

**УКРАЇНА****(19) UA****(11) 109508****(13) C2****(51) МПК****C21B 13/10** (2006.01)**C22B 1/244** (2006.01)**C22B 1/24** (2006.01)

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2014 06839	(72) Винахідник(и): Хіно Мітсутака (JP), Сугіяма Такесі (JP), Танака Хідетосі (JP), Кобаясі Ісао (JP), Урагамі Акіра (JP), Негамі Такуя (JP)
(22) Дата подання заявки: 09.11.2012	(73) Власник(и): КАБУСІКІ КАЙСЯ КОБЕ СЕЙКО СЕ, 2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome, Chuo- ku, Kobe-shi, Hyogo 651-8585, Japan (JP)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.08.2015	(74) Представник: Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 2011-253124	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 74565 C2, 15.01.2006 JP 2010261101 A, 18.11.2010 WO 2011118738 A1, 29.09.2011 JP 2009091664 A, 30.04.2009 JP 10147806 A, 02.06.1998 JP 2002363624 A, 18.12.2002 US 6048382 A, 11.04.2000
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 18.11.2011	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: JP	
(41) Публікація відомостей про заявку: 11.08.2014, Бюл.№ 15	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.08.2015, Бюл.№ 16	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: РСТ/JP2012/079131, 09.11.2012	

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ СУМІШІ ВІДНОВЛЕНОГО ЗАЛІЗА І ШЛАКУ**(57) Реферат:**

Розроблений спосіб поліпшення здатності до розділення відновленого заліза і шлаку, який стосується відновленого заліза і шлаку, які одержані в такому напіврозплавленому стані, при якому кожний із агломератів нерозплавлений повністю. Спосіб виготовлення суміші відновленого заліза/шлаку послідовно включає: стадію агломерації суміші сировини, яка включає речовину, що містить оксид заліза, і вуглецевий матеріал і додатково включає регулятор температури плавлення, та стадію нагрівання одержаних агломератів таким чином, щоб частково розплавити кожний із агломератів і таким чином відновити оксид заліза, який міститься в агломератах.

UA 109508 C2

Галузь техніки, до якої належить винахід

Даний винахід стосується способу виготовлення суміші відновленого заліза і шлаку за допомогою нагрівання агломератів, які включають речовину, яка містить оксид заліза і вуглецевий матеріал.

5 Передумови винаходу

Відомо декілька способів виробництва відновленого заліза із речовин, які містять оксид заліза, таких, як залізна руда, які включають:

10 (1) спосіб, який включає нагрівання обпалених котунів, які містять залізну руду, у шахтній печі приблизно до 1000 °C таким чином, щоб відновити оксид заліза в обпалених котунах відновлювальним газом;

(2) спосіб, який включає подачу агломератів, отриманих агломерацією суміші вуглецевого матеріалу (твердий відновник) і залізної руди, в піч із рухомим шаром (карусельна піч) і нагрівання агломератів приблизно до 1300 °C таким чином, щоб відновити оксид заліза, який міститься в агломератах; і

15 (3) спосіб, який включає подачу агломератів, отриманих агломерацією суміші вуглецевого матеріалу (твердий відновник) і залізної руди, в піч із рухомим шаром, нагрівання агломератів для відновлення оксиду заліза, який міститься в агломератах, подальше нагрівання агломератів приблизно до 1450 °C таким чином, щоб розплавити відновлене залізо, і здійснення розділення відновленого заліза і шлаку із використанням різниці поверхневого натягнення або т. п.

20 Способи, описані в джерелах 1-4 патентної літератури, являють собою приклади таких способів виробництва відновленого заліза.

Прикладом згаданого вище способу (1) є спосіб, описаний в джерелі 1 патентної літератури. У джерелі 1 патентної літератури описаний спосіб прямого відновлення залізної руди, дроблення відновленої залізної руди, здійснення відділення залізної пустої породи, дроблення розділеного заліза і пустої породи і виділення заліза із дробленого заліза і пустої породи. У джерелі 1 патентної літератури також вказано, що як відновлювальний газ може бути використаний газоподібний CO або газоподібний H₂, що температура нагрівання становить від 700 °C до 1200 °C, що для дроблення може бути використана роликова дробарка або т. п., здатна прокатувати металеве залізо до лусочок, і що розділення заліза і пустої породи здійснюють, використовуючи сито розміром 20 меш або комбінацію ситового розділення і магнітного розділення.

Прикладом згаданого вище способу (2) є спосіб, описаний в джерелі 2 патентної літератури. У джерелі 2 патентної літератури описаний спосіб нагрівання суміші, яка містить залізну сировину і вугілля, у високотемпературній атмосфері для здійснення відновлення, дроблення отриманого відновленого заліза і сортування дробленого відновленого заліза по певному розміру зерен. Більш конкретно, зерна, які мають середній розмір більше 100 мкм, відділяють від зерен, які мають середній розмір 100 мкм або менше. Відновлені залізні зерна, які мають середній розмір 100 мкм або менше, розділяють магнітним способом на сильно магнітні зерна із високим вмістом заліза і слабо магнітні зерна із низьким вмістом заліза, після чого сильно магнітні зерна і відсортовані відновлені залізні зерна, розмір яких перевищує вказаний вище розмір, використовують як відновлене залізо. Слабо магнітні зерна мають низький вміст заліза і високий вміст шлаку, тому їх використовують безпосередньо в цементі і асфальті. Відповідно, в джерелі 2 патентної літератури не описано відділення шлаку від слабо магнітних зерен із низьким вмістом заліза і виділення заліза із слабо магнітних зерен для використання як джерела заліза.

