



(19) **UA** (11) **79 476** (13) **C2**
(51)МПК

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
УКРАИНЫ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ УКРАИНЫ

(21), (22) Заявка: а200500401, 17.01.2005

(24) Дата начала действия патента: 25.06.2007

(46) Дата публикации: 25.06.2007 C21B 13/02
20070101AFI20070115BНUA C22B 5/00
20070101CLI20070115BНUA

(72) Изобретатель:

Некlesa Анатолий Тимофеевич, UA,
Клячко Андрей Станиславович, UA,
Новинский Вадим Владиславович, UA,
Нечепоренко Владимир Андреевич, UA,
Пивень Владимир Александрович, UA

(73) Патентовладелец:

Некlesa Анатолий Тимофеевич, UA

(54) Способ прямого восстановления оксидов с получением расплава железа И установка для его осуществления

(57) Реферат:

Способ прямого восстановления оксидов с получением расплава железа и установка для его осуществления. Восстановление железорудной шихты осуществляют двумя восстановительными зонами в средней части реактора, одну из которых формируют отходящими из его верхней части газами, которые после сухой очистки компримируют в плазмохимическом газогенераторе и подают в плазмотроны для конверсии природным газом и водой и получают СО и Н₂ заданной концентрации, а вторую зону формируют очищенными отходящими газами из плавильных печей, выпуск металлизированного продукта из восстановительного реактора осуществляют двумя потоками, один поток в нижней части реактора охлаждают и через

разгрузочный узел и перепускные каналы направляют на установку брикетирования, а второй высокотемпературный поток формируют ниже зоны восстановления и направляют в плавильные плазменные печи, отходящий газ, выработанный в плазменных плавильных печах, используется для последующего этапа восстановления путем стабилизации его состава в плазматронах.

Официальный бюлетьень "Промышленная собственность". Книга 1 "Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем", 2007, N 9, 25.06.2007. Государственный департамент интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины.



(19) **UA** (11) **79 476** (13) **C2**
(51) Int. Cl.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
UKRAINE

STATE DEPARTMENT OF INTELLECTUAL
PROPERTY

(12) **DESCRIPTION OF PATENT OF UKRAINE FOR INVENTION**

(21), (22) Application: a200500401, 17.01.2005

(24) Effective date for property rights: 25.06.2007

(46) Publication date: 25.06.2007^{C21B 13/02}
20070101AFI20070115BHUA ^{C22B 5/00}
20070101CLI20070115BHUA

(72) Inventor:

Neklesa Anatolii Tymofiiiovych, UA,
Kliamko Andrii Stanislavovych, UA,
Novinskyi Vadym Vladyslavovych, UA,
Necheporenko Volodymyr Andriiovych, UA,
Piven Volodymyr Oleksandrovych, UA

(73) Proprietor:

Neklesa Anatolii Tymofiiiovych, UA

(54) method for direct reduction of ferric oxides with obtaining iron melt and unit for realizing the same

(57) Abstract:

A method for direct reduction of ferric oxides with obtaining iron melt and a unit for realizing the same. The iron ore reduction is performed by two reduction zones in the medium part of reactor, one of which is formed with effluent gases from upper part thereof, which are compressed after dry purification in plasma-chemical gas generator and delivered to plasmatrons for the natural gas and water conversion and CO and H₂ of specified concentration are obtained, and the second zone is formed by effluent gases of melting furnaces, the metallized product is discharged from reduction reactor in two flows, one flow in the

upper part of reactor is cooled and through the discharge unit and pressure-relief valves is directed to the briquetting unit, and the second high temperature flow is formed below the reduction zone and directed to melting plasma furnaces; the effluent gas produced in plasma melting furnaces is used for subsequent stage of reduction by stabilization of composition thereof in plasmatrons.

Official bulletin "Industrial property". Book 1 "Inventions, utility models, topographies of integrated circuits", 2007, N 9, 25.06.2007. State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine.



(19) **UA** (11) **79 476** (13) **C2**
(51) МПК

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

(12) ОПИС ВІНАХОДУ ДО ПАТЕНТУ УКРАЇНИ

(21), (22) Дані стосовно заявки:
a200500401, 17.01.2005

(24) Дата набуття чинності: 25.06.2007

(46) Публікація відомостей про видачу патенту
(деклараційного патенту): 25.06.2007 C21B 13/02
20070101AFI20070115BNUA C22B 5/00
20070101CLI20070115BNUA

(72) Винахідник(и):

Некlesa Анатолій Тимофійович, UA,
Клячко Андрій Станіславович, UA,
Новінський Вадим Владиславович, UA,
Нечепоренко Володимир Андрійович, UA,
Півень Володимир Олександрович, UA

(73) Власник(и):

