



УКРАЇНА

(19) UA (11) 76287 (13) C2

(51) МПК

C21B 13/10 (2006.01)

C21B 13/08 (2006.01)

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

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ЗАЛІЗА З ШИХТИ

1

(21) 20040706171

(22) 26.07.2004

(24) 17.07.2006

(46) 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.

(72) Півень Володимир Олександрович, Полонко
Олександр Юхимович, Півень Данило Володими-
рович, Півень Володимир Володимирович, Полон-
ко Володимир Олександрович

(73) ПРИВАТНЕ ПІДПРИЄМСТВО "МТРЕЙД"

(56) SU, 1 674 694, A3, 30.08.1991

UA, 21 273, C2, 04.11.1997

UA, 59 574, A, 15.09.2003

Заявка UA, 2004010349, A, 15.03.2004

Заявка RU, 2001113501, A, 27.03.2003

RU, 2 202 625, C2, 20.04.2003

RU, 2 228 365, C2, 20.12.2003

DE, 195 43 074, A1, 15.05.1997

EP, 1 137 817, B1, 21.05.2003

EP, 1 405 925, A1, 07.04.2004

Заявка US, 2002/0123019, A, 05.09.2002

US, 6 749 664, B1, 15.06.2004

JP, 02-185913, A, 20.07.1990

JP, 2001-279313, A, 10.10.2001

JP, 2004-176170, A, 24.06.2004

(57) 1. Спосіб одержання заліза з шихти, що вклю-
чає готування шихти з тонкоздрібненого залізовмі-
сного й вуглецевмісного матеріалів, визначення
вмісту заліза загального, визначення вмісту ком-
понентів у залізовмісному й вуглецевмісному ма-
теріалах, формування на поверхні рухомого поду
агрегатного пристрою термозахисного шару, зава-
нтаження й формування шару шихти на поверхні
захисного шару рухомого поду агрегатного при-
строю, відновно-теплову обробку шару шихти до
одержання заліза, науглецьовування і сепарацію
одержаного заліза з виділенням матеріалу термо-
захисного шару й шлаку, визначення коефіцієнта
добування заліза з залізовмісного матеріалу і ко-
ефіцієнта науглецьовування заліза, який **відрізня-**
ється тим, що в процесі одержання заліза з
шихти змінюють кількість вуглецю, що вводять в
шихту, необхідного для відновлення заліза в за-
лежності від якісного складу вихідного залізовміс-
ного матеріалу, виділений матеріал термозахисно-
го шару після сепарації повертають у процес і
повторно використовують як матеріал захисного
шару рухомого поду агрегатного пристрою, після

2

відновно-теплові обробки шар шихти на вказано-
му поду піддають термічному ущільненню при те-
мпературі 1300-1380°C з наступною сепарацією
одержаного заліза, при цьому для кожного компо-
нента вихідного залізовмісного матеріалу в проце-
сі одержання заліза визначають коефіцієнт витрати
вуглецю, необхідного для відновлення його до
заліза, коефіцієнт витрати вуглецю технологічної
лінії відновлення заліза, коефіцієнт витрати вугле-
цю при окислюванні і дегазифікації шару шихти на
поді агрегатного пристрою, а кількість вуглецевміс-
ного матеріалу, необхідну для відновлення залі-
за, визначають за формулою:

$$P_B = P_3 \cdot \left(\left(\sum_{i=1}^n M_i \cdot K_i \right) \cdot K_1 + Fe_{3ag} \cdot K_2 \cdot 10^{-2} + K_3 \right) / K_4$$

де:

P_B - кількість вуглецевмісного матеріалу,P₃ - кількість залізовмісного матеріалу,M_i - масова частка відновленого i-го компонента
залізовмісного матеріалу,K_i - коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення i-
го компонента залізовмісного матеріалу,n - кількість компонентів залізовмісного матеріа-
лу, що підлягає відновленню,Fe_{3ag} - вміст заліза загального в залізовмісному
матеріалі,K₁ - коефіцієнт витрати вуглецю в технологічній
лінії відновлення (1,1-1,6),K₂ - коефіцієнт науглецьовування заліза, у
мас. %,K₃ - коефіцієнт витрати вуглецю при окислюванні і
дегазифікації шихти, у мас. %,K₄ - вміст вуглецю в вуглецевмісному матеріалі.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як
вуглецевмісний матеріал використовують буре
вугілля або суміш здрібненого некоксивного кам'я-
ного вугілля з бурим вугіллем.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що кое-
фіцієнт витрат вуглецю для відновлення i-го ком-
понента залізовмісного матеріалу у вигляді FeO,
що дорівнює 0,157.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що кое-
фіцієнт витрати вуглецю для відновлення i-го ком-

(13) C2

(11) 76287

(19) UA

понента залізовмісного матеріалу у вигляді Fe_2O_3 , що дорівнює 0,192.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення і-го компонента залізовмісного матеріалу у вигляді Fe_3O_4 , що дорівнює 0,182.