45 Приклади способу (3) включають методи, описані в джерелах 3 і 4 патентної літератури. У джерелі 3 патентної літератури описаний спосіб виготовлення високосортного відновленого заліза із порошку для отримання заліза, який включає виготовлення котунів, які містять вуглець, із двох або більше видів порошку і вуглецевого матеріалу, відновлення котунів при температурі в інтервалі від 1250 °C до 1350 °C у карусельній обпалюючій печі із обертовим подом таким чином, щоб відновити порошок у котунах вуглецевим матеріалом і екстрагувати зерна металевих заліза, які природно відділяються від шлакового сегмента із низькою температурою плавлення, який містить FeO, який утворюється із пустої породи порошку, таким чином, щоб отримати високосортне відновлене залізо. У даному джерелі патентної літератури вказано, що відновлене залізо, отримане в обпалюючій печі із обертовим подом, просівають через грохот, витягуючи відновлене залізо діаметром 5 мм або більше. У джерелі 4 патентної літератури описаний спосіб отримання високочистого гранульованого металевих заліза, який включає виробництво котунів, які містять вуглець, із залізної руди і вуглецевого матеріалу, відновлення котунів у карусельній обпалюючій печі із обертовим подом при температурі від 1250 °C до 60 1350 °C і плавлення відновлених котунів у результаті підвищення температури в печі до

1400 °C-1500 °C таким чином, щоб викликати агрегацію металевого заліза. Однак згідно із джерелами 3 і 4 патентної літератури розділення відновленого заліза і шлаку здійснюють, повністю розплавляючи відновлене залізо і не покращуючи здатність до розділення суміші відновленого заліза і шлаку, отриману у стані, при якому агломерати не розплавлені повністю.

При підвищенні кількості шлаку агрегуюча здатність металевого заліза гіршає, і здатність до розділення металевого заліза і шлаку знижується. Зниження здатності до розділення металевого заліза і шлаку приводить до низького коефіцієнта витягнення металевого заліза і зменшує продуктивність. У джерелі 4 патентної літератури також указано, що основність (співвідношення CaO/SiO_2) всіх шлакоутворюючих компонентів, які містяться в сировинних матеріалах, включаючи такі шлакоутворюючі компоненти, як компоненти пустої породи, які містяться у залізній руді і т. п., повинна складати від 0,6 до 1,8. Однак згідно із джерелом 4 патентної літератури основність регулюють для зниження вмісту сірки (S) в гранульованому металевому залізі, і в даному джерелі не згадується про зв'язок між основністю і станом розплавлення шлаку, у якому агломерати не розплавлені повністю.

Описана вище залізна руда містить пусту породу. Пуста порода являє собою компонент, відмінний від мінералів, який містить корисні метали серед компонентів, які складають залізну руду (сиру руду), добуту в рудниках, і яка звичайно складається із оксидів, таких, як Al_2O_3 і SiO_2 . Низькосортна залізна руда із високим вмістом пустої породи схильна викликати наступні проблеми. А саме, при використанні низькосортної залізної руди у способі (1) кількість шлаку, який утворюється в результаті відновлення обпалених котунів, збільшується, але металеве залізо залишається невідокремленим від шлаку під час процесу відновлення, тому весь шлак залишається у відновленому залізі. Відповідно, як залізну руду переважно використовують високосортну залізну руду із низьким вмістом пустої породи.

При використанні низькосортної залізної руди у способі (2) вміст шлакового компонента в агломератах підвищується через пусту породу, яка міститься в залізній руді, і зольного компонента, який міститься у вуглецевому матеріалі. Таким чином, отримане відновлене залізо має високий вміст шлаку, тому сорт заліза є низьким. При використанні низькосортної залізної руди у способі (3) кількість шлаку, який утворюється під час плавлення, збільшується, і розплавлений шлак покриває нерозплавлене відновлене залізо. Тому вплив тепла на відновлене залізо інгібується і достатній рівень відділення відновленого заліза від шлаку може бути не досягнутий.

Відновлене залізо, отримане в описаних вище способах (1)-(3), може бути, наприклад, використано як сировина для плавлення в електричній печі. Однак кількість пустої породи, яка завантажується в електричну піч за один раз, повинна бути невеликою. При завантаженні великої кількості пустої породи під час плавлення в електричній печі утвориться велика кількість шлаку, в результаті чого витрата енергії, необхідної для плавлення, підвищується.

У пустій породі, яка міститься в залізній руді, компонент SiO_2 є найбільш переважним і типовим компонентом пустої породи. Однак вміст SiO_2 у джерелі заліза, яке використовується як сировина для плавлення в електричній печі, обмежується 6 мас. % або менше (переважно, 5 мас. % або менше). Однак кількість заліза і сталі, які виготовляються в світовому масштабі, збільшується, незважаючи на обмежений запас джерела високосортної залізної руди із низьким вмістом пустої породи. Таким чином, існує проблема нестачі високосортної залізної руди. Відповідно, вкрай бажаною є розробка способу із використанням низькосортної залізної руди із високим вмістом SiO_2 (наприклад, залізна руда, яка містить 6 мас. % або більше SiO_2).

Перелік посилань

Патентна література

PTL 1: патент США № 6048382.

PTL 2: нерозглянута заявка на Японський патент № 2002-363624.

PTL 3: нерозглянута заявка на Японський патент № 10-147806.

