



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81139 (13) C2

(51) МПК

C21B 11/08 (2006.01)

C21B 13/10 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ЗАЛІЗА

1

(21) а200507489

(22) 20.01.2004

(24) 10.12.2007

(86) РСТ/AU2004/000068, 20.01.2004

(31) 2003900357

(32) 24.01.2003

(33) AU

(72) НГ КОЛЕТТ МАРІЯ, БОЛДОК БРАЙАН РОСС,
СОФРА ДЖУЗЕППЕ, Г'ЮЗ СТВЕН ПІТЕР,
МАТУСЕВІЧ РОБЕРТ ВОЛТЕР, МАКЛЕЛЛАНД
РОСС АЛЕКСАНДЕР, ШЕРРІНГТОН ДЕЙВІД
МЕТ'Ю

(73) ОСМЕЛТ ЛІМІТЕД

(56) UA, 77753, C2, дата подання 16.01.2003

EP, 1067201, A2, 10.01.2001

WO, 0164960, A1, 07.09.2001

US, 5498277, A, 12.03.1996

WO, 0224963, A1, 28.03.2002

(57) 1. Спосіб одержання заліза та шлаку
плавленням залізовмісного матеріалу, де залізо
присутнє як оксид, в частково металізованому
стані або у їх комбінації, в реакторі, що має
плавильну ванну із шлаковою фазою, при якому:(а) вдувають паливо/відновник та кисневмісний
газ у шлак через принаймні одну занурену зверху
фурму для створення умов нагрівання та
відновлення принаймні в одній зоні відновлення у
ванні,(б) у реактор завантажують вихідний матеріал
разом з додатковим відновником та флюсом у
принаймні одну зону відновлення або поруч з нею,
досягаючи відновлення матеріалу під час
плавлення з утворенням газоподібних продуктів
спалювання, які містять CO та H₂,(в) регулюють витрату кисневмісного газу та
палива/відновника під час їх вдування у шлак
зазначеною принаймні однією фурмою для
досягнення потрібних і достатніх умов
відновлення, та(г) допалюють в реакторі над ванною газоподібні
продукти спалювання, утворені під час плавлення,
причомуоперацію (в) здійснюють з використанням
кисневмісного газу, в якому об'ємна частка кисню
складає 40 - 100 % і є достатньою для досягання
ступеня спалювання палива/відновника, що

2

перевищує 60 % від його маси, який вдувають
зазначеною принаймні однією фурмою.2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що
ступінь спалювання палива/відновника у операції
(в) регулюють таким чином, що він перевищує 65
% від маси палива/відновника, який вдувають
зазначеною принаймні однією фурмою.3. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що
ступінь спалювання палива/відновника у операції
(в) регулюють таким чином, що він складає 65 – 90
% від маси палива/відновника, який вдувають
зазначеною принаймні однією фурмою.4. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що
ступінь спалювання палива/відновника у операції
(в) регулюють таким чином, що він складає 65 – 85
% від маси палива/відновника, який вдувають
зазначеною принаймні однією фурмою.5. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що
додатковий відновник містить вугілля та разом з
паливом/відновником є паливом нижчого ґатунку,
а ступінь спалювання палива/відновника у операції
(в) регулюють таким чином, що він складає 60 – 75
% від маси палива/відновника, який вдувають
зазначеною принаймні однією фурмою.6. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що
паливо/відновник та додатковий відновник, який
містить вугілля, є паливом вищого ґатунку, а
ступінь спалюванняпалива/відновника у операції (в) регулюють таки
чином, що він складає принаймні 70 % від маси
палива/відновника, який вдувають зазначеною
принаймні однією фурмою.7. Спосіб за будь-яким з пп. 1-6, який
відрізняється тим, що допалювання в операції (г)
проводять з досягненням ступеня спалювання, що
перевищує показник 0,2, при співвідношенні
(CO₂+H₂O) і (CO₂+H₂+O₂+H₂O) для вихідних
газів, які утворюють в реакторі.8. Спосіб за п. 7, який відрізняється тим, що
ступінь спалювання регулюють до 0,95 – 1,0.9. Спосіб за будь-яким з пп. 1-8, який
відрізняється тим, що паливо/відновник містить
принаймні один вуглецевий відновник, вибраний
із сипучого вугілля, нафтового палива, природного
газу та зрідженого нафтового газу.10. Спосіб за будь-яким з пп. 1-8, який
відрізняється тим, що паливо/відновник містить

(13) C2

(11) 81139

(19) UA

тонкоподрібнене вугілля, яке вдувають газом-носієм.

11. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що газ-носії містять принаймні частину кисню, потрібного для спалювання палива, що міститься в паливі/відновнику.

12. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що газ-носії вибрано з групи, що складається з азоту, кисню, повітря та збагаченого киснем повітря.

13. Спосіб за будь-яким з пп. 1-12, який **відрізняється** тим, що додатковим відновником є вугілля.

14. Спосіб за будь-яким з пп. 1-12, який **відрізняється** тим, що додатковим відновником є вугілля, яке подають у кількості 20 – 60 % від маси вихідного матеріалу.

15. Спосіб за будь-яким з пп. 1-14, який **відрізняється** тим, що флюс містить принаймні одне з групи, що складається з вапняку, доломіту, кальцинованого вапняку, кальцинованого доломіту та силіцій діоксиду.

16. Спосіб за будь-яким з пп. 1-15, який **відрізняється** тим, що плавлення ведуть при температурі в реакторі 1350 – 1500 °C.

17. Спосіб за будь-яким з пп. 1-16, який **відрізняється** тим, що допалювання ведуть вдуванням в реактор над розплавленою ванною

кисневмісного газу, вибраного з групи, що складається з повітря та збагаченого киснем повітря.

18. Спосіб за будь-яким з пп. 1-17, який **відрізняється** тим, що допалювання ведуть в зоні допалювання безпосередньо поруч з поверхнею ванни, а краплі шлаку, що вихлюпуються з ванни через турбулентність, що викликана вдуванням, подають у зону допалювання та отримують з цієї зони теплову енергію.

19. Спосіб за п. 18, який **відрізняється** тим, що зону допалювання розташовують поруч з принаймні однією зоною відновлення.

20. Спосіб за будь-яким з пп. 1-19, який **відрізняється** тим, що залізовмісний матеріал містить грудковий або агломерований тонкоподрібнений матеріал.

21. Спосіб за будь-яким з пп. 1-20, який **відрізняється** тим, що залізовмісний матеріал є принаймні одним, вибраним з групи, що складається з грудок залізної руди, тонкодисперсної залізної руди, котунів, пресованого залізорудного пилю, залістистого піску, відходів заліза, окалини, колошникового пилю сталеплавильного заводу, брухту чорних металів, частково металізованих матеріалів та шлаку з високим вмістом заліза.

Цей винахід стосується плавильного способу отримання заліза із придатного залізовмісного матеріалу.

Опис Австралійського [патенту AU-B-25725/92 (656228) та відповідний патент США 5498277, Floyd та ін.], розкривають спосіб плавлення залізовмісного матеріалу в реакторі з дуттям через занурені склепінні фурми, який має шлакову ванну. Нагрівання та умови відновлення у відомому способі створюють принаймні в одній зоні відновлення ванни шляхом вдування вуглецевого палива/відновнику та кисневмісного газу однією склепінною фурмою. Залізовмісний матеріал(и), додатковий вуглецевий відновник та флюси подають до реактора у зону відновлення або поруч із нею для плавлення та відновлення, при цьому застосовують вугілля як додатковий відновник. Кисневмісний газ, має об'ємний вміст кисню 40-100%. В [патенті AU-B-25725/92] зазначено, що витрати кисневмісного газу та палива/відновнику регулюють під час вдування для досягнення ступеню їх спалювання від 40 до 50% за масою. Газоподібні продукти спалювання, плавлення та реакції відновлення можуть містити істотні кількості відновлювальних компонентів, а саме, чадний газ та водень, а також пил, що містить елементарний вуглець. Такі гази та пил, що виносяться з ванни, допалюють, додатково вдуваючи кисневмісний газ у реактор для вироблення теплової енергії, яка принаймні частково передається до ванни.

З точки зору основ термодинаміки та виробничої практики отримання заліза,

рафінованого від домішок, із оксидів заліза потребують дуже низьких потенціалів кисню, тобто, менше ніж приблизно 10^{-8} атмосфери при типових температурах виплавлення заліза, що перевищують 1400°C. Для того, щоб залізо достатньо розплавилось за цих робочих температур, умови відновлення повинні бути відповідними, щоб у розплавленому залізі залишилась масова частка карбону 3-4%. За таких умов відновлення передбачають, що утворені у ванні карбон діоксид та водяна пара будуть діяти як окиснювачі, запобігаючи або гальмуючи, принаймні частково, утворення заліза, рафінованого від домішок, а також окиснюючи наявний вуглець. Отже, у способі з [опису патенту AU-B-25725/92 (626228)] стехіометричні співвідношення палива/відновнику та кисневмісного газу, які вдувають фурмою, для підтримання процесу горіння не перевищують 50% за масою. На цьому рівні тільки мала кількість, якщо це має місце, окиснювачів, як-то карбон діоксид і водяна пара, утворюється в ванні спалюванням палива/відновнику.

