



УКРАЇНА

(19) UA (11) 77355 (13) C2
(51) МПК (2006)
C21B 13/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ РОЗПЛАВЛЕНОГО ЗАЛІЗА

1

(21) a200505486
(22) 23.12.2003
(24) 15.11.2006
(86) PCT/KR2003/002815, 23.12.2003
(31) 10-2002-0082634
(32) 23.12.2002
(33) KR
(46) 15.11.2006, Бюл. №11, 2006р.
(72) Схін Мйое-Кюн, KR, Лі Чхун-Хюк, KR
(73) ПОСКО, KR, РІСЕРЧ ІНСТІТ'ЮТ ОФ ІНДАСТ-
РІАЛ САЙЕНС ЕНД ТЕКНОЛОДЖІ, KR, ФЕСТ-
АЛЬПІНЕ ІНДУСТРІАЛГЕНБАУ ГМБГ УНД КО,
AT
(56) US 5535991 A, 16.07.1996
US 5185032 A, 09.02.1993
US 6277324 A, 21.08.2001
(57) 1. Спосіб одержання розплавленого заліза,
який включає операції:
- приготування залізовмісної суміші висушуванням
і змішуванням залізної руди з добавками;
- проведення залізовмісної суміші через один або
декілька з'єднаних послідовно реакторів з псевдо-
зрідженим шаром, в яких суміш відновлюють і каль-
цинують, утворюючи відновлений матеріал;
- формування ущільненого вугільного шару, що є
джерелом тепла, яким розплавляють відновлений
матеріал;
- подачі відновленого матеріалу в ущільнений ву-
гільний шар і кисню у псевдозріджений шар для
приготування утворення розплавленого заліза; і
- подачі відновлювального газу, що відходить з
ущільненого вугільного шару, до псевдозрідженого
шару,
причому під час операції перетворення суміші у
відновлений матеріал кисень безпосередньо по-
дають для спалювання у зоні, де відновлювальний
газ проходить у псевдозріджений шар.
2. Спосіб за п.1, який відрізняється тим, що під
час операції перетворення залізовмісної суміші у
відновлений матеріал окремо від подачі і спалю-
вання кисню подають воду і потім змішують з кис-
нем.
3. Спосіб за п.2, який відрізняється тим, що вода
є технологічною водою або паром.
4. Спосіб за п.2, який відрізняється тим, що воду
подають з витратою 300-5000 м³/год.
5. Спосіб за п.1, який відрізняється тим, що ки-
сень подають і спалюють у випадках, коли внутрі-

2

шня температура реактора з псевдозрідженим
шаром становить не нижче 650°C.
6. Спосіб за п.1, який відрізняється тим, що опе-
рація перетворення залізовмісної суміші у віднов-
лений матеріал включає:
(a) попереднє нагрівання залізовмісної суміші у
першому псевдозрідженому шарі;
(b) виконання попереднього відновлення поперед-
ньо нагрітої залізовмісної суміші у другому псевдо-
зрідженому шарі; і
(c) виконання остаточного відновлення залізовміс-
ної суміші, що зазнала попереднього відновлення,
для реалізації перетворення у відновлений мате-
ріал,
причому пряма подача і спалювання кисню здійс-
нюються під час операцій (a) і (b).
7. Спосіб за п.6, який відрізняється тим, що ки-
сень подають і спалюють безпосередньо перед
операціями (a), (b) і (c).
8. Спосіб за п.7, який відрізняється тим, що воду
подають окремо від подачі і спалювання кисню.
9. Пристрій для одержання розплавленого заліза,
який включає:
- один або більше реакторів з псевдозрідженим
шаром, призначених для відновлення і кальцинації
залізної руди і добавок, що висушують і змішують
для перетворення у відновлений матеріал;
- плавильно-газифікаторний агрегат для постачан-
ня відновленого матеріалу і прийому кисню для
приготування розплавленого заліза; і
- лінію подачі відновлювального газу для поста-
чання цього газу, що виходить з плавильно-
газифікаторного агрегату, до реакторів з псевдо-
зрідженим шаром,
причому кожний з реакторів з псевдозрідженим
шаром має у нижній частині дисперсійну плату,
через яку проходить відновлювальний газ, і кисне-
вий пальник, встановлений на зовнішній стінці ре-
актора з псевдозрідженим шаром у зоні над дис-
персійною платою.
10. Пристрій за п.9, який відрізняється тим, що
кисневий пальник включає:
- перший елемент, усередині якого у повздовж-
ньому напрямку циркулює охолоджувач;
- другий елемент, оточений у повздовжньому на-
прямку першим елементом і відділений від нього,
усередині якого циркулює охолоджувач,

(13) C2
(11) 77355
(19) UA

причому кисень подають і спалюють між першим і другим елементами, а відстань між першим і другим елементами зменшується з наближенням до внутрішньої частини реактора з псевдозрідженим шаром.