PTL 4: нерозглянута заявка на Японський патент № 2009-91664.

Розкриття винаходу

Технічна задача

Даний винахід був розроблений з урахуванням описаних вище обставин. Його метою є розробка способу поліпшення здатності до розділення відновленого заліза і шлаку, що отримується в напіврозплавленому стані, при якому агломерати розплавлені не повністю. Іншою метою даного винаходу є розробка способу виготовлення відновленого заліза такого сорту, який може бути використаний в традиційних способах виробництва заліза, таких, як спосіб із використанням електричної печі, навіть при використанні низькосортної залізної руди, яка містить 6 мас. % або більше SiO_2 .

Рішення поставленої задачі

Спосіб виготовлення суміші відновленого заліза і шлаку згідно із даним винаходом, який вирішує описану вище задачу, може бути підсумований як спосіб, який включає стадію агломерації сировинної суміші, яка включає речовину, яка містить оксид заліза, вуглецевий матеріал і регулюючий температуру плавлення агент, і стадію нагрівання агломератів, які отримуються таким чином, щоб забезпечити часткове плавлення агломератів і, в результаті відновлення оксиду заліза, який міститься в агломератах, згідно з яким дані стадії здійснюються у вказаному порядку. Описана вище задача може бути також вирішена за допомогою способу виготовлення суміші відновленого заліза/шлаку, який може бути підсумований як спосіб, який включає стадію агломерації сировинної суміші, яка включає речовину, яка містить оксид заліза, вуглецевий матеріал і регулюючий температуру плавлення агент; і стадію нагрівання агломератів, які отримуються при температурі, яка дорівнює або вище температури, при якій відбувається часткове плавлення агломератів, але нижче температури, при якій відбувається повне плавлення агломератів, і, в результаті відновлення оксиду заліза, який міститься в агломератах, згідно з яким дані стадії здійснюються у вказаному порядку.

Згідно із даним винаходом кількість речовини, яка постачає CaO, яка домішується як регулюючий температуру плавлення агент, переважно регулюють таким чином, щоб основність $[\text{CaO}/\text{SiO}_2]$ шлаку, яка визначається на основі вмісту CaO і вмісту SiO_2 в агломератах, становила 0,2 або більше, але менше 0,9. Як речовину, яка постачає CaO, переважно домішують щонайменше одну речовину, вибрану і групи, яка складається із CaO, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і CaCO_3 .

Згідно із даним винаходом кількість регулюючого температуру плавлення агента, який домішується, переважно регулюють таким чином, щоб кількість розплавленої частини пустої породи, яка міститься в агломератах, при температурі на 100°C нижче максимальної температури для нагрівання агломератів, становила 50 мас. % або більше. Кількість розплавленої частини пустої породи може бути визначена на основі кількостей трьох компонентів: CaO, SiO_2 і Al_2O_3 , які містяться в агломератах. У тому випадку, якщо пуста порода містить MgO, кількість розплавленої частини пустої породи може бути визначена на основі кількостей чотирьох компонентів: CaO, SiO_2 , Al_2O_3 і MgO.

Нагрівання агломератів переважно здійснюють при температурі на 100°C вище температури, при якій кількість розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, який міститься в агломератах, становить 50 мас. % або більше від третинного оксиду. У тому випадку, якщо пуста порода містить MgO, нагрівання агломератів переважно здійснюють при температурі на 100°C вище температури, при якій кількість розплавленої частини четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$, який міститься в агломератах, становить 50 мас. % або більше від четвертинного оксиду. Нагрівання агломератів переважно здійснюють, наприклад, при температурі в діапазоні від 1200°C до 1450°C .

Даний винахід може бути реалізований із використанням, наприклад, залізної руди, вміст SiO_2 в якій становить 6 мас. % або більше, як речовини, яка містить оксид заліза. При використанні високосортної залізної руди SiO_2 може бути доданий до залізної руди із зовнішнього джерела таким чином, щоб загальний вміст SiO_2 у суміші високосортної залізної руди і SiO_2 становив 6 мас. % або більше.

Переваги винаходу

Згідно із даним винаходом регулюючий температуру плавлення агент (виключаючи агенти, які впливають на температуру плавлення заліза) додатково додають до речовини, яка містить оксид заліза, а вуглецевий матеріал і отримувану суміш нагрівають таким чином, щоб агломерати розплавлялися частково, але не повністю. У результаті суміш у відновлених котунах набуває стану, при якому присутні відновлене залізо і шлак, які можуть бути відділені один від одного. Отримувана суміш може бути легко розділена на відновлене залізо і шлак, наприклад, за допомогою дроблення і магнітної сепарації, після чого відновлене залізо і шлак можуть бути відповідно використані для потрібних цілей. На основі даного винаходу може бути зроблений висновок про те, що відновлене залізо може бути отримане, наприклад, із низькосортної залізної руди (наприклад, залізної руди, вміст SiO_2 в якій становить 6 мас. % або більше), який рідко використовувався через те, що (а) кількість регулюючого температуру плавлення агента регулюють таким чином, щоб кількість розплавленої частини пустої породи в агломератах знаходилася на певному рівні або вище з урахуванням температури нагрівання, або (б) агломерати нагрівають із обліком кількості розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ в агломератах (в тому випадку, якщо агломерати містять MgO, розплавленої частини четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$).