Велика частина теплової енергії, утвореної під час спалювання вуглецевого палива, є наслідком спалювання чадного газу та водню з перетворенням їх відповідно у карбон діоксид та водяну пару. Щоб виділити цю енергію, спосіб згідно з AU-B-25725/92 (656228) майже винятково залежить від операції допалювання для того, щоб скористатись енергетичним потенціалом палива.

Для здійснення допалювання у газовий простір реактора окремо вдувають додатковий

кисневмісний газ щоб саме над ванною спалити чадний газ та водень, що утворились, та захоплений пил, що містить вуглець. Вивільнена таким спалюванням енергія передається до ванни завдяки конвекції та випромінюванню із газового простору та безпосередньо проведенням до палива/відновнику та кисневмісного газу, які вдувають у реактор, та до бризок шлаку, що вихлюпуються у газовий простір. Процес вивільнення енергії в операції допалювання по суті призводить до обмеженого контакту фази заліза, рафінованого від домішок, з окисненими газами. Однак, хоч передавання енергії до ванни є значним та дуже практично вигідним, але воно є істотно меншим за 100% тому, що частина енергії витрачається на нагрівання відхідних газів реактора порівняно з температурою ванни.

Отже, винахід спрямовано на створення вдосконаленого способу плавлення залізовмісного матеріалу із застосуванням реактора з дуттям через склепінну фурму, який має шлакову ванну та принаймні одну занурену склепінну фурму. Винахід дозволяє досконале використання теплової енергії.

У способі згідно з винаходом первинний кисневмісний газ та вуглецеві паливо/відновник вдувають в шлак принаймні однією фурмою за витрат, що забезпечують ступінь спалювання палива/відновнику значно вищий за 50% маси палива/відновнику. Тобто, стехіометричне співвідношення "кисень-паливо/відновник" перевищує 50%.

Таким чином, згідно з винаходом запропоновано спосіб плавлення відповідного залізовмісного матеріалу, де залізо присутнє як оксид та/або в частково металізованому стані, згідно з яким у шлаковій фазі плавильної ванни утворюють принаймні одну зону спалювання, вдуваючи паливо/відновник та кисневмісний газ через принаймні одну занурену склепінну фурму, регулюють витрати кисневмісного газу та палива/відновнику для забезпечення ступеню спалювання палива/відновнику, який перевищує 60% маси палива/відновнику, а газоподібні продукти спалювання, плавлення та реакцій відновлення та елементарний вуглець у вигляді пилу, захоплений газоподібними продуктами, піддають допалюванню над шлаковою фазою для передавання вивільненої теплової енергії до ванни.

У способі згідно з винаходом залізовмісний матеріал, додатковий відновник та флюс подають до реактора поруч із зоною спалювання, створеною вдуванням первинного кисневмісного газу та палива/відновнику, або на придатній відстані від неї.

Більш конкретно, згідно з винаходом запропоновано спосіб отримання заліза та шлаку плавленням залізовмісного матеріалу, де залізо присутнє як оксид, в частково металізованому стані або у їх комбінації, в реакторі, що містить плавильну ванну із шлаковою фазою, який полягає в тому, що

(а) у шлак вдувають паливо/відновник та кисневмісний газ за допомоги принаймні однієї зануреної склепінної фурми для створення умов

нагрівання та відновлення принаймні в одній зоні відновлення у ванні;

(б) у реактор завантажують вихідний матеріал разом з додатковим відновником та флюсом у принаймні одну зону відновлення або поруч з нею, через що вихідний матеріал зазнає відновлення під час плавлення з утворенням газоподібних продуктів згоряння, які містять CO та H_2 ;

(в) регулюють витрати кисневмісного газу та палива/відновнику під час їх вдування зазначеною принаймні однією фурмою для досягнення потрібних, достатніх умов відновлення; та

(г) допалюють, в реакторі над ванною, газоподібні продукти згоряння, утворені під час плавлення; і в якому

операцію (в) здійснюють з використанням кисневмісного газу, в якому об'ємна частка кисню складає 40-100% і є достатньою для досягнення ступеню спалювання, який перевищує 60% маси палива/відновнику, який вдувають зазначеною принаймні однією фурмою.

