



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **102613** (13) **C2**
(51) МПК (2013.01)
C21B 13/00
C22B 5/12 (2006.01)
H05B 6/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2011 14097	(72) Винахідник(и):	Саленко Дмитро Федорович (UA)
(22) Дата подання заявки:	29.11.2011	(73) Власник(и):	Саленко Дмитро Федорович,
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.07.2013		вул. Новомістенська, 33, кв. 54, м. Суми, 40011 (UA)
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.07.2012, Бюл.№ 14	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 73 760 C2, 15.09.2005 UA 74 467 C2, 15.12.2005 UA a201102008, 25.10.2011 RU 2 016 069 C1, 15.07.1994 RU 2 247 154 C2, 27.02.2005 DE 4 025 320 A1, 11.07.1991 WO 2007/096784 A2, 30.08.2007 US 5 542 963 A, 06.08.1996 JP 61-099611 A, 17.05.1986 Бондаренко Б.И., Шаповалов В.А., Гармаш Н.И. Теория и технология бескоксовой металлургии. Под. ред. чл.-корр. НАН Украины Б.И. Бондаренко. - К.: Наукова думка, 2003. - С. 130-133, 227-232, 396-405, 426-431
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.07.2013, Бюл.№ 14		

(54) СПОСІБ ПРЯМОГО ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДІВ ЗАЛІЗА

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі чорної металургії, а саме - до способу прямого відновлення оксидів заліза. Спосіб полягає в подачі оксидів заліза в реактор відновлення для їх підігрівання, відновлення, охолодження та виведення одержаного відновленого заліза з нього. Відпрацьований газ після очищення подають в реактор багатосекційного каталітичного риформінгу. Сумішш відпрацьованого відновного газу, природного горючого газу та водяної пари перетворюють у відновний газ, при цьому вказаний природний газ заздалегідь десульфують в одній з секцій реактора багатосекційного каталітичного риформінгу реактора, яку нагрівають індукційним струмом, а утворений відновний газ подають до реактора відновлення, де зону відновлення також нагрівають індукційним струмом і оксиди заліза відновлюють в цьому реакторі, надлишок відновного газу накопичують в газгольдері, а його реакційну частину змішують з киснем або повітрям у змішувачі та охолоджують в теплообміннику. При цьому відновний газ утворюють в зоні внутрішньосфери конверсії, яку також обігрівають індукційним струмом, зону відновлення обігрівають теплом, яке виносить відновний газ з зони внутрішньосфери конверсії, карбюризацию свіжевідновленого заліза здійснюють в зоні карбюризації. Потрібні температурні режими у вказаних зонах підтримують індукційним струмом або додаванням холодного відновного газу, з відпрацьованого газу після його очищення вилучають діоксид вуглецю, який змішують з природним горючим газом і водяною парою. Винахід забезпечує підвищення якості одержаного відновленого заліза,

UA 102613 C2

додержання потрібних температурних режимів в зонах відновлення та карбюризації шляхом їх нагрівання індукційним струмом, зниження експлуатаційних витрат, зменшення металоємкості використовуваного обладнання та забезпечення екологічності всього процесу.

Винахід належить до галузі чорної металургії та може бути використаний при виробництві металів із їх окислів шляхом прямого їх відновлення газом, який утворюється за рахунок внутрішньосфери конверсії з застосуванням електроіндукційного струму. При цьому як каталізатор при конверсії відновлюючого газу використовується свіжовідновлений метал.