Короткий опис креслень

Фіг. 1 являє собою графік, який показує зв'язок між немагнітним відношенням і величиною (Т-L.T.), яка отримана в результаті віднімання температури плавлення L.T третинного оксиду

CaO-SiO₂-Al₂O₃ або температури плавлення L.T четвертинного оксиду CaO-SiO₂-Al₂O₃-MgO із температури T нагрівання.

Фіг. 2 являє собою графік, який показує зв'язок між немагнітним відношенням і кількістю розплавленої частини третинного оксиду CaO-SiO₂-Al₂O₃ при температурі (T-100 °C), на 100 °C нижче температури T нагрівання, або кількістю розплавленої частини четвертинного оксиду CaO-SiO₂-Al₂O₃-MgO при температурі (T-100 °C), на 100 °C нижче температури T нагрівання.

Опис варіантів втілення

Автори даного винаходу провели ретельне дослідження з посилення здатності до розділення при розділенні суміші відновленого заліза і шлаку, яка отримана в результаті нагрівання агломератів, які включають речовину, яка містить оксид заліза, і вуглецевий матеріал, таким чином, щоб агломерати плавилася частково, а не повністю, для отримання відновленого заліза і шлаку. У результаті автори даного винаходу встановили, що домішування регулюючого температуру плавлення агента до суміші речовини, яка містить оксид заліза, і вуглецевого матеріалу може покращити здатність до розділення при розділенні відновлених котунів, які отримані в результаті нагрівання агломератів, на відновлене залізо і шлак, і здійснили даний винахід.

Автори даного винаходу також виявили, що для подальшого задовільного здійснення розділення відновленого заліза і шлаку (отриманих із компонента пустої породи) підходить наступний спосіб:

(а) при встановленні температури для нагрівання агломератів кількість регулюючого температуру плавлення агента (наприклад речовини, яка постачає CaO) регулюють таким чином, щоб кількість розплавленої частини компонента пустої породи в агломератах при температурі на 100 °C нижче максимальної температури для нагрівання агломератів, становила 50 мас. % або більше;

(b) як альтернатива агломерати можуть бути нагріті до температури на 100 °C вище температури, при якій кількість розплавленої частини третинного оксиду CaO-SiO₂-Al₂O₃, який міститься в агломератах, становить 50 мас. % або більше від кількості третинного оксиду. Було також встановлено, що в тому випадку, якщо агломерати містять MgO, агломерати можуть бути нагріті до температури на 100 °C вище температури, при якій кількість розплавленої частини четвертинного оксиду CaO-SiO₂-Al₂O₃-MgO в агломератах становить 50 мас. % або більше від кількості четвертинного оксиду.

Автори даного винаходу також провели всебічні дослідження з використання низькосортної залізної руди (наприклад, залізної руди, вміст SiO₂ в якій становить 6 мас. % або більше), яка традиційно рідко використовувався як речовина, яка містить оксид заліза, для отримання відновленого заліза, яке може бути використане як сировина для плавлення в електричній печі. В результаті вони встановили, що відновлені котуни, які містять відновлене залізо і шлак (компонент пустої породи), які знаходяться в розділюваному стані, можуть бути отримані з сировинної суміші, яка містить низькосортну залізну руду, вуглецевий матеріал і регулюючий температуру плавлення агент, в результаті отримання агломератів, які мають співвідношення CaO/SiO₂, відрегульоване в межах конкретного діапазону, і відновлення агломератів до частково розплавленого стану. Вони також виявили, що такі відновлені котуни можуть бути в достатній мірі розділені на відновлене залізо і шлак (компонент пустої породи) в результаті обробки, таке, як дроблення і магнітна сепарація. Спосіб отримання суміші відновленого заліза і шлаку згідно із даним винаходом описаний нижче.

Для отримання суміші відновленого заліза і шлаку згідно із даним винаходом важливо здійснювати стадію (надалі називається стадією агломерації) агломерації сировинної суміші, яка включає речовину, яка містить оксид заліза, вуглецевий матеріал і регулюючий температуру плавлення агент, і стадію (надалі називається стадією нагрівання) нагрівання агломератів таким чином, щоб забезпечити часткове плавлення агломератів і відновлення оксиду заліза в агломератах, у вказаному порядку. На стадії нагрівання агломерати можуть бути нагріті до температури, яка дорівнює або вище температури, при якій відбувається часткове плавлення агломератів, але нижче температури, при якій відбувається повне плавлення агломератів, таким чином, щоб відновити оксид заліза, який міститься в агломератах.

Стадія агломерації

На стадії агломерації згідно із даним винаходом важливим є домішування регулюючого температуру плавлення агента до речовини, що включає оксид заліза, і вуглецевого матеріалу.

Регулюючий температуру плавлення агент являє собою речовину, яка не впливає на температуру плавлення заліза, але впливає на температури плавлення компонентів (зокрема пустої породи), відмінних від оксиду заліза в агломератах. Іншими словами, домішування регулюючого температуру плавлення агента до сировинної суміші здатне вплинути, наприклад,

здатне знизити температури плавлення компонентів (зокрема пустої породи), відмінних від оксиду заліза в агломератах. В результаті плавлення компонента пустої породи прискорюється, і компонент пустої породи формує розплавлений шлак. На даному етапі частина оксиду заліза розчиняється у розплавленому шлаку і відновлюється в ньому, утворюючи металеве залізо.

5 Металеве залізо, яке сформувалося в розплавленому шлаку, агрегується у вигляді твердого відновленого заліза при контакті із металевим залізом, відновленим в твердому стані. Відповідно, може бути отримана суміш відновленого заліза і шлаку згідно із даним винаходом.