"Паливо/відновник" містить матеріал, що має паливний компонент, якого спалюють для отримання теплової енергії, та відновлювальний компонент, який не спалюється і тому є придатним як відновник в реакціях плавлення. Співвідношення палива до відновнику в паливі/відновнику, як далі стане зрозуміло, визначають за витратами кисневмісного газу та палива/відновнику відносно даного вмісту кисню у газі. До початку плавлення фурму підпалюють у піднятому положенні для утворення полум'я від спалювання палива. Фурму потім опускають до занурення її нижнього кінця в шлак, підтримуючи полум'я, що забезпечує зону спалювання у шлаку.

Як зазначено вище, з точки зору основ термодинаміки та виробничої практики стехіометричне співвідношення "кисень-паливо/відновник", яке перевищує приблизно 50%, спричиняється до появи карбон діоксиду та водяної пари в шлаковій ванні, які запобігають утворенню заліза, рафінованого від домішок, або гальмують його, а також окиснюють вуглець та будь-яке наявне залізо, рафіноване від домішок. Однак, винахід такі припущення несподівано спростовує. Це можна завдячувати окремим факторам, пов'язаним із вдуванням кисню та палива/відновнику через занурену склепінну фурму разом із додатковим відновником, або цим факторам загалом.

Припущення, що за стехіометричних співвідношень, які перевищують приблизно 50%, карбон діоксид та водяна пара могли б запобігати утворенню заліза, рафінованого від домішок, або гальмувати його, і окиснювати вуглець та залізо, рафіноване від домішок, впливає з простих і традиційних міркувань з приводу високотемпературної рівноваги. Тобто, припускається, що система по суті є у рівновазі з по суті однаковим відновлювальним потенціалом, існуючим в усій ванні реактора. Вдування через занурену склепінну фурму призводить до високого рівня турбулентності в шлаку, що могло б достатньою мірою підтверджувати це припущення. Однак, перший фактор, що можливо дозволяє застосування стехіометричних співвідношень з

перевищенням 50%, незважаючи на таку турбулентність, є таким, що ванна здатна підтримувати зони, в яких відновлювальний потенціал значно вищий ніж у зоні спалювання, створеній кожною індивідуальною фурмою. Тобто, тут можливі непередбачені відхилення від розрахованої рівноваги системи, обумовлені існуванням значної різниці у відновлювальному потенціалі між відповідними зонами.

Альтернативний або додатковий фактор може бути обумовлений відстанню між відповідними зонами. Ця відстань може залежати від залізовмісного матеріалу, додаткового відновнику та флюсу, які додають до ванни в місці, віддаленому від зони спалювання, створеної кожною індивідуальною фурмою. Іншим чином відстань може залежати від того, як ці матеріали під час уведення у ванну зміщуються від зони спалювання, створеної фурмою, через турбулентність, викликану вдуванням під рівень ванни. Дійсно, навіть там, де залізовмісний матеріал, додатковий відновник та флюс додають поруч з фурмою, вони можуть бути зміщені із утвореної фурмою зони відновлення тому, що вдування під рівень ванни здійснюють звичайно відносно глибоко в шлаковій ванні. Мало того, у разі, коли додатковий відновник додають у вигляді кускового вугілля, що є переважним, відносно низька щільність такого вугілля призводить до його спливання на поверхню ванни далеко від зони відновлення, створеної фурмою.

Незалежно від фактора або комбінації причетних факторів непередбачена можливість застосовувати стехіометрії з перевищенням 60% дозволяє вдосконалення експлуатаційної ефективності.

Спалювання паливного компоненту палива/відновнику потрібне для утворення теплової енергії для нагрівання вмісту реактора до температури, що дозволяє швидкі реакції, та підтримувати плавильну ванну. Для досягнення максимального ступеню спалювання у ванні, ефективність безпосереднього споживання енергії ванною значно зростає, але її утилізація непередбачувана. Загальний рівень отриманої ванною енергії може бути ще збільшено допалюванням будь-яких газів, що не згоріли, включно з чадним газом та воднем, які утворились під час спалювання під рівнем шлаку, в результаті плавлення та реакцій відновлення, або захоплюваного газом пилу, що містить вуглець. Отримання ванною теплової енергії від допалювання у будь-якому разі менш ефективна, ніж від спалювання під рівнем шлаку.