Відомий спосіб відновлення металомісткого матеріалу - руди базується на пічному, в більшості шахтного типу, процесі, коли відновлення окислів здійснюється відновлюючим газом, отриманим шляхом конверсії. При цьому самим перспективним методом конверсії є внутрішньосферна, при якій як каталізатор використовується свіжовідновлене залізо. Застосування процесу внутрішньосферної конверсії дає можливість проводити в одному реакторі відновлення три технологічні операції одночасно: конверсію, відновлення та карбюризацию [1]. Але при цьому виникають труднощі через те, що на даний час відсутні технологічні заходи, за допомогою яких можливо б було ввести в реактор відновлення потрібну для хімічних реакцій кількість тепла [2], що дало б змогу стабільно вести одночасно всі три технологічні операції, котрі відбуваються при різних рівнях температур в вузьких межах. В зону внутрішньосферної конверсії подається суміш повітря, нагрітого до 900-1000 °С, та газу, нагрітого до 400 °С. [3] А в цей час карбюризація ефективно здійснюється при температурі рівній 700 °С [4]. В поясі відновлення з урахуванням цілого ряду технологічних особливостей, бажана температура досягає рівня 680-700 °С [5]. При такій розбіжності технологічних температур в одному агрегаті, та при наявності тільки одного теплоносія – відновлюючого газу, керувати тепловим режимом та технологічним процесом в цілому дуже важко. Витрати вуглеводів великі.

Найбільш близьким технічним рішенням, вибраним як найближчий аналог, є "Спосіб прямого відновлення металомісткого матеріалу та пристрій для його здійснення" [6]. За цим способом оксиди заліза подають в реактор відновлення, де його підігрівають в зоні підігрівання відпрацьованим газом, що надходить з зони відновлення, в цій зоні оксиди заліза відновлюють відновним газом, який одержують в багатосекційному реакторі каталітичного риформінгу, відновлене залізо охолоджують відновлювальним газом. Відновлене залізо подають до наступних технологічних операцій. Відпрацьований газ з зони підігрівання реактора відновлення очищають в очисному пристрої і подають до багатосекційного реактора каталітичного риформінгу, де він змішується з природним газом та водяною парою. Ця суміш шляхом каталітичної конверсії перетворюється у відновний газ, який через зону охолодження реактора відновлення надходить до зони відновлення. Природний горючий газ піддають десульфурації в одній із секцій багатосекційного реактора каталітичного риформінгу, надлишок відновного газу накопичують в газгольдері та використовується в інших технологічних процесах. У випадку необхідності відновний газ, перед тим як подати його в реактор відновлювання, охолоджується в теплообміннику. А також, у випадку необхідності, може бути змішаним з киснем або повітрям в змішувачі. Характерною особливістю цього способу, що поєднує його з винаходом, є те, що нагрівання реакційної зони багатосекційного реактора каталітичного риформінгу та зони відновлення реактору відновлювання здійснюється за допомогою індукційного струму.

Істотним недоліком названого способу є те, що в реакторі відновлення передбачається нагрівання індукційним струмом лише зони відновлення, що не дає можливості здійснювати внутрішньосферну конверсію усередині реактора відновлення. Немає можливості підтримувати необхідний рівень температури в зонах реактора відновлення.

Задачею винаходу є те, що нагріваючи зону внутрішньосферної конверсії індукційним струмом, та використовуючи його для підтримки стабільного температурного режиму в зонах карбюризації та відновлення створити умови стабільного здійснення технологічного процесу з мінімальним використанням вуглеводів. Одночасно з одержанням якісного металу, використовуючи як можна ширше каталітичні властивості свіжовідновленого металу, як активного каталізатора, виробляти товарний горючий газ. І це забезпечується при високій чистоті докілья.

Поставлена задача вирішується тим, що відновний газ виробляється в зоні внутрішньосферної конверсії, що знаходиться в порожнині реактора відновлення і стабільно обігрівается індукційним струмом при заданій температурі конверсії. Зона відновлення обігрівается теплом, яке виноситься відновним газом із зони внутрішньосферної конверсії. Температура цього газу знижується до рівня температури відновлення холодним відновлюючим газом, що надходить із газгольдера. Карбюризація свіжовідновленого заліза здійснюється в зоні карбюризації, що обігрівается теплом свіжовідновленого заліза, нагрітого в зоні внутрішньосферної конверсії. Зниження температури свіжовідновленого заліза до рівня карбюризації відбувається шляхом подачі суміші газів та водяної пари, що призначена для конверсії. Температура в зонах відновлення та карбюризації стабілізується та підтримується на

