В 13/00].

Недоліком такого способу є зниження швидкості реакції відновлення при використанні очищеного (зворотного) коксового газу, в складі якого крім водню (61,03 %), міститься карбон (II) оксиду (5,59 %), метан (25,72 %), карбон (IV) оксиду (3,07 %), кисень (0,45 %), азот (1,84 %) і інші вуглеводні (2,3 %). При відновленні оксидів заліза з використанням цього газу утворюється карбон (IV) оксиду і водяна пара, яка конденсується при вказаній вище температурі та тиску, а карбон (IV) оксиду, залишаючись в газоподібному стані, накопичується внаслідок протікання реакції відновлення та знижує концентрацію відновлювальних газів CO і H_2 . Внаслідок цього швидкість реакції відновлення зменшується.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу прямого відновлення оксидів заліза зворотним коксовим газом шляхом збільшення швидкості реакції відновлення заліза за рахунок повного видалення карбону (IV) оксиду та водяної пари в зворотному коксовому газі.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі прямого відновлення оксидів заліза зворотним коксовим газом, що включає відновлення оксидів заліза з розміром шматків менше 50 мкм в водневому середовищі при температурі ≤ 374 °С і оптимальному значенні тиску, при якому забезпечується конденсація водяної пари, і видалення конденсату після процесу відновлення, який здійснюють після видалення із зворотного коксового газу карбону (IV) оксиду (CO_2) і водяної пари при температурі $\leq 31,1$ °С та тиску $\geq 22,5$ МПа.

Наявність карбону (IV) оксиду (CO_2) і водяної пари в зворотному коксовому газі здійснює негативний вплив на швидкість хімічної реакції відновлення. Тому повне видалення вказаних компонентів до проведення процесу відновлення сприяє збільшенню швидкості реакції відновлення. Температура $\leq 31,1$ °С є критичною температурою для карбону (IV) оксиду (CO_2), нижче якої він переходить в рідке становище і легко видаляється із зворотного коксового газу, і достатньою температурою для конденсації водяної пари. Тиск $\geq 22,5$ МПа є оптимальним для одночасної конденсації карбону (IV) оксиду (CO_2) і водяної пари.

На кресленні показана принципова схема здійснення запропонованого способу прямого відновлення оксидів заліза зворотним коксовим газом. Схема включає бункер для оксидів заліза 1, пристрої для транспортування оксидів заліза 2 і 4, бункер 3 високого тиску, газгольдер 5 для зворотного коксового газу, турбокомпресор 6, теплообмінник 7, сепаратор 8, трубу Вентурі 9, реактор 10 відновлення оксидів заліза, газовіддільник 11, магнітний сепаратор 12, відстійник 13.

Спосіб здійснюється таким чином:

Оксиди заліза ($d < 50$ мкм) із бункера 1 за допомогою пристрою 2 подають у бункер 3 високого тиску, який підтримують за рахунок турбокомпресора 6, що подає зворотний коксовий газ із газгольдера 5 в теплообмінник 7 в якому підтримують температуру $\leq 31,1$ °С і тиск $\geq 22,5$ МПа, при яких забезпечується конденсація водяної пари і карбону (IV) оксиду (CO_2), які видаляються за допомогою сепаратора 8. За допомогою труби Вентурі 9 оксиди заліза змішують з зворотним коксовим газом і подають в зону нагріву реактора 10 відновлення оксидів заліза, де вказану суміш нагрівають до температури ≤ 374 °С. При вказаних умовах протікає реакція відновлення оксидів заліза з утворенням дисперсного губчастого заліза і шламу, які виводяться із нижньої частини газовіддільника 11, а газу направляються в газгольдер 5. Суміш губчастого заліза, води і шламу поступають на магнітний сепаратор 12, де розділюються на

шлам (суміш немагнітних твердих часток і води) і губчасте залізо, як готовий продукт. Шлам розділюють в відстійнику 13 на освітлену воду і шлам, який направляють на сушіння і утилізацію як сировини цементному заводу.

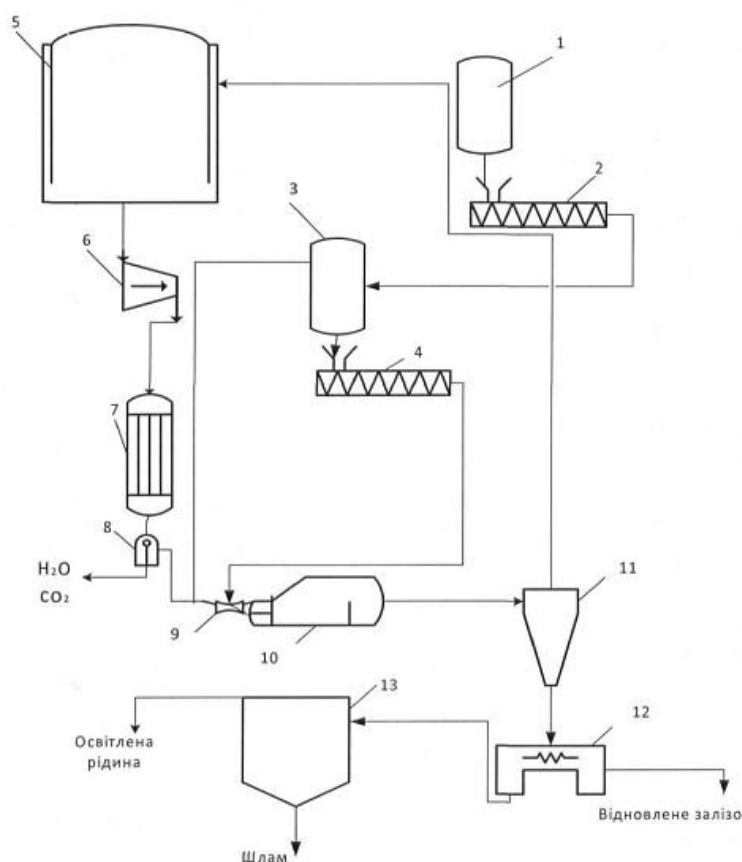
- 5 Таким чином, запропонований спосіб прямого відновлення оксидів заліза зворотним коксовим газом дає можливість значно підвищити продуктивність процесу відновлення заліза за рахунок збільшення швидкості реакції та зменшити собівартість відновленого заліза за рахунок використання менш дефіцитного відновного газу.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10

Спосіб прямого відновлення оксидів заліза зворотним коксовим газом, що включає відновлення оксидів заліза з розміром шматків менше 50 мкм в водневому середовищі при температурі $\leq 374^\circ\text{C}$ і оптимальному значенні тиску, при якому забезпечується конденсація водяної пари, і видалення конденсату після процесу відновлення, який **відрізняється** тим, що процес відновлення оксидів заліза здійснюють після видалення із зворотного коксового газу карбону (IV) оксиду (CO_2) і водяної пари при температурі $\leq 31,1^\circ\text{C}$ та тиску $\geq 22,5$ МПа.

15



Комп'ютерна верстка І. Скворцова

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