Отже, загальне отримання енергії із палива/відновнику від його безпосереднього спалювання під рівнем шлаку і допалювання суттєво зростає під час здійснення способу згідно з винаходом. Таким чином, підвищення ступеню спалювання під рівнем шлаку шляхом збільшення стехіометричного співвідношення кисню до палива зверху раніше загальноприйнятого рівня у 50% дозволяє значно підвищити продуктивність процесу отримання заліза для зумовленого рівня витрат палива або, навпаки, винахід забезпечує значне зниження рівня витрат палива для

зумовленої продуктивності процесу отримання заліза. У будь-якому разі підвищується продуктивність процесу отримання заліза з огляду на витрати енергії на одиницю отриманого заліза.

У способі згідно з винаходом відношення кисню до паливного компоненту в паливі/відновнику, яке вдувають, переважно перевищує 65%. Стехіометрія спалювання за допомоги фурми може бути 60-100%, але краще 65-90%. Оптимальний ефект досягається в межах 65-85%.

Взагалі, бажано застосовувати стехіометрію з перевищенням 60% для того, щоб досягти значного підвищення ефективності отримання заліза. Однак, виходить, що бажаний діапазон стехіометрії змінюється залежно від якості, хімічних та фізичних властивостей палива/відновнику або кожних додаткових вуглецевих матеріалів, застосованих у способі. Наприклад, з паливами нижчого ґатунку кращий діапазон може бути 60-75%, у той же час з паливом вищого ґатунку, як-то кам'яне вугілля, діапазон може простягатись від 70% до 100%.

У способі згідно з винаходом застосовано базове карботермічне відновлення оксидів заліза для отримання заліза, рафінованого від домішок. Спалювання палива під рівнем шлаку забезпечує теплову енергію, потрібну для запуску плавильних та відновлювальних реакцій. В той час як завдяки вищій стехіометрії палива/відновнику, спалюваного з допомогою фурми відповідно знижується рівень чадного газу та водню, утворених безпосереднім спалюванням палива/відновнику; чадний газ та водень також утворюються плавильними реакціями. Отже, подібно до способу, розкритого в [патенті AU-B-25725/92 (656228)], спосіб згідно з винаходом також є корисним завдяки допалюванню, через яке максимально підвищується поглинання теплової енергії ванною. Тобто більш ефективна утилізація палива через підвищений рівень стехіометрії спалюваного фурмою палива/відновнику, не усуває необхідності у допалюванні, щоб максимально підвищити загальну ефективність виробництва.

Допалювання краще вести на досягнення ступеню спалювання з перевищенням показника 0,2, як відношення $(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ до $(\text{CO} + \text{H}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ для відхідних газів, що утворюються в реакторі. Ступінь спалювання переважно регулюють в межах приблизно 0.95-1.0. Ступінь спалювання регулюють так, щоб досягти максимального рівня перенесення тепла до ванни, сумісного з будь-яким подальшим застосуванням газів, і в той же час знову не окиснюючи ванну. Гази можна у подальшому застосовувати для підігрівання шихти або газів, та/або виробництва пари або отримання енергії із газів іншим шляхом.

Дуття під дзеркало ванни згідно з цим винаходом забезпечує достатні умови відновлення для отримання заліза, рафінованого від домішок, у той же час забезпечуючи оптимальну регенерацію енергії у ванні. Дуття може містити принаймні тільки тонкоподрібнене вугілля, нафтове паливо, природний газ, зріджений нафтовий газ або інший придатний вуглецевий матеріал. Зокрема у разі,

якщо паливо містить тонкоподрібнене вугілля, його вдувають в струмину газу-носія, який може містити принаймні частину кисню, потрібного для спалювання палива. Газ-носієй може також складатись із суміші інертного газу, як-то азоту з повітрям, збагаченого киснем повітря або виключно з кисню, або він може складатись тільки з інертного газу. Потрібну для горіння частину кисню можна вдувати через фурму, окремим від палива/відновнику струменем, змішуючи окремі струмені тільки біля нижнього кінця фурми та/або в шлаковій ванні. Якщо принаймні частину кисню вдувають таким окремим струменем, він може складатись тільки з кисню, збагаченого киснем повітря, або такий газ, змішаний з інертним газом, як-то азотом.