необхідному рівні за допомогою індукційного струму. Із відпрацьованого газу, після його очищення, витягується двоокис вуглецю, що в суміші з вуглеводами та водяною парою надходить на конверсію в зону внутрішньосфери конверсії. Частина відпрацьованого газу, що залишилась після витягування двоокису вуглецю, яка складається, в основному, з окису вуглецю та водню, надходить в газгольдер, та використовується як паливо. Кількість газоводяної суміші, що надходить на конверсію, залежить від каталітичних властивостей свіжовідновленого заліза та його активності, як каталізатора. Для того, щоб максимально використати свіжовідновлене залізо, як каталізатор, двоокис вуглецю запозичується з інших технологічних процесів, в яких для нагрівання використовуються вуглеводи. Вуглеводи, що беруть участь в карбюризациї та у внутрішньосфери конверсії, піддаються десульфурації в апараті десульфурації, реакційна зона якого нагрівається індукційним струмом. В кожній зоні заданий рівень температур підтримується автономно.

Пропонований винахід "Спосіб прямого відновлення оксидів заліза" за допомогою індукційного нагріву, по своїй суті є початком нової співгвлузі в металургії і в першу чергу в безкоксівій металургії, а тому вимагає особливої уваги. До досягнення заданого температурного рівня в усіх ланках процесу зони карбюризациї та внутрішньосфери конверсії заповнюються свіжовідновленим залізом а зону відновлення - оксидами заліза. Після цього вмикається електронагрів. Після досягнення в зоні внутрішньосфери конверсії та в зоні відновлення температури відновлення (680-700 °C), ці зони заповнюються газом із газгольдера. Починається процес відновлення. Нагрівання зони внутрішньосфери конверсії продовжують до досягнення температури конверсії (900-1000 °C). Після цього її простір заповнюють свіжо відновленим залізом і газоводяною сумішшю, призначеною для внутрішньосфери конверсії. Починають виробництво відновного газу. З метою попередження зліплення свіжовідновленого заліза між зоною конверсії та зоною відновлення, подають холодний газ з газгольдера для охолодження відновного газу до температури відновлення (680-700 °C). Свіжовідновлене залізо, що виходить з зони внутрішньосфери конверсії охолоджують до температури карбюризациї (700 °C) шляхом подачі холодної газоводяної суміші, яка призначена для внутрішньосфери конверсії в одноім'яній зоні. Підігріту суміш подають на конверсію. Нагрітим в зоні конверсії відновним газом нагрівають зону відновлення. В зоні карбюризациї використовують тепло свіжовідновленого заліза, яке воно одержало в зоні конверсії. Крайні температурні межі зон відновлення та карбюризациї обумовлюються технологічними вимогами, їх досягають за допомогою індукційного струму. Вилучений з відпрацьованого газу діоксид вуглецю надходить на конверсію. Ту частину діоксиду вуглецю, якої бракує до повного використання каталітичних можливостей свіжовідновленого заліза, поповнюють за рахунок інших виробничих нагрівальних процесів, в яких під час горіння утворюється діоксид вуглецю. Цим забезпечується можливість одержання максимальної кількості товарного горючого газу. Розрахунки показують, що теплотворна здатність газів, одержаних в результаті внутрішньосфери конверсії, перевищує теплотворну здатність колошникових газів більше ніж на 30 %. Наявність сірки в природних горючих газах є суттєвим недоліком при каталітичній конверсії та негативно впливає на якість заліза. З метою запобігання цьому явищу винаходом передбачено десульфурацію природних горючих газів, що беруть участь в процесі, в апараті, реакційну зону якого обігрівають індукційним струмом.