Регулюючий температуру плавлення агент переважно являє собою матеріал, який щонайменше містить речовину, яка постачає CaO. Домішувана речовина, яка постачає CaO, переважно являє собою щонайменше одну речовину, вибрану із групи, яка складається із CaO (негашене вапно), Ca(OH)₂ (гідратне вапно), CaCO₃ (вапняк) і CaMg(CO₃)₂ (доломіт).

Як регулюючий температуру плавлення агент може бути використано речовину, яка постачає CaO, нарізно. Як альтернатива речовина, яка постачає MgO, речовина, яка постачає Al₂O₃, або речовина, яка постачає SiO₂, може бути використана в комбінації із речовиною, яка постачає CaO. MgO, Al₂O₃ і SiO₂ також впливають на температури плавлення компонентів (зокрема пустої породи), відмінних від оксиду заліза в агломератах, як і у випадку із CaO.

15 Наприклад, домішувана речовина, яка постачає MgO, переважно являє собою щонайменше одну речовину, вибрану із групи, яка складається із порошку MgO, речовини, яка містить Mg, витягнутої із натуральної руди або морської води, і MgCO₃. Домішувана речовина, яка постачає Al₂O₃, переважно являє собою порошок Al₂O₃, боксит, беміт, гібсит, діаспор або т. п. Речовина, яка постачає SiO₂, може являти собою, наприклад, порошок SiO₂ або кварцовий пісок.

Згідно із даним винаходом кількість речовини, яка постачає CaO, яка домішується до агломератів, переважно регулюють таким чином, щоб основність (CaO/SiO₂) шлаку, яка визначається на основі вмісту (мас. %) CaO і вмісту (мас. %) SiO₂ в агломератах, становила 0,2

25 або більше, але менше 0,9. Регулювання основності шлаку в межах даного діапазону здатне знизити температуру плавлення пустої породи (зокрема третинного оксиду CaO-SiO₂-Al₂O₃ або четвертинного оксиду CaO-SiO₂-Al₂O₃-MgO) в агломератах. Відповідно, пуста порода може бути розплавлена при відносно низькій температурі і кількість розплавленої пустої породи в агломератах може бути підвищена. Основність шлаку більш переважно становить 0,3 або

30 більше, а ще більш переважно - 0,35 або більше. Основність шлаку більш переважно становить 0,8 або менше, і найбільш переважно - 0,5 або менше.

Приклади речовини, яка містить оксид заліза, включають залізну руду, залізистий пісковик, порошок для отримання заліза, залишки кольорової плавки і відходи виробництва заліза.

Згідно із даним винаходом може бути використана низькосортна залізна руда, яка традиційно не використовувалася. Наприклад, може бути отримана низькосортна залізна руда, яка містить 6 мас. % або більше SiO₂ (надалі така руда може бути названа "залізна руда із високим вмістом SiO₂"), і сировинна суміш, яка містить залізну руду із високим вмістом SiO₂, вуглецевий матеріал і регулюючий температуру плавлення агент, може бути агломерована для отримання агломератів. При нагріванні агломератів, які містять низькосортну залізну руду,

40 вуглецевий матеріал і регулюючий температуру плавлення агент, зольний компонент у вуглецевому матеріалі і регулюючому температуру плавлення агентові може служити як флюс, розплавлений шлак може локально утворюватися в агломератах і відновлене залізо може агрегуватися. В результаті відновлене залізо може бути отримане протягом короткого періоду часу. Іншими словами, при нагріванні агломератів, які містять низькосортну залізну руду,

45 вуглецевий матеріал і регулюючий температуру плавлення агент, як у випадку із даним винаходом, FeO взаємодіє із вуглицем, який міститься у вуглецевому матеріалі поблизу від FeO, що забезпечує швидке отримання відновленого заліза, незважаючи на утворення розплавленого шлаку на основі FeO-SiO₂ в агломератах. Відповідно, в агломератах пуста порода, така, як SiO₂, і відновлене залізо формуються окремо. Незважаючи на спільну

50 присутність відновленого заліза і шлаку, при дробленні суміші пуста порода легко розбивається, після чого роздроблений продукт може бути розділений на відновлене залізо і шлак (компонент пустої породи). Незважаючи на те, що залізна руда із високим вмістом SiO₂ традиційно не використовувалася як комерційна залізна руда через високий вміст пустої породи, згідно із даним винаходом залізна руда із високим вмістом SiO₂ може бути використана як джерело

55 заліза.

Відновлене залізо також може бути отримане способом (1), описаним в розділі "Передумови винаходу", згідно з яким обпалені котуни, які містять залізну руду, відновлюють при температурі приблизно 1000 °C в шахтній печі, використовуючи відновлювальний газ. При здійсненні відновлення при температурі, яка перевищує 1200 °C, відновлювальним газом, згідно із даним

60 способом, в обпалених котунах утвориться розплавлений шлак на основі FeO-SiO₂, і хід

відновлення інгібується. Відповідно, температура нагрівання повинна становити 1200 °C або менше. Однак здійснення нагрівання при температурі, яка перевищує 1200 °C або менше, агрегація відновленого заліза стає недостатньою, незважаючи на продовження часу нагрівання, що утруднює відділення відновленого заліза від пустої породи за допомогою дроблення.