6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що шихту використовують у вигляді її розсипу або згрудкування безвипалювальним методом.

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як матеріал термозахисного шару використовують вугілля.

8. Спосіб за пп. 1, 7 який **відрізняється** тим, що вугілля після відновно-теплової обробки повторно повертають у процес і використовують як вуглецевмісний матеріал шихти.

Винахід відноситься до галузі чорної металургії, зокрема до процесів прямого відновлення й одержання рідкого металу.

Відомий спосіб одержання твердого продукту залізо/вуглерод з матеріала на основі заліза одсіда, [за заявкою Росії № 2001113501, МПК7 C21B13/10, опубл. 12.11.1999р.] включає операції готування шихти з тонко здрібненого залізовмісного й вуглецевмісного матеріалів, визначення вмісту заліза загального, визначення Вмісту компонентів у залізовмісному й вуглецевмісному матеріалах, формування на поверхні рухомого поду агрегатного пристрою термо-захисного шару, завантаження й формування шару шихти на поверхні захисного шару рухомого поду агрегатного пристрою і відновно-теплову обробку шару шихти до одержання металу.

Найбільш близьким до винаходу, що заявляється, по сукупності співпадаючих ознак і технічному результату, що досягається, є спосіб одержання металізованого заліза, [по патенту Росії №2228365, МПК7 C21B13/10, опубл. 20.12.2003], що включає операції готування шихти з тонкоздрібнених залізовмісного й вуглецевмісного матеріалів, визначення вмісту заліза загального, визначення вмісту компонентів у залізовмісному й вуглецевмісному матеріалах, формування на поверхні рухомого поду агрегатного пристрою термо-захисного шару, завантаження і формування шару шихти на поверхні захисного шару рухомого поду агрегату, відновно-теплова обробка шару шихти до одержання металу, науглецювання отриманого металу, сепарацію отриманого металу з виділенням матеріалу термозахисного шару, визначення коефіцієнта витягу заліза з залізовмісного матеріалу і коефіцієнта науглецювання металу.

Загальним недоліком є те, що в приведених способах не забезпечується ефективне управління процесом прямого відновлення залізовмісного матеріалу перемінного в часі складу, шляхом оперативної зміни кількості, що вводиться в склад шихти вуглецевмісного матеріалу, що негативно відбивається на якості товарної продукції. Відновлене у твердій фазі залізо надходить у зону плавлення без попереднього ущільнення, знижуючи при цьому ефективність поділу отриманого металу і шлаку.

В основу винаходу поставлено задачу, удосконалити спосіб одержання металу із шихти, шляхом контролю і підтримки визначеного співвідношення умісту компонентів у шлаку в процесі одержання металу, стабілізувати режим процесу одержання металу із шихти, і за рахунок цього підвищити якість товарного продукту.

Задача вирішується тим, що в способі одержання металу із шихти, що включає операції готування шихти з тонкоздрібнених залізовмісного й вуглецевмісного матеріалів, визначення вмісту заліза загального, визначення {змісту компонентів у залізовмісному й вуглецевмісному матеріалах, формування на поверхні рухомого поду агрегатного пристрою термо-захисного шару, завантаження і формування шару шихти на поверхні захисного шару рухомого поду агрегату, відновно-теплову обробку шару шихти до одержання металу, науглецювання отриманого металу, сепарацію отриманого металу з виділенням матеріалу термозахисного шару з шлаку, визначення коефіцієнта витягу заліза з залізовмісного матеріалу і коефіцієнта науглецювання металу, згідно винаходу, у процесі одержання металу із шихти змінюють кількість вуглецю необхідного для відновлення заліза в залежності від якісного складу вихідного залізовмісного матеріалу, виділений матеріал термо-захисного шару після сепарації повертають у процес і повторно використовують як захисний шар рухомого поду, після відновно-теплової обробки, шар шихти на поду піддають термічному ущільненню при температурі і $300-1380^\circ\text{C}$, з наступною сепарацією отриманого металу, при цьому для кожного компоненту вихідного залізовмісного матеріалу в процесі одержання металу визначають коефіцієнт витрати вуглецю необхідного для їх відновлення до заліза, коефіцієнт витрати вуглецю в технологічній лінії, коефіцієнт витрати вуглецю при окислюванні і дегазифікації шару шихти на поду, а кількість вуглецевмісного матеріалу, яка необхідна для відновлення заліза визначають по формулі:

$$P_B = P_3 \cdot \left(\left(\sum_{i=1}^n M_i \cdot K_i \right) \cdot K_1 + \text{Fe}_{\text{заг}} \cdot K_2 \cdot 10^{-2} + K_3 \right) / K_4$$