Некlesa Анатолій Тимофійович, UA

(54) СПОСІБ ПРЯМОГО ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДІВ ЗАЛІЗА З ОДЕРЖАННЯМ РОЗПЛАВУ ЗАЛІЗА ТА
УСТАНОВКА ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

(57) Реферат:

Спосіб прямого відновлення оксидів заліза з одержанням розплаву заліза та установка для його здійснення. Відновлення залізородної шихти здійснюють двома відновлювальними зонами в середній частині реактора, одну з яких формують відхідними із його верхньої частини газами, які після сухого очищення компримують у плазмохімічному газогенераторі і подають в плазмотрони для конверсії природним газом і водою і одержують CO і H₂ заданої концентрації, а другу зону формують очищеними відхідними

газами із плавильних печей, випуск металізованого продукту із відновлювального реактора здійснюють двома потоками, один потік в нижній частині реактора охолоджують і через розвантажувальний вузол та перепускні канали направляють на установку брикетування, а другий високотемпературний потік формують нижче зони відновлення і направляють в плавильні плазмові печі, відхідний газ, вироблений у плазмових плавильних печах, використовується для наступного етапу відновлення шляхом стабілізації його складу в плазмотронах.

Опис винаходу

Винахід відноситься до області металургії і може бути використаний для одержання відновленням заліза в протитечії із продуктами конверсії метану та прямого одержання залізовуглецевих сплавів за допомогою плазмової технології.

Відомий спосіб одержання губчатого заліза в шахтній печі, при якому металізацію окатишів проводять відновлювальним газом, а частково на свіжовідновленому гарячому губчатому залізі при вдуванні суміші природного газу й окислювачів у проміжну зону печі, розташовану між зонами відновлення й охолодження, при цьому оптимальну витрату метану в проміжну зону регулюють залежно від каталітичних властивостей шихти, а саме: при вмісті CaO-MgO в шихті, рівному 0,2%, витрату метану встановлюють рівною 200м за годину на 1м^3 робочого простору проміжної зони, а при збільшенні вмісту CaO-MgO на кожен відсоток у межах 0,2-4,2%, витрату метану збільшують на 135-385м за годину на 1м^3 робочого об'єму зони конверсії [Патент СРСР №1751991, кл. C21B13/02, опубл. Бюл.№21, 1995].

У даному способі для проведення конверсії метану в печі його необхідно подавати в певному взаємозв'язку по характеристиках суміші з окислювачами, які, у свою чергу, повинні бути генеровані із заданими фізичними параметрами. Ці умови вимагають додаткових капітальних й експлуатаційних витрат і застосування при цьому реактора для реформування природного газу.

Найбільш близьким по технічній сутності і результату, що досягається (прототип), прийнятий спосіб прямого одержання заліза, що включає попереднє відновлення залізорудної шихти у твердому стані в печі попереднього відновлення, наступне завантаження в розплавовідновлювальну піч та довідновлення в розплаві за допомогою подачі природного палива й газоподібного окислювача, що забезпечує його згоряння над поверхнею розплаву, відвід відхідних із розплавовідновлювальної печі газів, їхнє охолодження й подачу в піч попереднього відновлення, при цьому відхідний із розплаву відновлювальної печі газ, перед подачею у піч попереднього відновлення для його часткового реформування змішують на виході з печі з газоподібним відновлювачем, що має високу температуру, при цьому температуру газоподібної суміші підтримують у діапазоні 1200-1550°C. Далі газ із печі попереднього відновлення очищають від окислювачів, змішують із реформованим газом і подають у нижню частину печі попереднього відновлення. Газ із печі попереднього відновлення після очищення від окислювачів ділять на дві частини, одну із яких змішують із реформованим газом і подають у верхню частину печі попереднього відновлення, а іншу - із природним газом, і подають у нижню частину печі попереднього відновлення. По іншому варіанту очищенню від окислювачів піддають тільки першу частину газу, що відходить із печі попереднього відновлення, а другу частину не очищають від окислювачів, змішують із природним і реформованим газами й подають у нижню частину печі [Патент СРСР №1609456, кл. C21B13/14, опубл. Бюл. №43, 1990].

Проте взаємодія з'єднань заліза і відновлювального газу по даному способу відбувається недостатньо інтенсивно, не завжди оптимальним образом, у результаті чого не забезпечується досить високий ступінь відновлення, крім того, даний спосіб має низьку ефективність плавлення через нераціональне використання природного газу, тому що його подачу й згоряння здійснюють над поверхнею розплаву. При згорянні газ має окисний потенціал і не може створити якісну відновлювальну атмосферу, забезпечити високошвидкісне протікання хімічних реакцій відновлення. Необхідність подачі в цьому випадку великої кількості палива в реактор для повного відновлення залізорудної шихти обмежує інтерес до розробки й використання такого способу.