Витрати первинного кисню та палива/відновнику регулюють на досягнення потрібних умов спалювання та, як зазначено, відновлення. Отже, первинний кисневмісний газ для вдування звичайно має об'ємну частку кисню від 40 до 100%, що достатньо для досягнення ступеню спалювання палива/відновнику з перевищенням 50%, переважно з перевищенням 60%.

Краще, якщо додатковим вуглецевим відновником є вугілля. Його подають до ванни разом із залізовмісним матеріалом, де він переважно складає приблизно 20-60% маси залізовмісного матеріалу. Придатний флюс, наприклад, принаймні вапняк, доломіт, кальцинований вапняк, кальцинований доломіт або силіцій діоксид, залежно від вихідного матеріалу можна також завантажувати разом з ним за умови утворення піджоюї рідкої ванни. Додатковий вуглецевий відновник та вихідний матеріал можна завантажувати безперервно протягом плавки, безперервно або періодично випускаючи шлак та залізо. Вихідний матеріал може складатись з окремих матеріалів або у формі агломерату, що складається з деяких або всіх необхідних компонентів.

Занурювані склепінні фурми різноманітних форм можна застосовувати для здійснення способу згідно з винаходом. Однак цей спосіб потребує відносно високих температур реактора, наприклад, приблизно 1350-1500°C. Отже, занурювану склепінну фурму переважно виготовляють із придатної сталі, наприклад неіржавіючої сталі або інших придатних матеріалів, як-то міді, оксидів металів, кераміки та їх комбінацій або сумішей, включно з покриттям.

Звичайно під час плавки потрібно охолоджувати фурму відповідною рідиною. З цією метою, фурма може, наприклад, мати таку форму, як в [Міжнародній заявці РСТ/AU90/00466 (W091/05214)] заявленій цим заявником 26 вересня, 1990, або як в [Австралійському патенті 647669] цього заявника. Зміст цих документів є частиною цього опису через посилання.

Допалювання, необхідне в способі згідно з винаходом, здійснюють киснем, або кисневмісним газом, як-то повітрям або збагаченим киснем повітрям, яке вдувають у простір реактора над шлаковою ванною. Допалювання здійснюють переважно поблизу поверхні ванни, а краще -

поблизу зони відновлення, що забезпечує високий рівень перенесення тепла до шлакової ванни. У будь-якому разі, допалювання здійснюють в зоні допалювання безпосередньо поблизу поверхні ванни, завдяки чому краплі шлаку, що вихлюпуються з ванни через турбулентність, викликану дуттям у шлак, опиняються в зоні допалювання і поглинають з неї теплову енергію.

Кисневмісний газ для допалювання можна подавати будь-яким придатним способом, як-то принаймні одним трубопроводом, що має вихідний кінець вище поверхні ванни. Газ також можна вдувати у простір реактора трубою в кожусі, в яку уведено занурювану склепінну фурму для вдування палива/відновнику, і кінець якої знаходиться над поверхнею ванни. Фурма, розміщена в кожусі, з [РСТ/AU90/00466 та фурма з трубою-кожухом, описана в Австралійському патенті 647669] цього заявника, придатні для цієї мети.

Залізовмісний матеріал може бути грудковим або пиловидним чи тонкоподрібненим, але, особливо тонкоподрібнений має бути агломерованим окремо або з флюсом та/або вугіллям, щоб запобігти його виведенню з реактора відхідними газами. Агломерувати залізовмісний матеріал можна із додаванням води у шнек-змішувач або інший придатний механізм.

Залізовмісний матеріал та інші матеріали, як-то флюс та додатковий відновник переважно завантажують у зону спалювання або поблизу неї через відповідно розташований завантажувальний люк. Однак, деяка кількість або увесь залізовмісний матеріал та флюс у вигляді частинок придатного розміру можна завантажувати у реактор через занурювану склепінну фурму. У будь-якому разі, переважним є таке дуття з допомогою занурюваної склепінної фурми, яке утворює значну турбулентність у зоні спалювання, як правило, із значним случуванням поверхні ванни.

Залізовмісний матеріал може містити залізну руду у грудках, у вигляді пилу або тонкоподрібнену. Він також може містити котуни, пресований залізорудний пил, залізистий пісок, відходи заліза, окалину, колошниковий пил сталеплавильного заводу, брукт чорних металів, частково металізовані матеріали та шлак з високим вмістом заліза.

Далі винахід описано з посиланнями на супроводжуюче креслення, на якому схематично у вертикальному поздовжньому перетині зображено систему 10 з реактором, оснащеним занурюваною склепінною фурмою.