де:

P_B - кількість вуглецевмісного матеріалу;

P_3 - кількість залізовмісного матеріалу;

M_i - масова частка відновленого (і-того) компоненту залізовмісного матеріалу;

K_i - коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення (і-того) компонента залізовмісного матеріалу;

η - кількість компонентів залізовмісного матеріалу, що підлягає відновленню;

$Fe_{заг.}$ - вміст заліза загального в залізовмісному матеріалі;

K_1 - коефіцієнт витрати вуглецю в технологічній лінії відновлення (1,1-1,6);

K_2 - коефіцієнт науглецьовування металу, у мас.%;

K_3 - коефіцієнт витрати вуглецю при окислюванні і дегазифікації шихти, у мас.%;

K_4 - Вміст вуглецю в вуглецьвмісному матеріалі.

У якості вуглецьвмісного компоненту використовують буре вугілля чи суміш здрібненого некоксового кам'яного вугілля з бурим вугіллям.

Коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення (і-того) компонента залізовмісного матеріалу у виді FeO встановлений 0,157.

Коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення (і-того) компонента залізовмісного матеріалу у виді Fe_2O_3 встановлений 0,192.

Коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення (і-того) компонента залізовмісного матеріалу у виді Fe_3O_4 встановлений 0,182.

Шихту використовують у виді розсипу чи окускуваної безвипалювальним методом.

Як матеріал термо-захисного шару використовують вугілля. Вугілля після термо-відновленої обробки повторно повертають у процес і використовують у якості вуглецьвмісного матеріалу шихти.

Зміна кількості вуглецю необхідного для відновлення заліза в залежності від якісного складу вихідного залізовмісного матеріалу, повернення виділеного матеріалу термо-захисного шару, після сепарації, в процес і повторне його використання як матеріал захисного шару рухомого поду після відновно-теплової обробки, термічного ущільнення шару шихти при температурі 1300-1380°C, з наступною сепарацією отриманого металу, визначення для кожного компонента вихідного залізовмісного матеріалу, в процесі одержання металу, коефіцієнта витрати вуглецю необхідного для відновлення заліза, коефіцієнта витрати вуглецю в процесі відновлення заліза, коефіцієнта витрати вуглецю при окислюванні і дегазифікації шару шихти на поді і визначення кількості вуглецьвмісного матеріалу, яке необхідне для відновлення заліза відповідно до приведеної формули дозволило підвищити якість товарного продукту.

Витяг заліза заданої якості з залізовмісного матеріалу перемінного в часі складу зв'язано з оперативним регулюванням кількості вуглецю, що подається в шихту. При недостатній і надлишковій кількості вуглецю знижується вихід заліза, нестабільна якість одержуваного металу, крім того підвищена витрата вуглецьвмісного матеріалу в шихті спричиняє необґрунтоване збільшення витрат на добування заліза (див. діаграму 1, Фіг.1, на якій приведена залежність виходу металу із шихти від кількості вуглецьвмісного матеріалу у шихті). Для дотримання умов сталості в шихті співвідношення

вуглецю і відновлених залізовмісних матеріалів з урахуванням витрат необхідно враховувати наступні коефіцієнти:

-коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення компонентів залізовмісної частини шихти до заліза K_i ;

- вміст заліза загального в залізовмісному матеріалі - $Fe_{заг.}$;

- коефіцієнт витрати вуглецю в технологічній лінії - K_1 ;

- коефіцієнт науглецьовування металу - K_2 ;

- коефіцієнт витрати вуглецю при окислюванні і дегазифікації шихти - K_3 ;

- вміст вуглецю в вуглецьвмісному компоненті - K_4 ;

Приклад виконання способу одержання металу із шихти.

Попередньо наготовляють суміш тонко здрібнених залізовмісного й вуглецьвмісного матеріалів. Потім відомим способом визначають вміст заліза загального в залізовмісному матеріалі ($Fe_{заг.}$), масової частки компонентів (M_i), їхню кількість (η). Визначають вміст компонентів у вихідному залізовмісному й вуглецьвмісному матеріалах. На поверхні рухомого-поду агрегатного пристрою формують термо-захисний шар. Як матеріал термо-захисного шару використовують вугілля. Потім завантажують і формують шар шихти на поверхні термо-захисного шару рухомого поду агрегатного пристрою. Шихту використовують у вигляді розсипу чи окускуваної безвипалювальним методом.