Відомий пристрій для відновлення зернистих часток, що включають оксиди заліза, за допомогою відновлювального газу для одержання часток заліза прямого відновлення, що мають регульований вміст вуглецю, включеного в них, а пристрій містить реактор для відновлення із рухливим шаром, зону відновлення, контур для відновлювального газу, призначений для циркуляції, щонайменше, більшої частини газу, що виходить із верхньої частини зони відновлення реактора для кондиціонування й збагачення та повернення його у вигляді поліпшеного рециркулюючого відновлювального газу в зону відновлення реактора, причому контур містить у собі зону відновлення, пристрій для охолодження й очищення газу, призначений для охолодження й очищення газу, що виходить із верхньої частини реактора, насос для забезпечення циркуляції відновлювального газу через зазначений контур і реактор, пристрій для видалення діоксиду вуглецю з рециркулюючого відновлювального газу, нагрівач газу для підвищення температури потоку газу, що циркулює через зазначений контур, засіб для регулювання вмісту води в рециркулюючому відновлювальному газі, при цьому пристрій містить засіб для добавлення природного газу в зазначений контур для відновлювального газу й засіб для змішування рециркулюючого та природного газу й регулювання кількості рециркулюючого газу перед надходженням відновлювального газу в реактор [Патент Росії №2190022, кл. C21B13/02, заявка №2000111525/02 від 10.10.97, опубл. Бюл. №27, 2002, заявка РСТ IB 97/01457 від 10.10.1997, публікація WO 99/19520 від 22.04.1999].

Даний пристрій дозволяє одержувати залізо прямого відновлення й виготовляти брикети при температурі 100°C, насичені вуглецем, які вимагають подальшої переробки, наприклад плавки в електродуговій печі, що підвищує витрату енергоносіїв і знижує ефективність процесу.

Найбільш близьким по технічній сутності та результату, що досягається (прототип), прийнято пристрій для виробництва залізовуглецевого сплаву, що містить реактор для попереднього відновлення залізоокисного матеріалу і з'єднаний з ним реактор для одержання залізовуглецевого сплаву, що включає вузол уведення попередньо відновленого матеріалу, вузли випуску залізовуглецевого сплаву й шлаків, засоби для вдування кисню в розплав і відводу газоподібних продуктів реакції, причому реактор для одержання залізовуглецевого

сплаву виконаний закритим, з можливістю обмеження впуску в нього атмосферних газів і відводу газоподібних продуктів реакції й постачений додатковими засобами вдування кисню в простір над ванною розплаву й додатковим вузлом, обладнаним засобами уведення легуючих речовин [Патент Росії №2060281, кл. C21B13/14, заявка №5052777, опубл. Бюл. №14, 1996].

Недоліком конструкції пристрою є низька ефективність відновлення залізної руди, тому що в продуктах конверсії присутні окисли. Крім того конструкція пристрою не забезпечує достатню інтенсивність тепло- і масообміну.

В основу першого із групи винаходів поставлено завдання вдосконалення способу, в якому на рухливий шар залізорудної шихти впливають відновлювальною плазмою, періодично відокремлюють із потоку частково відновлений матеріал для його плавлення, а інший потік піддають гарячому брикетуванню, при забезпеченні підвищеного ступеня обробки реакційних газів у плазмі з додаванням природного газу, і за рахунок цього забезпечується зниження загальних енергетичних витрат, поліпшується ступінь використання газу і ступінь відновлення залізорудного матеріалу.

В основу другого із групи винаходів поставлено завдання вдосконалення установки для відновлення й виплавки металів, у якій за рахунок компонування конструкції установки, що включає вертикальний відновлювальний реактор з рухливим шаром залізорудної шихти, обладнаний плазмохімічним газогенератором, плазмові плавильні печі, зв'язані між собою закритими перепускними каналами, і установку для брикетування відновленого матеріалу з газопроводами й додатковими вузлами витрати і тиску газу, і за рахунок цього забезпечується ефективна й стабільна реакція відновлення, поліпшується ефективність впливу відновлювального газу, зменшуються витрати на процес одержання металу і брикетів.