Система 10 складається з реактора 12, що містить плавильну ванну 14 з нижнім шаром 16 заліза, рафінованого від домішок, та верхнім шаром 18 шлаку. На одному кінці реактор 12 має вихідний поріг 20 для безперервного зливання отриманого заліза. На другому кінці реактор 12 має вихідний поріг 22 для безперервного зливання шлаку. Від порогу 22 шлак тече по жолобу 24 до системи обробки шлаку (не показано), наприклад, гранулятора.

Незважаючи на те, що показано пороги 20, 22, зрозуміло, що можна застосувати й інші зливальні пристрої.

Система 10 оснащена декількома дуттьовими пристроями 26, які послідовно розміщено уздовж осі реактора 12. Пристрої 26 простягаються донизу крізь склепіння 12а реактора 12, і їх встановлено з можливістю незалежного піднімання та опускання опорними механізмами (не показано), розташованими над реактором 12. Пристрої 26 такі, як розкрито у [Міжнародній патентній заявці РСТ/AU90/00466 (WO91/05214) та відповідному патенті США 5251879, Floyd]. Отже, кожний пристрій 26 складається із занурюваної склепінної фурми 28, з допомогою якої ведуть потрібні операції плавлення, та трубчастого кожуха 30, в якому пропущено фурму 28. Кожну фурму 28 призначено для вдування кисневмісного газу та палива/відновнику (як пояснено вище) у шар шлаку, завдяки тому, що нижній вихідний кінець фурми і полум'я занурено в шар шлаку. Кожен кожух 30 є коротшим за фурму 28, яку пропущено в нього. Отже, коли фурми 28 занурено для здійснення дуття, нижній кінець кожного кожуха 30 знаходиться над шаром шлаку. Додатковий кисневмісний газ можна вдувати у реактор 12 над ванною 14 струменем у проміжку, утвореному кожним кожухом 30 та фурмою 28, що знаходиться в ньому.

Система 10 має ще декілька завантажувальних отворів 32, кожний з яких оснащено пристроєм 34 регулювання завантаження. Один отвір 32 розташовано між кінцем реактора 12, що має поріг 20, та найближчим до порогу 20 дуттьовим пристроєм 26. Подальший відповідний отвір 32 розташовано між кожною парою наступних дуттьових пристроїв 26. Ще один отвір 32 розташовано між іншим кінцем реактора 12, який має поріг 22, та найближчим до порогу 22 дуттьовим пристроєм 26.

Під час здійснення способу згідно з винаходом, утворюють спочатку принаймні шлаковий шар 18. Шлак може бути тим, що залишився від попереднього виробничого циклу. Інакше, шар 18 можна утворити плавленням в реакторі шихти залізовмісного матеріалу, що має оксид і флюси, переважно з гранульованим шлаком. Для цього запалюють принаймні одну із фурм 28 і полум'я, утворене спалюванням палива, застосовують для нагрівання та плавлення шихти.

Як тільки утвориться принаймні шар 18 шлаку, можна вести плавлення згідно з винаходом. В переважному здійсненні способу, з допомогою кожної фурми 28 вдувають тонкоподрібнене вугілля як паливо/відновник, повітря та кисень 28. Дуття з допомогою кожної фурми, запаленої та у піднятому положенні, застосовують для утворення турбулентності в шлаку, яка викликає розбризкування шлаку та вкривання шлаком досяжної частини кожної фурми 28 та нижньої частини кожного кожуха 30. Шлакове покриття твердіє під дією охолоджувальної рідини, що циркулює у кожному пристрої 26. Пристрої 26 потім опускають до занурення нижнього кінця кожної фурми 28 та їх полум'я в шлак, і ведуть

вдування вже у шлаку. Незважаючи на те, що нижній кінець кожної фурми занурено, циркулююча охолоджувальна рідина здатна зберігати захисне шлакове покриття.

Одночасно з дуттям під рівень шлаку, через отвори 32 завантажують залізовмісний матеріал, подальший відновник та флюси. Кращим подальшим відновником є грудкове вугілля. Також до реактора над шаром шлаку подають кисень для допалювання газів, що утворюються під час плавлення та виділяються із ванни 14.