Рухомий під агрегатного пристрою із шаром шихти вводять у відбудовну зону з початковою температурою нагрівання 800°C, яку поступово підвищують до температури 1470°C. Відновно-теплову обробку шару шихти при температурі 1300°C роблять в перебігу 3-8 хвилин. Визначають коефіцієнт добування заліза з залізовмісного матеріалу і коефіцієнт науглецьовування заліза. Коефіцієнт науглецьовування металу складає не менш 4,0%.

Після відновно-теплової обробки шихти і науглецьовування металу роблять термічне ущільнення відновленого матеріалу. Матеріал, що пройшов стадію термічного ущільнення, більш інтенсивно розділяється на метал і шлак, шлак при цьому не кипить і після остигання, у ньому відсутні металеві включення у виді крапель. Залежність виходу заліза металевого у шлаку від зменшення обсягу відновленої шихти приведено на діаграмі 2, Фіг.2.

Термічне ущільнення роблять при досягненні температури шихти в ущільнювальній зоні печі (1300-1380)°C, науглецьовування металу не менш 4%, час термічного ущільнення не менш 1,5 хвилин за умови рівномірного прогріву всієї шихти.

У процесі одержання металу змінюють кількість вуглецю необхідного для відновлення заліза в залежності від якісного складу вихідного залізовмісного матеріалу.

Отриманий із шихти метал сепарують з виділенням шлаку і матеріалу термо-захисного шару. Виділений матеріал термо-захисного шару після сепарації повертають у процес і повторно використовують як захисний шар рухомого поду. Як матеріал для термо-захисного шару використовують

вугілля. Вугілля після термо-відновленої обробки повторно повертають у процес і використовують у якості вуглецевмісного матеріалу для шихти, чи в якості термо-захисного шару. Для кожного компонента вихідного залізовмісного матеріалу в процесі одержання металу визначають коефіцієнт витрати вуглецю необхідного для відновлення заліза (K_i).

Величину K_i визначають окремо для кожного з підлягаючих відновленню компонентів шихти з виражень:

$$K_{FeO} = A_c / (A_{Fe} + A_o) = 12 / (56 + 16) \cdot 0,94 = 0,157$$

$$K_{Fe_3O_4} = 12 \cdot 4 / (56 \cdot 3 + 16 \cdot 4) \cdot 0,88 = 48 / (168 + 64) \cdot 0,88 = 0,182$$

$$K_{Fe_2O_3} = 12 \cdot 3 / (56 \cdot 2 + 16 \cdot 3) \cdot 0,85 = 36 / (112 + 48) \cdot 0,85 = 0,192$$

де:

A_c - атомна маса вуглецю; A_{Fe} - атомна маса заліза;

A_o - атомна маса кисню.

Емпіричні коефіцієнти 0,94; 0,88; 0,85, отримані дослідницьким шляхом і зв'язані з утворенням у процесі відновлення CO_2 .

Визначають коефіцієнт витрат вуглецю в процесі відновлення заліза. Коефіцієнт витрати вуглецю при окислюванні і дегазифікації шихти (K_4) залежить від рівня вмісту летучих складових в вуглевмісному компоненті і наявності оксидного газу в зонах відновлення і науглецьовування відновленого заліза.

Вміст вуглецю в вуглецевмісному компоненті (K_4) визначається відомим способом при аналізі вугілля застосовуваних у процесі.

Загальна кількість вуглецевмісного матеріалу яка необхідна для відновлення заліза для кожного технологічного циклу (P_v) визначають по формулі:

$$P_v = P_3 \cdot \left(\sum_{i=1}^n M_i \cdot K_i \right) \cdot K_1 + Fe_{заг} \cdot K_2 \cdot 10^{-2} + K_3 / K_4$$

де:

P_v - кількість вуглецевмісного матеріалу;

P_3 - кількість залізовмісного матеріалу;

M_i - масова частка відновленого (і-того) компоненту залізовмісного матеріалу;

K_i - коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення (і-того) компонента

залізовмісного матеріалу;

n - кількість компонентів залізовмісного матеріалу, що підлягає відновленню;

$Fe_{заг}$ - вміст заліза загального в залізовмісному матеріалі;

K_1 - коефіцієнт витрати вуглецю в технологічній лінії відновлення (1,1-1,6);

K_2 - коефіцієнт науглецьовування металу, у мас.%;

K_3 - коефіцієнт витрати вуглецю при окислюванні і дегазифікації шихти, у мас.%;

K_4 - вміст вуглецю в вуглецевмісному матеріалі.