11. Пристрій за п.9, який **відрізняється** тим, що кожний з реакторів з псевдозрідженим шаром має форсунку постачання води, встановлену на зовнішній стінці реактора з псевдозрідженим шаром у зоні над дисперсною платою поблизу кисневого пальника.

12. Пристрій за п.11, який **відрізняється** тим, що напрямок подачі води форсункою становить 4-15° відносно повздовжнього напрямку кисневого пальника.

13. Пристрій за п.12, який **відрізняється** тим, що вода є технологічною водою або парою.

14. Пристрій за п.12, який **відрізняється** тим, що форсунка виконана з можливістю подачі води з витратою 300-500м³/год.

15. Пристрій за п.9, який **відрізняється** тим, що реактори з псевдозрідженим шаром включають:

- піч попереднього нагрівання залізовмісної суміші;
- піч попереднього відновлення, з'єднану з піччю попереднього нагрівання, для попереднього відновлення попередньо нагрітої залізовмісної суміші; і

- піч остаточного відновлення залізовмісної суміші, з'єднану з піччю попереднього відновлення, яка здійснює остаточне відновлення залізовмісної суміші, що зазнала попереднього відновлення, для завершення перетворення цієї суміші у відновлений матеріал,

причому як піч попереднього нагрівання, так і піч попереднього відновлення мають кисневий пальник.

16. Пристрій за п.15, який **відрізняється** тим, що кожний з реакторів з псевдозрідженим шаром має форсунку постачання води, встановлену на зовнішній стінці реактора з псевдозрідженим шаром у зоні над дисперсною платою поблизу кисневого пальника.

Винахід стосується пристрою і способу приготування розплавленого заліза, зокрема, пристрою і способу приготування розплавленого заліза, який передбачає постачання кисню і води у реактор з псевдозрідженим шаром для підвищення температури у цьому реакторі і для приготування цим розплавленого заліза.

Чорна металургія є стрижневою галуззю промисловості, яка постачає головні матеріали, необхідні у конструюванні і виготовленні автомобілів, суден, побутового обладнання і багатьох інших виробів, яким ми користуємось. Це також галузь з однією з найдовших історій, яка розвивалась разом з розвитком людства. У чавуноливарному виробництві, яке грає головну роль у чорній металургії, після виготовлення з залізної руди і вугілля, як сировини, розплавленого заліза (тобто розплавленого передельного чавуну), а з цього розплавленого заліза виробляють сталь, яку постачають споживачам.

Приблизно 60% світової продукції заліза виробляють, застосовуючи доменні печі, тобто спосіб, розроблений ще у XIV столітті. Згідно з цим способом, сировину, тобто кокс, одержаний з залізної руди і бітумінозного вугілля, що було піддане спіканню, завантажують у доменну піч і подають кисень для відновлення залізної руди до заліза і отримання таким чином розплавленого заліза. Такий спосіб, який є головним аспектом отримання розплавленого заліза, вимагає, щоб сировина мала твердість певного рівня і такий розмір зерен, який забезпечує вентиляцію у печі. Кокс, в якому спеціальне сире вугілля було піддане обробці, є джерелом вуглецю, який використовується як паливо і відновлюючий агент. Джерелом заліза є агломерат руди, що був підданий процесу ущільнення. Відповідно, у сучасній доменній печі необхідно мати обладнання для під-

готування і обробки сировини, наприклад, обладнання для виготовлення коксу і агломерації. На додаток до цього для доменної печі необхідно не лише мати допоміжне обладнання, але й обладнання, призначене для відвернення або мінімізації забруднення довкілля. Розмір інвестицій є значним, і це підвищує вартість виготовлення продукції.

Для вирішення цих проблем у доменній галузі у всьому світі в області чавуноливарного виробництва були прикладені значні зусилля для розробки процесу плавильного відновлення, який дозволяє одержати розплавлене залізо прямим використанням дрібного вугілля як палива і відновлювача і прямим використанням дрібної руди як джерела заліза, яка становить більше 80% світового виробництва руди, як джерела заліза.

Такий спосіб виготовлення розплавленого заліза з прямим використанням дрібного вугілля і дрібної руди описано у [US, 6,584,910]. Згідно з цим способом, розплавлений чавун або розплавлену сталь попередньо виробляють з завантаженої сировини, яка частково містить дрібну залізну руду. Цю руду в щонайменше одному реакторі з псевдозрідженим шаром прямим відновленням перетворюють у губчасте залізо, яке розплавляють у плавильній зоні подачею носіїв вуглецю і кисневмісного газу. Відновлювальний газ, що утворюється у цьому процесі, подають до реакторів з псевдозрідженим шаром і після відповідної реакції виводять як відпрацьований газ. У порівнянні з традиційними доменними печами спосіб одержання розплавленого заліза з використанням дрібного вугілля і дрібної руди має певні переваги, оскільки припускає широкий діапазон розміру часток вугілля. Крім того, легкими є зупинки і відновлення роботи обладнання. Однак, використання дрібної залізної руди і декількох

ступенів реакторів з псевдозрідженим шаром ускладнює коригування внутрішнього стану реакторів з псевдозрідженим шаром, зокрема температури у них.