5 Залізна руда, яка містить 6 мас. % або більше SiO_2 , може бути отримана у вигляді залізної руди із високим вмістом SiO_2 . Залізна руда звичайно містить Al_2O_3 і т. п. у вигляді пустої породи, крім SiO_2 . Потрібно зазначити, що згідно із даним винаходом може бути також використана високосортна залізна руда, вміст SiO_2 в якій складає менше 6 % мас. %. У такому випадку SiO_2 може бути доданий до високосортної залізної руди із зовнішнього джерела таким чином, щоб

10 загальний вміст SiO_2 у суміші залізної руди і SiO_2 становив 6 мас. % або більше.

Приклади вуглецевого матеріалу включають вугілля і кокс. Вуглецевий матеріал повинен містити зв'язаний вуглець в кількості, достатній для відновлення оксиду заліза, що входить до складу речовини, яка містить оксид заліза. Зокрема, вміст зв'язаного вуглецю може становити ± 5 % від вмісту зв'язаного вуглецю, при якому може бути відновлений оксид заліза, який

15 входить до складу речовини, яка містить оксид заліза.

Агломерати можуть включати зв'язуюче і т. п. крім речовини, яка містить оксид заліза, вуглецевого матеріалу і регулюючого температуру плавлення агента. Приклади зв'язуючого включають полісахариди (наприклад, крохмаль, такий, як кукурудзяний крохмаль, і борошно).

Речовину, яка містить оксид заліза, вуглецевий матеріал і регулюючий температуру плавлення агент переважно дроблять перед змішуванням. Речовину, яка містить оксид заліза, переважно дроблять, наприклад, до середнього діаметра зерен від 10 до 60 мкм. Вуглецевий матеріал переважно дроблять, наприклад, до середнього діаметра зерен від 10 до 60 мкм. Регулюючий температуру плавлення агент переважно дроблять, наприклад, до середнього діаметра зерен від 5 до 90 мкм.

25 Спосіб дроблення речовини, яка містить оксид заліза, і т. д. конкретно не обмежений, тому може бути використаний відомий спосіб. Наприклад, можуть бути використані вібромлін, роликова дробарка або кульовий млин.

Змішувач, який використовується для отримання описаної вище суміші сировини, може, наприклад, являти собою змішувач роторного типу або змішувач стаціонарного типу. Приклади

30 змішувача роторного типу включають роторний змішувач циліндричного типу, двоконусний міксер і клиноподібний міксер. Змішувач стаціонарного типу являє собою змішувач, обладнаний обертовим лезом (наприклад, лопаттю), у змішувальній камері.

Приклади агломераційної машини, яка використовується для агломерації описаної вище сировинної суміші, включають тарілковий гранулятор (дископодібний гранулятор), гранулятор барабанного типу (циліндричний гранулятор) і двовалкову брикетувальну машину.

35 Агломерати можуть мати будь-яку форму. Наприклад, агломерати можуть мати форму грудок, гранул, брикетів, котунів або стрижнів. Агломерати переважно мають форму котунів або брикетів.

Як метод відділення залізної руди, яка має низький вміст SiO_2 , від залізної руди із високим вмістом SiO_2 відомий метод магнітної сепарації і метод флотаційної сепарації. Метод магнітної сепарації являє собою метод, який включає відділення магнітного оксиду заліза від немагнітних компонентів пустої породи із використанням магнітної сили, який вимагає, щоб оксид заліза і пуста порода були присутніми окремо. Однак відділення пустої породи є неможливим або ускладненим при використанні багатьох видів залізної руди навіть при дрібному дробленні, і

45 фракція із високим вмістом пустої породи часто не використовується і викидається. Метод флотаційної сепарації являє собою метод, який включає дрібне дроблення залізної руди із високим вмістом SiO_2 для формування шламу і подальше додавання піноутворюючого агента, який викликає флотацію і відділення залізної руди. Однак метод флотаційної сепарації вимагає великих технологічних витрат і не використовується в широкому масштабі для залізної руди.

50 Стадія нагрівання

На стадії нагрівання згідно із даним винаходом важливо здійснювати нагрівання так, щоб частково розплавити агломерати, отримані на описаній вище стадії агломерації, таким чином, щоб зменшити вміст оксиду заліза в агломератах. Іншими словами, важливо нагрівати агломерати при температурі, яка дорівнює або вище температури, при якій агломерати частково плавляться, але нижче температури, при якій агломерати плавляться повністю. Більш

55 конкретно, агломерати подають в нагрівальну піч і нагрівають при температурі в діапазоні від 1200 °C до 1450 °C, наприклад, таким чином, щоб зменшити вміст оксиду заліза в агломератах за допомогою вуглецевого матеріалу і отримати відновлене залізо. У даному температурному діапазоні плавляться тільки деякі із компонентів в агломератах, однак прорив розплаву відбувається рідко, тому агломерати загалом зберігають свою форму і не плавляться.

60

Нагрівання агломератів в даному температурному діапазоні забезпечує отримання відновлених котунів, які містять відновлене залізо і шлак, і т. п., які отримуються всередині пустої породи.

Згідно із даним винаходом нагрівання агломератів переважно здійснюють при температурі на 100 °C вище температури, при якій кількість розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ в агломератах становить 50 мас. % або більше від кількості третинного оксиду. Іншими словами, після визначення складу агломератів температуру t , при якій кількість розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, який міститься в агломератах, становить 50 мас. % або більше від кількості третинного оксиду, визначають в результаті розрахунків, і нагрівання агломератів здійснюють при температурі, щонайменше на 100 °C вище температури t ($t+100$ °C). Здійснення нагрівання при температурі t ($t+100$ °C) або вище забезпечує достатній рівень плавлення пустої породи, яка міститься в агломератах, стимулює агрегацію розплавленої пустої породи і прискорює відділення відновленого заліза від пустої породи. Відповідно, отримана суміш відновленого заліза і шлаку реалізовує хорошу здатність до розділення. В результаті коефіцієнт витягнення відновленого заліза може бути підвищений, а продуктивність відновленого заліза може бути поліпшена.