Перше поставлене завдання вирішується тим, що в способі прямого відновлення оксидів заліза з одержанням розплаву заліза, що включає попереднє відновлення залізорудної шихти у твердому стані у відновлювальному реакторі, остаточне відновлення в розплаві відновленого матеріалу, повторне використання газів, що відходять із плавильної печі, для одержання відновлювальної газової суміші, формування у відновлювальному реакторі температурних зон нагрівання й відновлення, відповідно до винаходу, одну відновлювальну зону утворюють у середній частині відновлювального реактора газами, що відходять із його верхньої частини, які після сухого очищення компримують у плазмохімічному газогенераторі, причому з газу, що відходить, відбирають частину потоку, обробляють у блоці підготовки та подають у плазмотрони плазмохімічного газогенератора для конверсії природним газом і водою, одержують у ньому CO і H_2 заданої концентрації, а над першою зоною формують другу відновлювальну зону, у якій як відновлювальний газ використовують очищений газ, що відходить із плазмових плавильних печей, у яких металізований продукт розплавляють шляхом його нижньої продувки нагрітим у плавильних плазмотронах відновлювальним газом, утвореним за рахунок конверсії газу, що відходить із верхньої частини відновлювального реактора, природним газом і водою, а випуск металізованої шихти з відновлювального реактора здійснюють двома потоками - для брикетування або для завантаження плазмових плавильних печей, при цьому потік шихти для брикетування охолоджують підготовленим газом, що відходить, а неохолоджений високотемпературний потік шихти безпосередньо направляють для наступного плавлення в плавильні печі, при цьому продуктивність відновлювального реактора підбирають виходячи із планованого обсягу одержання готового рідкого металу, а попереднє нагрівання нових порцій шихти, що завантажують у відновлювальний реактор, здійснюють шляхом спалювання частини відновлювального газу в додатковому повітряному потоці, що вдувають у шихту окремими струменями по периметру реактора у верхній частині стовпа шихти.

Процес прямого відновлення металовмісної руди протікає в реакторі безперервної дії, вертикального типу з переміщенням матеріалу зверху вниз, у якому сполучені в часі подача матеріалу, окислювально-відновні процеси, випуск відновленого матеріалу, утилізація тепла і скорочення шкідливих викидів.

Спосіб включає також виробництво розплавленого металу з використанням закритих плазмових плавильних печей, які по черзі завантажують відновленим матеріалом заданого об'єму, матеріал плавлять відновлювальними плазмовими струменями, утвореними конверсією в плазмотроні природного газу водою та кисневмісним газом до досягнення температури розплаву, що перевищує температуру його плавлення на $100-120^\circ\text{C}$, а готовий розплавлений метал і шлак зливають у ківш.

Спосіб передбачає відновлення матеріалу високотемпературними зонами з використанням газів, що відходять із відновлювального та плавильного реакторів. Одну відновлювальну зону утворюють у середній частині відновлювального реактора відхідними з його верхньої частини газами, які після сухого очищення компримують у плазмохімічному газогенераторі, причому частину потоку обробляють у блоці підготовки й подають у плазмотрони плазмохімічного газогенератора для конверсії природним газом і водою і одержання в ньому заданої концентрації CO і H_2 , а над першою зоною, паралельно їй, формують другу зону, у якій як відновлювальний газ використовують очищений газ, що відходить із плазмових плавильних печей.

Завдяки застосуванню нових, високоентальпійних джерел відновлювальної плазми в момент перетворення вуглеводнів окислювачами, практично повному використанню відхідних із плавильних печей і з відновлювального реактора газів, забезпечується підвищена ефективність перетворення вуглеводневмісного газу у відновлювальний газ, рівномірний і постійний ступінь металізації, виробництво розплавленого металу та металізованих брикетів при безперервному технологічному процесі.

Ступенем відновлення можна управляти, регулюючи швидкість переміщення шихти у відновлювальному реакторі, при стабільному температурному впливі відновлювальним газом, або кількістю відновлювального газу, що подається в шар шихти через зони відновлення - одночасно двома паралельними потоками, при роботі плазмових плавильних печей і плазмохімічного газогенератора.

Спосіб дозволяє реалізувати нагрівання нових порцій шихти, які завантажують у відновлювальний реактор, шляхом спалювання частини відновлювального газу, що перебуває усередині реактора, у додатковому повітряному потоці, який вдувають у шихту окремими струменями по периметру реактора у верхній частині стовпа шихти.

Друге поставлене завдання вирішується тим, що в установці для прямого відновлення оксидів заліза з одержанням розплаву заліза, що містить відновлювальний реактор для відновлення залізоокисного матеріалу, піч для одержання залізівуглецевого сплаву, виконані з можливістю обмеження впуску в них атмосферних газів і відводу газоподібних продуктів реакції, відповідно до винаходу, установка містить що найменше дві плазмові плавильні печі, сполучені з відновлювальним реактором, в середній якого розміщена зона відновлення, що включає паралельно розташовані по його зовнішній поверхні й рознесені по висоті розподільні колектори відновлювального газу, випускні канали яких сполучені із соплами, установленими в реакторі, при цьому вхід нижнього розподільного колектора сполучений із плазмохімічним газогенератором, вхідний канал якого приєднаний до трубопроводу газу, що відходить із відновлювального реактора, а вхід верхнього розподільного колектора з'єднаний трубопроводом із циклоном очищення відновлювальних газів, що відходять із плазмових плавильних печей, у кожній з яких симетрично відносно поздовжньої осі реактора встановлені плазмотрони непрямої дії, причому плазмотрони плазмохімічного газогенератора та плазмотрони плазмових плавильних печей зв'язані на вході із джерелами електроживлення, блоком підготовки газів, що відходять, магістраллю підведення води і трубопроводом подачі природного газу, а відновлювальний реактор з'єднаний з установкою для брикетування та плазмовими плавильними печами, закритими перепускними каналами через вузли розвантаження відновленого залізорудного матеріалу, при цьому в нижній частині відновлювального реактора нижче установки колектора, примикає трубопровід з блоком охолодження відновленого матеріалу, а у верхній частині відновлювального реактора встановлено колектор, вхід якого пов'язаний із джерелом стисненого атмосферного повітря, що служить для прогріву залізоокисного матеріалу, що надходить. Блок підготовки газів, що відходять, включає циклон, рукавний фільтр, теплообмінник і компресор, а плазмохімічний газогенератор містить камеру, у корпусі якої встановлені плазмотрони непрямої дії, при цьому камера зв'язана через циклон очищення та димосос із трубопроводом газу, що відходить із відновлювального реактора.