У якості вуглецевмісного компонента використовують буре вугілля чи суміш здрібненого неокислого кам'яного вугілля з бурим вугіллем.

Коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення (і-того) компонента залізовмісного матеріалу у виді FeO встановлений 0,157;

Коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення (і-того) компонента залізовмісного матеріалу у виді Fe_2O_3 встановлений 0,192;

Коефіцієнт витрати вуглецю для відновлення (і-того) компонента залізовмісного матеріалу у виді Fe_3O_4 встановлений 0,182.

Випробування заявленого способу одержання металу із шихти в лабораторних умовах підтвердило можливість підвищення якості товарного продукту. Дані лабораторних досліджень залежності витрат металу в шлаку від кількості вуглецевмісного матеріалу в шихті приведені у таблиці.

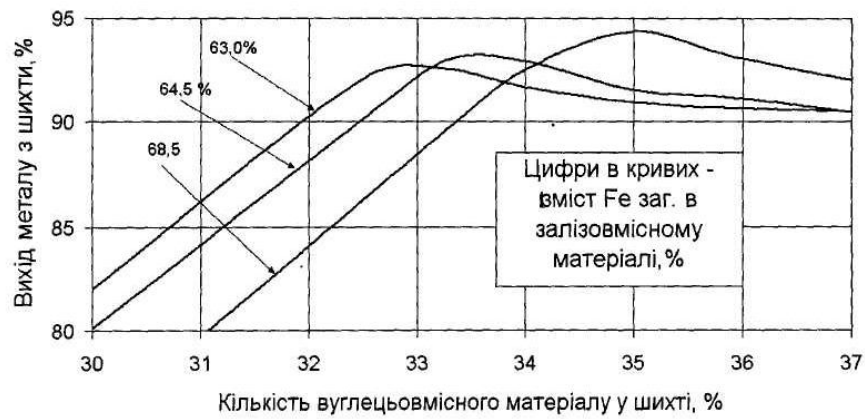
Таблиця

№	Склад шихти	Вид шихти	Вид обробки			
			Відомим способом		Заявленим способом	
			Час плавлення відновленого матеріалу, хвил.	Металеві включення у шлаку, %	Час плавлення відновленого матеріалу, хвил.	Металеві включення у шлаку, %
1	Залізорудний концентрат (Fe заг. 67,5%); вуглецевмісний матеріал (C-95%)	Окусувана	6,5	5,3	3,5	0
		Не окусувана	6,0	8,2	3,0	2
2	Залізорудний концентрат (Fe заг. 67,5%); вуглецевмісний матеріал (C-72%)	Окусувана	6,5	8,4	3,5	1,5
		Не окусувана	6,0	8,2	3,0	2,8

У результаті аналізу даних приведених у таблиці було встановлено, що при проведенні процесу одержання металу з ущільненням шару шихти після тепловідвідної обробки, підвищення якості товарної продукції (див. графу 7, таблиці, де вміст

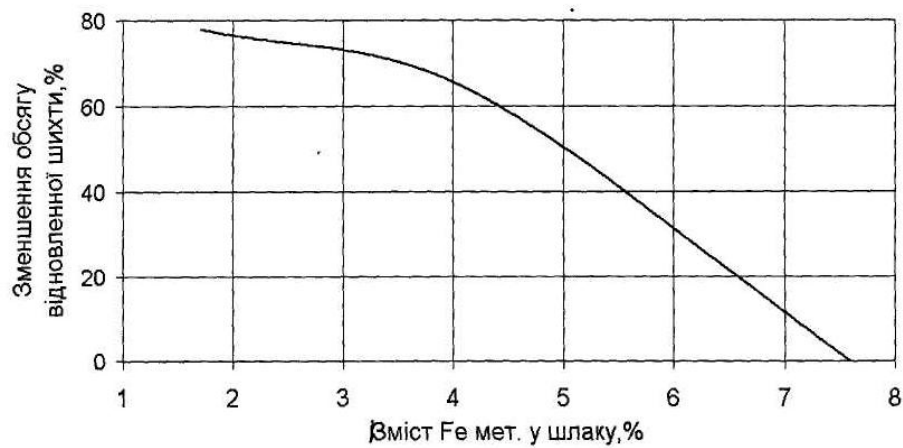
заліза в шлаку складає (0-2,8). Це підтверджує позитивний результат способу одержання металу зі шлаку при заявлених режимах його відновлення й одержання.

Діаграма 1



Фіг. 1.

Діаграма 2



Фіг. 2