У тому випадку, якщо агломерати містять MgO , нагрівання переважно здійснюють при температурі на 100 °C вище температури, при якій кількість розплавленої частини четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$, яка міститься в агломератах, становить 50 мас. % або більше від кількості четвертинного оксиду. Іншими словами, після визначення складу агломератів температуру t , при якій кількість розплавленої частини четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ становить 50 мас. % або більше від кількості четвертинного оксиду, отримують в результаті розрахунків, і нагрівання агломератів здійснюють при температурі щонайменше на 100 °C вище температури t ($t+100$ °C).

Кількість розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ і четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ може бути розрахована за допомогою програмних засобів баз термодинамічних даних. У даному винаході були використані FactSage 6.2 (розроблені Thermfact and GTT-Technologies) і бази термодинамічних даних FAST53 і FToxid.

Як нагрівальна піч може бути використана відома піч. Наприклад, може бути використана нагрівальна піч із рухомим шаром. Нагрівальна піч із рухомим шаром являє собою тип нагрівальної печі із подом, який рухається в печі подібно стрічковому конвеєру. Конкретним прикладом такої печі є карусельна піч. Карусельна піч сконструйована таким чином, що зовнішня конфігурація поду є круглою (в формі бублика) і початкова точка і кінцева точка поду знаходяться в одному і тому ж місці. Агломерати, які подаються на під, нагріваються і відновлюються в міру того, як вони здійснюють коло в печі, в результаті чого утворюється відновлене залізо. Відповідно, в карусельній печі завантажувальний пристрій для подачі агломератів в піч розташований на найвіддаленішій верхній стороні в напрямку обертання, а розвантажувальний пристрій розташований на найвіддаленішій нижній стороні (оскільки піч має роторну будову, дана сторона розташована безпосередньо до завантажувального пристрою в реальній печі) в напрямку обертання.

Середній діаметр відновлених зерен заліза всередині відновлених агломератів, які отримуються згідно із даним винаходом, складає приблизно від 1 мкм до 3 мм. Для порівняння, середній діаметр зерен гранульованого металевих заліза, отриманого в результаті повного плавлення агломератів в печі, як в способах (2) і (3), описаних в розділі "Передумови винаходу", становить приблизно 8 мм або більше.

Відновлені котуни, отримані на стадії нагрівання, можуть бути роздроблені, а потім розділені магнітним способом на відновлене залізо і шлак, які витягуються згодом. Як спосіб дроблення відновлених котунів може бути використаний відомий спосіб. Наприклад, можуть бути використані вібрмлин, роликова дробарка, кульовий млин або валковий млин.

Переважні варіанти втілення

Згідно із даним винаходом кількість регулюючого температуру плавлення агент, який домішують, переважно регулюють таким чином, щоб кількість розплавленої частини пустої породи, яка міститься в агломератах, становила 50 мас. % або більше від пустої породи при температурі на 100 °C нижче температури T (°C), яка є максимальною температурою для нагрівання агломератів на описаній вище стадії нагрівання. Іншими словами, в тому випадку, якщо температура нагрівання агломератів вже встановлена, температури плавлення компонентів, які містяться в агломератах, переважно заздалегідь регулюють, використовуючи регулюючий температуру плавлення агент таким чином, що кількість розплавленої частини під час нагрівання збільшується. Склад агломератів може бути відрегульований у результаті домішування регулюючого температуру плавлення агента, виходячи із кількості розплавленої частини пустої породи, при температурі на 100 °C нижче максимальної температури T

нагрівання таким чином, щоб при нагріванні агломератів 50 мас. % або більше пустої породи, яка міститься в агломератах, могли бути напевно розплавлені.

Кількість розплавленої частини пустої породи може бути визначена на основі кількостей трьох компонентів, CaO , SiO_2 і Al_2O_3 , серед компонентів пустої породи в агломератах. Як альтернатива, в тому випадку, якщо агломерати містять MgO , кількість розплавленої частини може бути визначена на основі кількостей чотирьох компонентів, CaO , SiO_2 , Al_2O_3 і MgO .

У даній заявці запитується пріоритет заявки на патент Японії № 2011-253124, яка подана 18 листопада 2011 р. Вся повнота змісту заявки на патент Японії № 2011-253124, яка подана 18 листопада 2011 р., включена сюди за посиланням.

Далі даний винахід буде описаний із конкретними подробицями за допомогою прикладів. Однак описані нижче приклади не обмежують даний винахід, який, природно, може бути втілено із додаванням придатних модифікацій відповідно до суті викладеного вище і нижче опису. Всі подібні модифікації і т. д. входять у технічний обсяг даного винаходу.