Для корекції внутрішньої температури реакторів з псевдозрідженим шаром застосовують спосіб, згідно з яким назовні реактора з псевдозрідженим шаром встановлюють окрему камеру згоряння і пальник для підвищення температури газу, що надходить у цей реактор. Однак, коли реакційний газ з підвищеною температурою проходить через дисперсійну плату, яка робить однорідним потік газу до реактора з псевдозрідженим шаром, частки руди, що містяться у реакційному газі, утворюють суміш, яка має низьку температуру плавлення і блокує дисперсійну плату, порушуючи відновлювальний процес у реакторі.

Задачею винаходу є вирішення описаної вище проблеми. Об'єктом винаходу є пристрій і спосіб приготування розплавленого заліза, який передбачає подачу кисню і води безпосередньо у реактор з псевдозрідженим шаром для підвищення температури реакційного газу і запобігання налипанню розплавленої дрібної руди у реакторі з псевдозрідженим шаром, внаслідок чого поліпшується робота цього реактора.

Спосіб приготування розплавленого заліза включає операції приготування залізовмісної суміші висушуванням і змішуванням залізної руди з добавками; проведення залізовмісної суміші через один або декілька з'єднаних послідовно реакторів з псевдозрідженим шаром, в яких суміш відновлюється і кальцинується, утворюючи відновлений матеріал; формування ущільненого вугільного шару, який є джерелом тепла, де розплавляється відновлений матеріал; подачу відновленого матеріалу і кисню для утворення розплавленого заліза; і подачу відновлювального газу, що відходить з ущільненого вугільного шару, до псевдозрідженого шару, в який під час операції перетворення суміші у відновлений матеріал безпосередньо подають і спалюють кисень у зоні, де відновлювальний газ проходить у псевдозріджений шар.

В операції перетворення залізовмісної суміші воду у відновлений матеріал у процес, спалювання кисню можна подавати окремо і потім змішувати з киснем.

Вода може бути оброблювальною водою або паром. Воду можна подавати з витратою 300-500 м³/год.

Бажано подавати і спалювати кисень у випадках, коли внутрішня температура реактора з псевдозрідженим шаром становить не нижче 650°C.

Операція перетворення залізовмісної суміші у відновлений матеріал включає: (а) попереднє нагрівання залізовмісної суміші у першому псевдозрідженому шарі; (б) виконання попереднього відновлення попередньо нагрітої залізовмісної суміші у другому псевдозрідженому шарі; (с) виконання остаточного відновлення залізовмісної суміші, що зазнала попереднього відновлення, для одержання відновленого матеріалу. Пряма

подача і спалювання кисню здійснюються в операціях (а) і (б).

Кисень можна подавати і спалювати безпосередньо перед операціями (а), (б) і (с). Пристрій для приготування розплавленого заліза включає один або більше реакторів з псевдозрідженим шаром, які відновлюють і кальцинують залізну руду і добавки, що висушуються і змішуються для перетворення у відновлений матеріал; плавильно-газифікаторний агрегат для постачання відновленого матеріалу і прийому кисню для приготування розплавленого заліза; і лінію подачі відновлювального газу для постачання цього газу, що виходить з плавильно-газифікаторного агрегату, до реакторів з псевдозрідженим шаром, кожний з яких має у нижній частині дисперсійну плату, через яку проходить відновлювальний газ, кисневий пальник, встановлений на зовнішній стінці реактора з псевдозрідженим шаром над дисперсійною платою.

Кисневий пальник має перший елемент, усередині якого у повздовжньому напрямку циркулює охолоджувач, і другий елемент, оточений у повздовжньому напрямку першим елементом і відділений від нього, усередині якого циркулює охолоджувач. Бажано, щоб кисень надходив і спалювався між першим і другим елементами, а відстань між першим і другим елементами зменшувалась з наближенням до внутрішньої частини реактора з псевдозрідженим шаром.

Кожний з реакторів з псевдозрідженим шаром може мати усередині форсунку постачання води, встановлену на зовнішній стінці реактора у зоні над дисперсною платою поблизу кисневого пальника.

Бажано, щоб напрямок подачі води форсункою становив 4-15° відносно повздовжнього простягання кисневого пальника.

Вода може бути оброблювальною водою або паром. Воду можна подавати з витратою 300-500 м³/год.