Використання способу прямого відновлення оксидів заліза з використанням індукційного нагріву підніме технологію безкоксівій металургії на новий технологічний рівень з розширенням її технічних можливостей. Особливо слід відзначити його актуальність при сучасному дефіциті та високій ціні вуглеводів. Підніметься рівень стабільності самого процесу, покладе початок нової підгалузі в металургії, особливо слід відзначити його актуальність при сучасному дефіциті та високій ціні природних горючих газів. Підніметься рівень стабільності самого процесу. Значно покращиться екологія довкілля тих промислових районів, що насичені металургійними виробництвами. Він позитивно подіє на якість металургійної продукції. Металургійна галузь з споживача горючих газів перетвориться в їх виробника. Зменшиться металоємність обладнання та знизяться капітальні витрати при будівництві. Знизяться експлуатаційні витрати.

Джерела інформації:

1. Б.И. Бондаренко та інші "Теорія і технологія безкоксівій металургії". Київ, "Наукова думка", 2003, гл. 12.9.3. стр. 426-429.

2. Б.И. Бондаренко та інші "Теорія і технологія безкоксівій металургії". Київ, "Наукова думка", 2003, гл. 8.4.4. стр. 227.

3. Б.И. Бондаренко та інші "Теорія і технологія безкоксівій металургії". Київ, "Наукова думка", 2003, гл. 8.4.4. стр. 229.

4. Б.И. Бондаренко та інші "Теорія і технологія безкокосової металургії*". Київ, "Наукова думка", 2003, гл. 5.12. стр. 133.

5. Б.И. Бондаренко та інші "Теорія і технологія безкокосової металургії*". Київ, "Наукова думка", 2003, гл. 12.7.2. стр. 400.

5 6. Заявка UA № а20011 02 008 від 21.02.2011. Україна.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб прямого відновлення оксидів заліза, що складається з подачі оксидів заліза в реактор відновлення, де його підігрівають, відновлюють, охолоджують та як відновлене залізо виводять з реактора відновлення, відпрацьований газ після очищення подають до багатосекційного реактора каталітичного реформінгу, де суміш відпрацьованого газу, природного горючого газу та водяної пари перетворюється на відновний газ, при цьому природний горючий газ заздалегідь десульфують в одній з секцій багатосекційного реактора каталітичного реформінгу, реакційну зону якого нагрівають індукційним струмом, утворений відновний газ подають до реактора відновлення, де він в зоні відновлення, що нагрівають індукційним струмом, відновлює оксиди заліза, надлишок відновного газу накопичують в газгольдері, відновний газ змішують з киснем або повітрям в змішувачі та охолоджують в теплообміннику, який **відрізняється** тим, що відновний газ утворюють в зоні внутрішньосфорої конверсії, що обігрівають індукційним струмом, зону відновлення обігрівають теплом, яке виносить відновний газ з зони внутрішньосфорої конверсії, температурний режим в усьому об'ємі зони відновлення підтримують індукційним струмом, карбюризацию свіжовідновленого заліза здійснюють в зоні карбюризациі, яку обігрівають теплом свіжовідновленого заліза, нагрітого в зоні внутрішньосфорої конверсії, температурний режим в зоні карбюризациі підтримують індукційним струмом, з відпрацьованого газу після його очищення вилучають діоксид вуглецю, який змішують з природним горючим газом та водяною парою, суміш газів подають до зони внутрішньосфорої конверсії, залишкову частину відпрацьованого газу накопичують в газгольдері та використовують як паливо, максимальна кількість суміші газів та водяної пари, що надходить на конверсію в зону внутрішньосфорої конверсії, залежить від каталітичних властивостей свіжовідновленого заліза та його активності як каталізатора, недостатній при цьому діоксид вуглецю запозичують з інших технологічних процесів, природні горючі гази, що беруть участь в карбюризациі та внутрішньосфорої конверсії перед цим десульфують в апараті десульфурації, реакційну зону якого обігрівають індукційним струмом.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що температуру відновного газу, що виходить з зони внутрішньосфорої конверсії до зони відновлення, знижують за рахунок надходження холодного відновленого газу.
3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що температуру відновленого заліза, яке виходить з зони внутрішньосфорої конверсії до зони відновлення, знижують за рахунок подачі суміші газів та водяної пари, призначеної для конверсії.

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

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

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