Витрати кисневмісного газу та палива/відновнику фурмами регулюють для досягнення ступеню спалювання палива/відновнику, що перевищує 60% його маси. Тобто, понад 60% маси палива/відновнику, як паливного компоненту, згоряє у присутності визначеного об'єму кисню. Отже, хоча зона спалювання, утворена в шлаку кожною фурмою, взагалі буде відновною; завдяки відновному компоненту, що залишився з палива/відновнику, вона є менш інтенсивно відновною, ніж за способом вищезгаданого [опису AU-B-25725/92 (656228)]. Однак, умови достатньо загального відновлення можна підтримувати відновним компонентом палива/відновнику, який безперервно вдувають, та подальшим відновником, який містить грудкове вугілля.

Плавлення відбувається відновленням вуглецем оксиду заліза до заліза в шлаковій фазі. Відновлення полегшується в зонах спалювання стехіометричним відношенням кисню до палива/відновнику, які вдувають. Також турбулентність, створена газами, як тими, які вдувають, так і тими, що виділяються, викликає появу каскаду крапель шлаку, як зображено у позиції 36. Газу, що виділяються, містять CO та H₂, а також захоплений вуглецевий пил. Відновлення можна ще полегшити допалюванням газів, які вивільняються, та пилу в атмосфері кисню, який вдувають над шаром шлаку з кожуха 30 кожного дуттьового пристрою 26. Допалювання дає значну теплову енергію, значну частину якої поглинають краплі, що вихлюпуються каскадом із шлаку.

Хоч кращим паливом/відновником є тонкоподрібнене вугілля, інші матеріали, про які було згадано вище, можна також застосовувати. Також, хоч кращим додатковим відновником є грудкове вугілля, можна застосовувати інші відновники. Про придатні флюси йшлося вище. Вміст кисню в газах, які вдувають, і в тих, які застосовують в операції допалювання також може бути таким, як описано вище.

Для здійснення способу згідно з винаходом не потрібні попередньо відновлені матеріали, чи з окремого виробництва, чи із застосуванням відхідних газів з реактора, у якому здійснюють спосіб згідно з винаходом. Таке попереднє відновлення компенсувало б вищу економічну ефективність або експлуатаційну ефективність, які стали можливими завдяки винаходу. Навпаки, доцільно підвищити до максимуму тепловіддачу у ванну від допалювання, доведенням ступеню спалювання до приблизно 0,95-1,0.

Як зазначено вище, витрати кисню та палива/відновнику, які вдувають, для

забезпечення ступеню спалювання, що перевищує 60% маси палива/відновнику, дозволяють більш ефективно отримання заліза з огляду на споживання енергії на одиницю отриманого заліза. З одного боку, це досягається вищим коефіцієнтом корисної дії палива, яке спалюють під рівнем шлаку, а не допалюють над шлаком. Отже, можливо досягти або вищих температур плавлення, і таким чином, вищих швидкостей реакції плавлення для даного рівня споживання палива та усього відновнику, або - даного рівня виробництва заліза з меншим рівнем споживання палива та всього відновнику.

Завантаження через кожний отвір та дуття через кожну фурму може бути однаковим по всьому реактору 12. Однак, відношення залізовмісного матеріалу до додаткового відновнику може зменшуватися від одного отвору 32 до наступного в напрямку від кінця, на якому розташовано поріг 22, до кінця, на якому розташовано поріг 20. Хоча загалом відношення кисню до палива/відновнику повинно бути таким, щоб згоряло більше 60% палива/відновнику, рівень спалювання може зменшуватися від однієї фурми 28 до іншої так, щоб наступні зони спалювання у напрямку до порогу 20 поступово ставали більш інтенсивно відновлювальними.

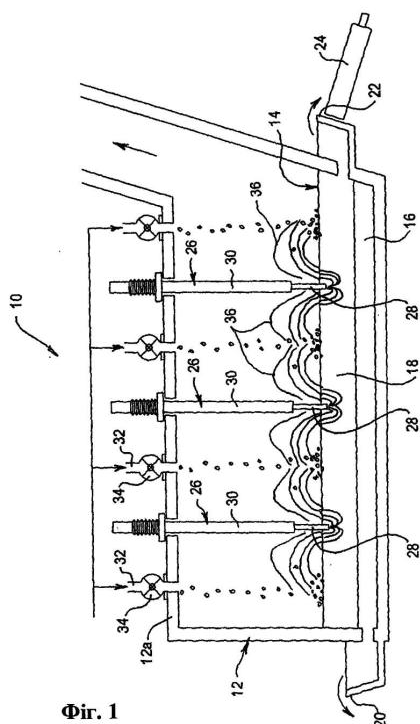


Fig. 1