Реактори з псевдозрідженим шаром можуть включати піч попереднього нагрівання залізовмісної суміші; піч попереднього відновлення попередньо, з'єднану з піччю попереднього нагрівання для попереднього відновлення попередньо нагрітої залізовмісної суміші; і піч остаточного відновлення залізовмісної суміші, що зазнала попереднього відновлення, для перетворення її у відновлений матеріал, причому як піч попереднього нагрівання, так і піч попереднього відновлення мають кисневий пальник.

Крім того, кожний з реакторів з псевдозрідженим шаром може мати форсунку постачання води, встановлену на зовнішній стінці реактора у зоні над дисперсною платою поблизу кисневого пальника.

У кресленнях:

Фіг.1 - схематичний вигляд пристрою приготування розплавленого заліза згідно з першим втіленням винаходу;

Фіг.2 - перетин кисневого пальника згідно з першим втіленням винаходу;

Фіг.3 - схематичний вигляд пристрою приготування розплавленого заліза згідно з другим втіленням винаходу;

Фіг.4 - перетин кисневого пальника згідно з другим втіленням винаходу;

Фіг.5 - графік зміни температури кисневого полум'я у функції кількості поданої води згідно з експериментальним прикладом винаходу.

Далі наведено детальний опис винаходу з посиланнями на супроводжуючі креслення. Для фахівця зрозумілою є можливість внесення варіацій і/або модифікацій у базові концепції винаходу. Описи втілень є лише ілюстраціями і не обмежують винаходу.

Фіг.1 містить схематичний вигляд пристрою приготування розплавленого заліза згідно з першим втіленням винаходу. Пристрій зображено у варіанті, коли кисневий пальник встановлено на реакторах з псевдозрідженим шаром.

Пристрій 100 приготування розплавленого заліза згідно з першим втіленням винаходу включає головні елементи вузла 20 реакторів з псевдозрідженим шаром, плавильно-газифікаторний агрегат 10 і інше допоміжне обладнання. Вузол 20 реакторів з псевдозрідженим шаром включає один або більше таких реакторів, які мають у середині псевдозріджений шар і своєю дією відновлюють і кальцинують залізну руду і добавки з утворенням відновленого матеріалу. Відновлений матеріал надходить до плавильно-газифікаторного агрегату 10 для виготовлення розплавленого заліза. Відновлювальний газ, що надходить від плавильно-газифікаторного агрегату 10, використовується для відновлення і кальцинування залізної руди і добавок проведенням його у реактори з псевдозрідженим шаром через лінію L55 постачання відновлювального газу, після чого газ виводиться назовні.

Далі розглядаються елементи, включені у пристрій 100 для приготування розплавленого заліза згідно з першим втіленням винаходу.

Після тимчасового зберігання дрібної залізної руди і добавок, які мають частки розміром 8мм і менше, при кімнатній температурі вузол 20 реакторів з псевдозрідженим шаром видаляє з цих елементів воду у сушильний печі 22 і змішує їх, утворюючи залізовмісну суміш. Приготовлену у такий спосіб залізовмісну суміш подають у реактор з псевдозрідженим шаром. Між сушильною піччю 22 і реактором встановлено проміжний резервуар 23, завдяки якому залізовмісна суміш при кімнатній температурі подається у реактори з псевдозрідженим шаром під тиском від нормального до 1,5-3ат.

Реактори з псевдозрідженим шаром (Фіг.1) згідно з першим втіленням винаходу є тристадійними. Така кількість реакторів є лише прикладом і не обмежує винаходу, який припускає і інші кількості реакторів.

Дрібна руда, яка містить залізо і добавки, що надходять у реактор, утворюють псевдозріджений шар, контактуючи для цього з потоком відновлювального газу, і перетворюються у високотемпературний відновлений матеріал, відновлений щонайменше на 80% і кальцинований щонайме-

нше на 30% при температурі 80°C. На першій стадії процесу відновлення псевдозрідженого шару залізовмісну суміш піддають попередньому нагріванню у реакторі 24 попереднього підігрівання. На другій стадії здійснюється попереднє відновлення залізовмісної суміші у реакторі 25 попереднього відновлення, з'єднаному з реактором 24 попереднього підігрівання. На третій стадії залізовмісну суміш, відновлену у реакторі 25 попереднього відновлення, піддають остаточному відновленню у реакторі 26 остаточного відновлення, з'єднаному з реактором 25 попереднього відновлення. Для відвернення втрат на розпилення (Фіг.1) на виході з реакторів з псевдозрідженим шаром відновлений матеріал безпосередньо подають у плавильно-газифікаторний агрегат 10, хоча між цими елементами може бути встановлений пристрій ущільнення. Крім того, встановлено гарячий проміжний резервуар для подачі відновленого матеріалу від реакторів з псевдозрідженим шаром до плавильно-газифікаторного агрегату 10 для полегшення подачі відновленого матеріалу до плавильно-газифікаторного агрегату 10.