Установка, відповідно до винаходу, містить відновлювальний реактор безперервної дії вертикального типу із проходженням матеріалів зверху вниз, виконаного з можливістю обмеження надходження в нього газів з атмосфери.

Відмінними ознаками установки є виконання відновлювального реактора, у якому в середній частині розташовані зони відновлення, що включають паралельно змонтовані розподільні колектори відновлювального газу, один із яких зв'язаний на вході із плазмохімічним газогенератором, призначеним для утворення відновлювального газу за допомогою плазмотронів з відхідних із відновлювального реактора газів, а другий - через циклон очищення зв'язаний трубопроводом подачі відхідних із плавильних печей газів, у яких відхідні гази містять тільки окис вуглецю і водень. У цій установці відхідний газ, вироблений у плазмових плавильних печах, використовується для наступного етапу відновлення шляхом стабілізації його складу в плазмотронах, збільшуючи, таким чином, ступінь утилізації відхідного газу, і зменшуючи споживання природного газу.

Конструкція вузлів зони відновлення дозволяє рівномірно розподілити газ у шарі шихти, усереднити його відновлювальний потенціал, що сприяє підвищенню швидкості відновлення оксидів заліза.

Джерелами нагрівання та одержання відновлювального газу в плазмових плавильних печах і відновлювальному реакторі є плазмотрони непрямої дії.

У верхній частині відновлювального реактора встановлена система попереднього нагрівання нових порцій шихти, яка виконана у вигляді колектора, вхід якого пов'язаний із джерелом стисненого атмосферного повітря, а випускні отвори колектора рознесені по периметру реактора.

Закриті перепускні канали для перетікання металізованої шихти безпосередньо із зони відновлення реактора, забезпечують подачу відновленого матеріалу в плавильну піч при температурі 900-1000°C. Завдяки цьому знижується час роботи плазмотронів, зменшується витрата електроенергії.

Сутність винаходу пояснюється кресленням, де представлена схема установки для прямого відновлення оксидів заліза й одержання розплаву заліза.

Заявлений спосіб реалізують таким чином.

Шихтовий матеріал, що містить оксиди заліза, завантажують у відновлювальний реактор, у якому шар залізорудної шихти, що опускається, контактує в протитечії з потоком гарячого відновлювального газу для перетворення шихти в металеве залізо. Матеріал відновлюють шляхом впливу на нього відновлювальним газом, що вводять у реактор розподілено навколо стовпа шихти двома поперечними високотемпературними зонами, розташованими в середній частині реактора. Нижню, основну відновлювальну зону, формують газами, що відходять із відновлювального реактора, які після сухого очищення нагнітають у плазмохімічний газогенератор, при цьому відбирають із цього потоку частину газів, додатково очищають охолоджують до 30°C, нормалізують тиск газу до 4-батм і подають у плазмотрони плазмохімічного газогенератора з одночасною подачею в ці плазмотрони природного газу й води, а отриману в плазмотронах плазму змішують у плазмохімічному реакторі із очищеним відхідним газом, а отриманий відновлювальний газ направляють у шар шихти в інтервалі температур 900-1150°C.

Після першого запуску відновлювального реактора, шихту, розташовану нижче зони відновлення, випускають і перевантажують знову в реактор й, надалі, підтримують заданий рівень стовпа шихти циклічним завантаженням матеріалу при постійній швидкості його витікання.

Завантаження металізованого матеріалу в плазмові плавильні печі здійснюють по черзі через вузол

розвантаження й перепускні канали із зони відновлення відновлювального реактора й під час роботи плавильних печей формують другу високотемпературну зону у відновлювальному реакторі, за рахунок відхідних із плавильних печей очищених від пилу газів. Матеріал у кожній плазмовій плавильній печі продувають відновлювальним газом, утвореним за рахунок конверсії природного газу водою й кисневмісним газом у плавильних плазмотронах. Завантажений у піч матеріал розплавляють й остаточно відновлюють у плавильній зоні до досягнення температури розплаву, що перевищує температуру його плавлення на 100-120°C.

При великій висоті відновлювального реактора виникає необхідність у попередньому нагріванні шихтового матеріалу. Нагрівання здійснюють шляхом спалювання частини відновлювального газу в додатковому повітряному потоці, що вдувають у шихту окремими струменями по периметру реактора у верхній частині стовпа шихти.

Металізовану шихту охолоджують у нижній частині відновлювального реактора до температури ~500°C. Безупинно стікаючи з реактора металізовану шихту направляють на завантаження в плавильну піч, а також на виготовлення брикетів.

Приклад конкретного виконання.

Дослідна установка складається з відновлювального і плавильного реакторів.

Експериментальний відновлювальний реактор із внутрішнім діаметром 0,45м і висотою 5м завантажують сировиною, що складається із залізорудного концентрату, збагаченого флотаційним способом, і сполучних домішок. Вихідна сировина містить Fe_2O_3 -63,1%, FeO -26,9%. Загальний вміст заліза в шихті склав 65,07%. Матеріал перед завантаженням у відновлювальний реактор проходить стадію грохочення для відсівання фракції 0-10мм. У реактор завантажують матеріал фракції 10-25мм. Маса шихти, що перебуває у відновлювальному реакторі, становить 1400кг, причому приблизно 1000кг шихти перебуває у високотемпературних зонах попереднього нагрівання й відновлення. Попереднє нагрівання шихти здійснюють шляхом подачі природного газу й повітря в середню частину реактора. Температуру нагрівання контролюють термopарами і при досягненні температури шихти 1000-1100°C включають плазмотрони плазмохімічного газогенератора, у які подають природний газ і повітря в кількості $G_{\text{ГП}}$ - 12г/с, $G_{\text{ПОВІТРЯ}}$ - 27г/с. Отриманий у плазмохімічному газогенераторі відновлювальний газ містить H_2 -55,5%; CO - 17,6%; CO_2 - 0,3%; CH_4 - 2,5% й N_2 - 24%. Доводять температуру шихти до 900-1150°C. Відкривають шибер і випускають частину шихти, що перебуває нижче зони відновлення. Циклічним завантаженням доводять висоту шихти до відмітки 4,8м, при цьому ступінь металізації матеріалу (не нижче 90-92%) регулюють швидкістю переміщення шихти та кількістю додаткового газу, що надходить після очищення. Швидкість переміщення шихти склала 1,2÷1,4 метрів за годину, при цьому продуктивність установки склала 0,75-0,8 тон на годину при одержанні металізованих брикетів наступного хімічного складу: $\text{Fe}_{\text{MET}}=80-82\%$; $\text{FeO}=2,5-3,2\%$. Вміст загального заліза $\text{Fe}_{\text{ЗАГ}}=82-84\%$ при ступені металізації 92,6-94,2%.

При сталому режимі прогріву й відновлення частину матеріалу з відновлювального реактора завантажують у плазмову плавильну піч. Маса завантаження становить 250-300кг. Завантажений у піч матеріал розплавляють, попередньо додавши в нього 25÷30кг вапняку для ошлакування порожньої породи. Після прогріву розплаву до температури 1680-1750°C його випускають. Отриманий розплав заліза мав наступний хімічний склад, %: $\text{Fe}=99,8$; $\text{C}=0,037$; $\text{S}=0,038$; $\text{P}=0,005$; $\text{Ni}=0,011$; $\text{Cr}=0,001$.

Установка для прямого відновлення оксидів заліза й одержання розплаву заліза включає відновлювальний реактор 1 і плазмові плавильні печі 2. У верхній частині відновлювального реактора змонтовано завантажувальний пристрій 3, а в середній частині - розташована зона відновлення, що включає паралельно розміщені по його зовнішній поверхні й рознесені по висоті розподільні колектори 4 й 5 відновлювального газу, випускні канали яких сполучені із соплами 6, установленими в реакторі. Вхід верхнього розподільного колектора 4 з'єднаний із трубопроводом подачі відхідних газів із плазмових плавильних печей 2 через циклон очищення газів 7. Вхід нижнього колектора 5 з'єднаний із плазмохімічним газогенератором 8, який включає камеру, сполучену з однієї сторони з контуром 9 відхідних із відновлювального реактора 1 газів, циклон 10 очищення газів і димосос 11, а з іншого боку - з вихідним каналом 12 подачі відновлювального газу в реактор. У корпусі камери плазмохімічного газогенератора 8 установлені плазмотрони 13 непрямої дії, з'єднані із блоком 14 підготовки газів, що відходять, а також трубопроводом подачі природного газу, магістраллю підведення води і джерелом живлення (на кресленні не показано). Вище зони відновлення реактора 1 змонтована система попереднього нагрівання завантажувальної шихти. Система включає колектор 15 із соплами 6 і джерело стисненого повітря 16. У плазмовій плавильній печі 2, у плавильній зоні 17, симетрично її поздовжньої осі, установлені плазмотрони 18 непрямої дії. Плазмотрони 18 зв'язані на вході із блоком 14 підготовки газів, що відходять, джерелом живлення, магістраллю підведення води та трубопроводом подачі природного газу (на кресленні не показано), при цьому блок 14 підготовки відхідних газів включає рукавний фільтр 19, теплообмінник 20 і компресор 21. Вузол 22 розвантаження відновленого залізорудного матеріалу розташований нижче колектора 5 зони відновлення й зв'язаний закритими перепускними каналами 23 із плавильною піччю 2. У нижній частині відновлювального реактора 1 нижче установки колектора 5, примикає трубопровід з блоком 24 охолодження відновленого матеріалу, пов'язаний з контуром 9 газів, що відходять, а також вузол 25 розвантаження відновленого матеріалу, до якого примикають закриті перепускні канали 26, пов'язані з установкою 27 брикетування. Плавильні печі 2 і відновлювальний реактор 1 по висоті корпусу постачені термopарами. У плазмових плавильних печах 2 у нижній частині є льотки 28 для зливу металу і шлаку.