Великогрудкове або брикетне вугілля, отримане пресуванням дрібного вугілля, подають у плавильно-газифікаторний агрегат 10 для формування ущільненого вугільного шару. Великогрудкове або брикетне вугілля, введене у плавильно-газифікаторний агрегат 10, газифікується реакцією піролізу у верхній частині ущільненого вугільного шару і реакцією згоряння з використанням кисню у нижній частині цього шару. Гарячий відновлювальний газ, утворений у плавильно-газифікаторному агрегаті 10 реакцією газифікації, подається послідовно до реакторів з псевдозрідженим шаром через лінію L55 подачі відновлювального газу, приєднану до заднього кінця реактора 26 остаточного відновлення, для використання цього газу як відновлюючого агента і псевдозріджуючого газу.

У зоні над ущільненим вугільним шаром плавильно-газифікаторного агрегату 10 утворюється куполоподібна порожнина. Швидкість потоку газу знижується цією порожниною, внаслідок чого відвертається втрата значних кількостей дрібної руди, що міститься у завантаженому відновленому матеріалі, і дрібної руди, утвореної в результаті раптового підвищення температури вугілля, завантаженого у плавильно-газифікаторний агрегат 10. Крім того, така форма дозволяє поглинати варіації тиску у плавильно-газифікаторному агрегаті 10, що спричиняються нерегулярними змінами кількості газу, генерованого прямим використанням вугілля. Проходячи до дна ущільненого вугільного шару, вугілля газифікується і позбавляється легких фракцій і нарешті спалюється киснем, що подається через фурми, розташовані у дні плавильно-газифікаторного агрегату. Генерований робочий газ піднімається через ущільнений вугільний шар, перетворюється у високотемпературний відновлювальний газ і виводиться з плавильно-газифікаторного агрегату 10. Частина робочого газу очищується і охолоджується, проходячи через водозбірники 51, 53, внаслідок чого

тиск у плавильно-газифікаторному агрегаті 10 підтримується у межах 3,0-3,5 ат.

Циклон 14 відбирає газ, генерований у плавильно-газифікаторному агрегаті 10, завдяки чому пил знову подається у плавильно-газифікаторний агрегат 10, а відновлювальний газ подається до реакторів з псевдозрідженим шаром через лінію L55 подачі газу. Відновлене залізо опускається в ущільненому вугільному шарі разом з вугіллям і зазнає остаточного відновлення і плавлення робочим газом і теплом згоряння, утвореним газифікацією і згорянням вугілля, після чого виводиться назовні.

Оскільки температура відновлювального газу, що виходить з плавильно-газифікаторного агрегату 10 повільно знижується, проходячи через реактори з псевдозрідженим шаром, у системі встановлено додаткові апарати 71, 72, 73 подачі кисню. Кисень подається апаратами 71, 72, 73 для часткового згоряння, причому температура відновлювального газу підвищується теплом згоряння, а рівень кисню у відновлювальному газі підтримується на належному рівні.

У першому втіленні винаходу для запобігання падінню температури відновлювального газу внаслідок пошкодження або блокування дисперсної плати, встановленої у нижній частині реактора з псевдозрідженим шаром, через яку проходить відновлювальний газ, кисень безпосередньо подають і спалюють у зоні, де відновлювальний газ входить у псевдозріджені шари реакторів. Для цього згідно з винаходом кисневий пальник 60 (Фіг.1) встановлено на зовнішній стінці кожного з реакторів з псевдозрідженим шаром у зоні над дисперсною платою 27. Отже підвищення температури відновлювального газу мінімізується подачею 7 кисню від апаратів 71, 72, 73 подачі кисню. Підвищити температуру відновлювального газу можна дією кисневих пальників 60.

Коли кисень подається у кисневий пальник 60 і спалюється (Фіг.1), зона 44 згоряння утворюється поблизу пальника 60. У першому втіленні винаходу кисень подається і спалюється у зоні, де відновлювальний газ поступає до псевдозріджених шарів реакторів. Відповідно, утворенням зони 44 згоряння там, де утворюються псевдозріджені шари після проходження дисперсної плати 27, мінімізується шкідливий вплив на дисперсну плату 27.

У першому втіленні винаходу бажано встановлювати один з кисневих пальників 60 на реакторі 24 попереднього підігрівання і на реакторі 25 попереднього відновлення з прямою подачею і спалюванням кисню. Оскільки у реакторі 24 попереднього підігрівання і у реакторі 25 попереднього відновлення швидкість відновлення заліза з домішками, що утворюють псевдозріджений шар, є не дуже високою навіть при контакті з кисневим полум'ям, когезія залізвмісного розплаву не є суттєвим фактором. На відміну від цього матеріал, що утворює псевдозріджені шари, досягає у реакторі 26 остаточного відновлення зумовленої швидкості відновлення, і тому для відвернення когезії дрібного безпосередньо відновленого за-

ліза кисень до реактора 26 бажано подавати не прямим шляхом.