Установка працює в такий спосіб.

Після розігріву відновлювального реактора 1 до температури в інтервалі 900-1000 °C, через завантажувальний пристрій 3 завантажують у реактор шихту, що містить оксиди заліза. Доводять висоту стовпа

шихти до заданого рівня, включають плазмохімічний газогенератор 8, для чого на плазмотрони 13 подають напругу, природний газ, воду й стиснене повітря. У результаті конверсії в плазмохімічному газогенераторі утворюється відновлювальний газ, що транспортується через вихідний канал 12, розподільний колектор 5 і сопла 6 струменями в шар шихти. Термопарами контролюють температуру шихти і при досягненні температури 900-1000°C, коректують кількість поданого природного газу й води через плазмотрони 13 плазмохімічного газогенератора 8 до заданої величини об'ємного співвідношення окислювача до відновлювача $A=0,4...0,5$. Доводять температуру шихти до 1150°C.

Із газів, що відходять із верхньої частини відновлювального реактора, утворюють замкнутий контур 9, у якому послідовно встановлені циклон 10 очищення газів і димосос 11, пневматично пов'язані з камерою плазмохімічного газогенератора 8, при цьому відокремлюють частину газів з контуру 9 і направляють у блок 14 підготовки відхідних газів, у якому газ додатково очищають у рукавному фільтрі 19, охолоджують газ до 30°C у теплообміннику 20, піднімають тиск газу до 4-батм у компресорі 21 для забезпечення роботи плазмотронів. Вибір габаритів відновлювального реактора і його трубопроводів здійснюють із урахуванням одержання заданої кількості металізованого матеріалу й наступного його використання для одержання розплаву в декількох плазмових плавильних печах, а також для виготовлення металізованих брикетів. У верхній частині реактора 1, у зону надходження завантажувальних порцій вихідного матеріалу, через колектор 15 вдувають стиснене повітря, при цьому відбувається реакція горіння висхідного відновлювального газового потоку і повітряного потоку, що вдувається, чим забезпечується нагрівання нових порцій вихідного матеріалу, що завантажуються в реактор.

Загрузку плавильних печей 2 відновленим металізованим матеріалом здійснюють по черзі через вузол 22, перепускні канали 23, виходячи із циклів роботи кожної печі. Після завантаження печі включають плазмотрони 18, установлені в плавильній зоні 17 і продувають металізовану шихту відновлювальним газом. Під дією відновлювальних плазмових струменів шихта в плавильній зоні інтенсивно розплавляється, і далі плазмові струмені продувають шар розплаву. Рідкий шлак, що утворився в плавильній печі, і метал виводять через льотку 28. У результаті роботи плазмотронів при плавленні металізованої шихти, відновлювальний газ, що відходить із плавильних плазмових печей, направляють через циклон 7 очищення газів у верхню зону 4 відновлення в реакторі 1.

У нижній частині відновлювального реактора шар металізованої шихти продувають відновлювальними газами, які перепускають із блоку 24 охолодження й доводять температуру шихти до 500 °C, випускають шихту через вузол 25 розвантаження й перепускають каналами 26 в установку 27 брикетування.

При постійному переміщенні шихти зверху вниз усередині реактора, рівень стовпа шихти підтримують циклічним її завантаженням.

Реалізація винаходу дозволить наблизити час реакції відновлення до часу хімічної реакції, досягти більш високого ступеня відновлення заліза з оксидів, забезпечити високошвидкісне протікання хімічних реакцій відновлення при сполученні високих температур, здійснити рівномірний і постійний ступінь металізації, безперервність технологічного процесу за рахунок суміщення в часі всіх його операцій від подачі в реактор шихти та відновлювача, до випуску металу й брикетів, поліпшити утилізацію відхідного газу, підвищити економічність виплавки металу. Додатковим результатом є також екологічний аспект рішення завдання.