Крім того, у випадку, коли внутрішня температура псевдозріджених шарів реактора 24 попереднього підігрівання, реактора 25 попереднього відновлення і реактора 26 остаточного відновлення становить 650°C або вище, бажано подавати кисень через кисневі пальники 60. Якщо кисневі пальники 60 працюють з подачею через них кисню при температурі нижче 650°C, частина підведеного кисню не спалюється і замість цього змішується з відновлювальним газом і тече разом з ним для підвищення швидкості відновлення залізвмісної суміші. Кисневі пальники 60 детально описані з посиланнями на Фіг.2.

Фіг.2 містить перетин кисневого пальника 60 згідно з першим втіленням винаходу. Оскільки зовнішні деталі пальника 60 є добре відомими, розглядається лише його перетин.

Кисневий пальник 60 має двотрубчасту структуру. Він має перший елемент 601, у середині якого у повздовжньому напрямку циркулює охолоджувач, і оточений першим елементом 601 другий елемент 611, уздовж і у середині якого ізольовано від першого елемента 601 циркулює охолоджувач. Другий елемент 611 на одному його кінці має датчик 616 полум'я. Кисневий пальник 60 може мати додаткові пристрої, яких потребує кисень. Кисень подається між першим 601 і другим 611 елементами, відстань між якими зменшується у напрямку внутрішньої частини реактора з псевдозрідженим шаром (показаному стрілками) таким чином, що кисень спалюється з уприскуванням його під високим тиском. Крім того, кисень для подачі і спалювання концентрується у напрямку центральної зони, завдяки чому він уприскується глибоко у псевдозріджений шар реактора з ефективним формуванням полум'я.

У першому 601 і другому 611 елементах встановлено охолоджуючі трубки 602, 612 для захисту кисневого пальника 60 від високої температури полум'я. В охолоджуючих трубках 602, 612 циркулює поданий у них охолоджувач.

Датчик 616 полум'я, встановлений на одному кінці другого елемента 611, виявляє спалювання кисню, поданого до псевдозрідженого шару. Цей датчик виявляє киснєве полум'я протягом секунд з подачі кисню і безперервно підтримує киснєве полум'я. Наявність датчика 616 полум'я усуває небезпеку зниження подачі відновлювального газу внаслідок наявності змішаного з плавильно-газифікаторним агрегатом кисню або кисню, що не був спалений в одному місці і вибухнув.

Фіг.3 і Фіг.4 ілюструють друге втілення винаходу.

Фіг.3 містить схематичний вигляд пристрою приготування розплавленого заліза згідно з другим втіленням винаходу у варіанті, коли на реакторів з псевдозрідженим шаром встановлено кисневі пальники і форсунки подачі води.

Пристрій 200 приготування розплавленого заліза згідно з другим втіленням винаходу є подібним до такого пристрою у першому втіленні за винятком застосування форсунок подачі води.

Опис ідентичних елементів не надається і обмежується лише форсунками подачі води.

Пристрій 200 приготування розплавленого заліза згідно з другим втіленням винаходу (Фіг.3) має форсунку 65 подачі води, розташовану поблизу кисневих пальників 60, встановлених на зовнішній стінці кожного з реакторів з псевдозрідженим шаром над дисперсною платою. Ці реактори за необхідності можуть мати додаткове об'єднання.

Форсунка 65 подачі води підмішує подану до неї воду до кисневого полум'я утвореного кисневим пальником 60 з утворенням зони 46 згоряння. Відповідно, температура кисневого полум'я може бути знижена для мінімізації когезії розплавленого заліза, зумовленої прямим контактом з кисневим полум'ям у високотемпературній зоні. Крім того, зниження температури кисневого полум'я знижує пошкодження матеріалу, розташованого навпроти місця формування полум'я.

Фіг.4 містить перетин одного з кисневих пальників і відповідної форсунки подачі води згідно з другим втіленням винаходу. Оскільки кисневий пальник 60 є ідентичним описаному у першому втіленні, його опис є зайвим. Структура форсунки 65 подачі води включає трубчастий елемент 651 з отвором 652 у ньому. Вода надходить через отвір 652 ізольовано від кисню і підмішується у кисневе полум'я.

Хоча форсунка 65 подачі води на Фіг.4 зображена безпосередньо над кисневим пальником 60, таке розташування є лише ілюстративним і не обмежує винаходу. Необхідно лише, щоб форсунка 65 подачі води була розташована поблизу кисневого пальника 60.

У процесі приготування розплавленого заліза може бути застосоване щонайменше одне індивідуальне або спільне підмішування води і пари під час подачі і спалювання кисню. При цьому не лише знижується температура кисневого полум'я, але в результаті водної зсувної реакції, зумовленої максимальною температурою кисневого полум'я, підведена води або пара розкладається на кисень і водень. Кисень спалюється у кисневому полум'ї, а водень додається до відновлювального газу для сприяння відновленню залізовмісної суміші. Зокрема, водень використовується, головним чином, як відновлювальний агент у різних способах приготування розплавленого заліза і є потужним відновлювачем з відновлювальною активністю, учетверо більшою за відновлювальну активність монооксиду вуглецю. Отже, подача води є бажаною.

Воду подають з розпиленням через форсунку 65 подачі води з бажаною витратою 300-500 м³/год. Якщо подавати воду без розпилювання, безпосередньо, то водна зсувна реакція і охолодження робочого газу не відбуваються.

Якщо подача води відбувається з витратою менше 300 м³/год., знизити температуру кисневого полум'я неможливо, кількість одержаних кисню і водню є незначним і дія подачі води є мінімальною, а потік кисню, що надходить до кисневого пальника, є малим. Якщо подача води відбувається з витратою більше 500 м³/год., надлишок

води контактує з кисневим полум'ям і наполовину знижує підігрівання псевдозрідженого шару цим полум'ям. Крім того, вода не вступає у зсувну реакцію і, залишаючись у пароподібному стані, діє як зв'язуючий агент, сприяючи когезії залізовмісної суміші.

У другому втіленні винаходу форсунка 65 подачі води встановлена таким чином, що вона подає воду під кутом $\theta=4-15^\circ$ до повздовжнього напрямку кисневого пальника 60. У випадку, коли форсунка 65 подачі води встановлена над кисневим пальником 60 (Фіг.4), бажано, щоб форсунка 65 була нахилена під кутом 4-15°. Якщо кут θ є меншим 4°, точка контакту з кисневим полум'ям віддаляється до псевдозрідженого шару або контакту взагалі немає. Якщо кут θ перевищує 15°, не лише виникає перепона на шляху кисневого полум'я, але час, потрібний для досягнення полум'я скорочується до такого рівня, що зниження температури кисневого полум'я і водна зсувна реакція стають неможливими.

Далі наведено приклад, що ілюструє винахід, не обмежуючи його обсягу.

Приклад

Одночасно з подачею кисню до кисневого пальника через форсунку подавали воду для корекції подачі води згідно з другим втіленням винаходу. Був проведений моделювальний експеримент для вимірювання температури кисневого полум'я. Подачу води виміряли водоміром, а температуру кисневого полум'я виміряли ультрафіолетовим термометром.

Фіг.5 містить результати вимірювань у вигляді графіка залежності зміни температури полум'я від кількості поданої води. У даному прикладі атмосферна температура була встановлена при 600°C або більше і тому виникло кисневе полум'я, але, оскільки тест проводили в атмосфері, може існувати різниця між абсолютними значеннями температури. Однак, прогнозування зниження температури є можливим, як це показує графік на Фіг.5.

Згідно з Фіг.5, якщо вода подається у кисневе полум'я з витратою приблизно 300 м³/год., температура кисневого полум'я знижується з приблизно 2700°C до приблизно 2000°C. Кількість кисню і кількість водню, що отримувались у даному експерименті, становили приблизно 300 м³/год. кожна. Коли воду подавали у кисневе полум'я з витратою приблизно 500 м³/год., температура кисневого полум'я знизилась з приблизно 2700°C до приблизно 1500°C. Кількість кисню і кількість водню, що отримувались у даному експерименті, становили приблизно 500 м³/год. кожна.

Аналіз співвідношення між температурою кисневого полум'я і кількістю поданої води показує, що на кожний 1 м³/год. поданої води температура кисневого полум'я знижується приблизно на 2,53°C.

Оскільки згідно з винаходом кисень подається безпосередньо у зону входження потоку відновлювального газу у псевдозріджений шар, не лише мінімізується шкідливий вплив на дисперсну плату, але й швидкість відновлення залізовмісної суміші підвищується завдяки підвищеній те-

мпературі відновлювального газу. Отже, можна підвищити якість відновлювального газу, що проходить через псевдозріджений шар, і відвернути когезію залізовмісного порошку.

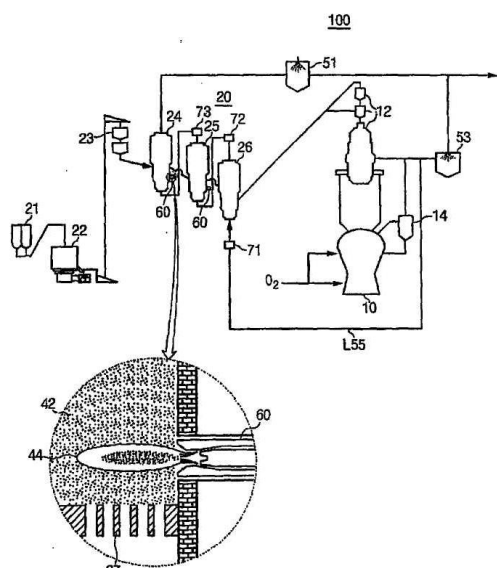
Подача води окремо від подачі кисню для спалювання дозволяє знизити температуру відновлювального газу. Завдяки цьому відвертається пошкодження компонентів, розташованих навпроти зони подачі кисню, а відновлювальна активність відновлювального газу поліпшується.