Формула винаходу

1. Спосіб прямого відновлення оксидів заліза з одержанням розплаву заліза, що включає попереднє відновлення залізородної шихти у твердому стані у відновлювальному реакторі (1), завантаження в плавильну піч відновленого матеріалу та остаточне відновлення в розплаві відновленого матеріалу, повторне використання газів, що відходять із плавильної печі, для одержання відновлювальної газової суміші, формування у відновлювальному реакторі температурних зон нагрівання й відновлення, який відрізняється тим, що одну відновлювальну зону утворюють у середній частині відновлювального реактора (1) газами, що відходять із його верхньої частини, які після сухого очищення компримують у плазмохімічному газогенераторі (8), причому з відхідного газу відбирають частину потоку, обробляють у блоці підготовки (14) та подають у плазмотрони (13) плазмохімічного газогенератора (8) для конверсії природним газом і водою, одержують у ньому CO і H_2 заданої концентрації, а над першою зоною формують другу відновлювальну зону, у якій як відновлювальний газ використовують очищений газ, що відходить із плазмових плавильних печей (2), у яких металізований продукт розплавляють шляхом його нижньої продувки нагрітим у плавильних плазмотронах (18) відновлювальним газом, утвореним за рахунок конверсії газу, що відходить із верхньої частини відновлювального реактора (1), природним газом і водою, а випуск металізованої шихти з відновлювального реактора здійснюють двома потоками - для брикетування або для завантаження плазмових плавильних печей, при цьому потік шихти для брикетування охолоджують підготовленим відхідним газом, а неоходжений високотемпературний потік шихти безпосередньо направляють для наступного плавлення в плавильні печі, при цьому продуктивність відновлювального реактора підбирають, виходячи із планованого обсягу одержання готового рідкого металу.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що попереднє нагрівання нових порцій шихти, що завантажують у відновлювальний реактор, здійснюють шляхом спалювання частини відновлювального газу в додатковому повітряному потоці, що вдувають у шихту окремими струменями по периметру реактора у верхній частині стовпа шихти.

3. Установка для прямого відновлення оксидів заліза з одержанням розплаву заліза, що містить відновлювальний реактор (1) для відновлення залізоокисного матеріалу, піч для одержання залізівуглецевого

сплаву, виконані з можливістю обмеження впуску в них атмосферних газів і відводу газоподібних продуктів реакції, яка відрізняється тим, що установка містить щонайменше дві плазмові печі (2), сполучені з відновлювальним реактором (1), в середній частині якого розміщена зона відновлення, що включає паралельно розташовані по його зовнішній поверхні й рознесені по висоті розподільні колектори (4 і 5) відновлювального газу, випускні канали яких сполучені із соплами (6), установленими в реакторі, при цьому вхід нижнього розподільного колектора (5) сполучений із плазмохімічним газогенератором (8), вхідний канал якого приєднаний до трубопроводу (9) газу, що відходить із відновлювального реактора (1), а вхід верхнього розподільного колектора (4) з'єднаний трубопроводом із циклоном (7) очищення відновлювальних газів, що відходять із плазмових плавильних печей (2), у кожній з яких симетрично відносно поздовжньої осі реактора встановлені плазмотрони (18) непрямої дії, причому плазмотрони (13) плазмохімічного газогенератора (8) та плазмотрони (18) плазмових плавильних печей (2) зв'язані на вході із джерелами електроживлення, блоком (14) підготовки відхідних газів, магістраллю підведення води і трубопроводом подачі природного газу, а відновлювальний реактор (1) з'єднаний з установкою для брикетування (27) та плазмовими плавильними печами (2) закритими перепускними каналами (23 і 26) через вузли (25) розвантаження відновленого залізорудного матеріалу, при цьому в нижній частині відновлювального реактора нижче установки колектора (5) примикає трубопровід з блоком (24) охолодження відновленого матеріалу.

4. Установка за п. 3, яка відрізняється тим, що у верхній частині відновлювального реактора (1) встановлено колектор (15), вхід якого зв'язаний із джерелом (16) стисненого атмосферного повітря, що служить для прогріву залізоокисного матеріалу, що надходить.

5. Установка за п. 3, яка відрізняється тим, що блок (14) підготовки відхідних газів включає циклон (10), рукавний фільтр (19), теплообмінник (20) і компресор (21).

6. Установка за п. 3, яка відрізняється тим, що плазмохімічний газогенератор (8) містить камеру, у корпусі якої встановлені плазмотрони (13) непрямої дії, при цьому камера зв'язана через циклон (10) очищення та димосос із трубопроводом газу, що відходить із відновлювального реактора.