Застосування форсунок подачі води згідно з винаходом підвищує ефективність процесів, оскільки

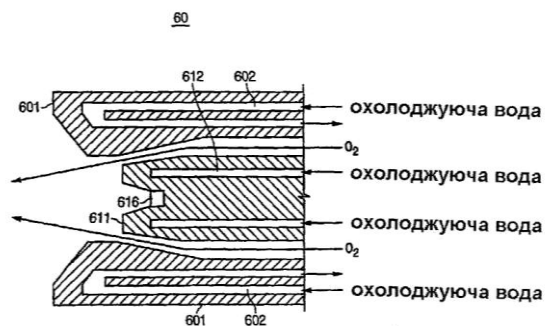
льки обробка водою або паром полегшує приготування розплавленого заліза.

Крім того, на додаток до здійснення прямої подачі і спалювання кисню у псевдозріджених шарах, окремий пристрій подачі кисню, встановлений поза псевдозрідженими шарами, може знизити навантаження на постачання кисню.

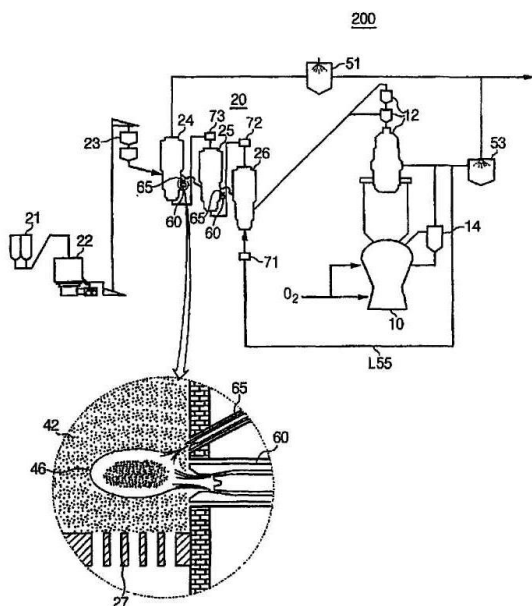
Наведений вище опис стосується певних типових втілень, і зрозуміло, що винахід не обмежується описаними втіленнями, але припускає різні модифікації і/або еквівалентні рішення у межах обсягу винаходу, визначеного формулою винаходу.



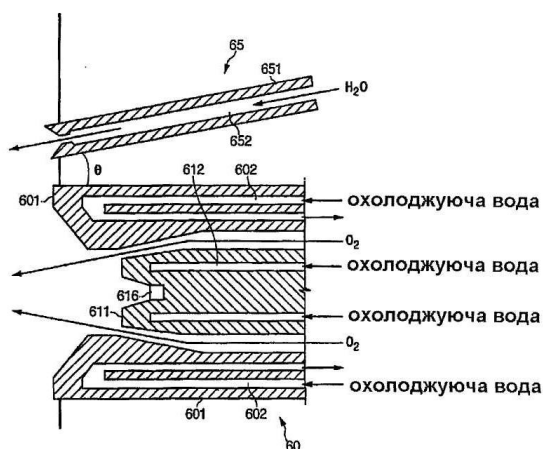
Фиг. 1



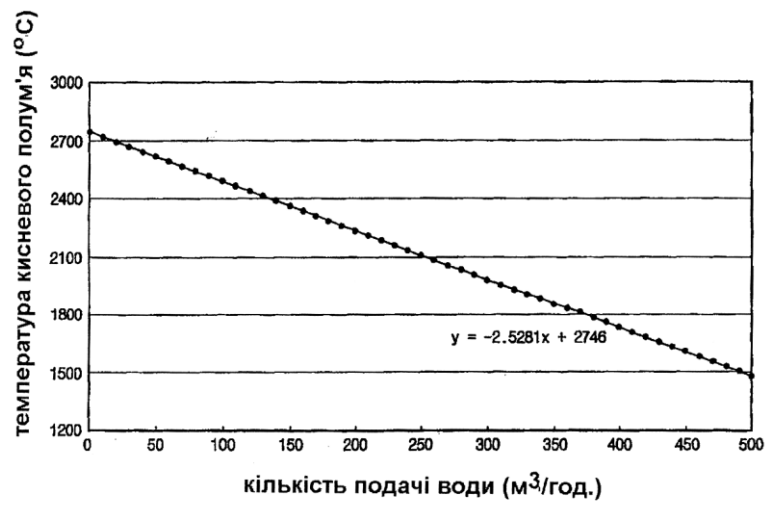
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фіг. 5