ПРИКЛАДИ

Експериментальний приклад 1

Сировинну суміш, яка містить вуглецевий матеріал, регулюючий температуру плавлення агент і залізну руду К, яка має склад, показаний в таблиці 1 нижче, агломерують. Отримані агломерати нагрівають в електричній печі і отримані відновлені котуни дроблять. Роздроблений продукт розділяють магнітним способом з отриманням відновленого заліза. У експериментальному прикладі 1 SiO_2 додають до залізної руди К таким чином, щоб імітувати залізні руди, які мають різні вмісти SiO_2 , і досліджують вплив вмісту SiO_2 в залізній руді на коефіцієнт витягнення відновленого заліза. Потрібно зазначити, що залізна руда К не містить CaO . У даному винаході коефіцієнт витягнення відновленого заліза використовують як індикатор для оцінки властивостей відновленого заліза і шлаку.

Залізна руда К, показана в таблиці 1, містить SiO_2 і Al_2O_3 . Оскільки вміст SiO_2 становить 2,78 мас. %, залізна руда К звичайно відома як високосортна залізна руда. У таблиці 1 "Т. Fe" означає загальний вміст заліза.

SiO_2 додають до залізної руди К таким чином, щоб отримати залізні руди а-с, які мають різні вмісти SiO_2 , для імітації. Склади отриманих таким чином залізних руд а-с показані в таблиці 2. Залізна руда а, показана в таблиці 2, є прикладом, у якому додають 6,2 мас. % SiO_2 відносно всіх агломератів. Залізна руда b, показана в таблиці 2, є прикладом, в якому додають 1,2 мас. % SiO_2 відносно всіх агломератів. Залізна руда с, показана в таблиці 2, є прикладом, у якому додають 6,2 мас. % SiO_2 відносно всіх агломератів. Залізні руди а і с в таблиці 2 імітують низькосортну залізну руду, а залізна руда b імітує високосортну залізну руду.

Залізні руди а-с (= залізна руда К + SiO_2), показані в таблиці 2, вуглецевий матеріал, регулюючий температуру плавлення агент і зв'язуюче змішують, і агломерати, які мають діаметр 19 мм, отримують за допомогою барабанної грануляції. Вуглецевий матеріал, який містить ± 2 % фіксованого вуглецю відносно кількості молів кисню, зв'язаних в оксиді заліза, який міститься в залізній руді, домішують як вуглецевий матеріал. Вапняк (CaCO_3) і кварц домішують як регулюючий температуру плавлення агента. Порошок домішують як зв'язуюче.

У таблиці 3 показані склади агломератів після сушіння. У наведеній нижче таблиці 3 "Т. С." означає загальний вміст вуглецю, "CaO/SiO₂" означає основність, а "CaO+SiO₂+Al₂O₃" означає вміст пустої породи.

Потім агломерати завантажують у електричну піч і нагрівають протягом 18 хвилин, щоб відновити оксид заліза, який міститься в агломератах, і отримати відновлене залізо. Під час даного процесу шлак отримують як побічний продукт. Температура всередині електричної печі становить 1300 °С, а атмосферу в електричній печі регулюють до газоподібного CO_2 :газоподібного $\text{N}_2=30:70$ із розрахунку на об'ємне відношення.

Отримані відновлені котуни дроблять у вібромліні до діаметра 3 мм або менше і здійснюють магнітну сепарацію із використанням магніту. Для магнітної сепарації використовують магнітну силу 2000 гаусів, магнітну силу в районі зразка доводять до 200-500 гаусів і повторюють операцію магнітної сепарації. Склади магнітного матеріалу і немагнітного матеріалу, отриманого в результаті магнітної сепарації, показані в таблиці 4. В даній таблиці "М. Fe" означає вміст металевого заліза. У наведеній нижче таблиці 4 також вказані середні величини вмісту еквівалентних компонентів в роздробленому продукті до магнітної сепарації (колонка, названа "До сепарації" в таблиці 4). Величини, вказані в колонці "До сепарації" в таблиці 4, являють собою величини (середньозважений) вмісту компонентів, кожна з яких отримана множенням масових відношень магнітного матеріалу і немагнітного матеріалу на кількості придатних компонентів і складання результатів.

У таблиці 5 показані співвідношення магнітного матеріалу і немагнітного матеріалу, отриманих в результаті магнітної сепарації, коефіцієнт металізації (MetFe), CaO/SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, $\text{CaO+SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3$ і коефіцієнт витягнення Fe.

Коефіцієнт металізації (MetFe) розраховують за допомогою наступного рівняння:

$$\text{MetFe}(\%) = [\text{вміст металевого заліза (M.Fe)}] / [\text{загальний вміст заліза (T.Fe)}] \times 100$$

Коефіцієнт витягнення Fe магнітного матеріалу і коефіцієнт витягнення Fe немагнітного матеріалу розраховують за допомогою наступного рівняння:

$$\text{Коефіцієнт витягнення Fe магнітного матеріалу}(\%) = [\text{співвідношення магнітного матеріалу}(\%)] \times [\text{T.Fe в магнітному матеріалі}(\%)] / [\text{середнє T.Fe}(\%)]$$

$$\text{Коефіцієнт витягнення Fe немагнітного матеріалу}(\%) = [\text{співвідношення немагнітного матеріалу}(\%)] \times [\text{T.Fe в немагнітному матеріалі}(\%)] / [\text{середнє T.Fe}(\%)]$$

№ 1 і № 3, показані в таблиці 4, являють собою приклади, у яких агломерати нагрівають таким чином, щоб частково їх розплавити (іншими словами, агломерати нагрівають при температурі, яка дорівнює або вище температури, при якій агломерати плавляться частково, але нижче температури, при якій агломерати плавляться повністю). № 2 являє собою приклад, в якому нагрівання здійснюють в таких умовах, щоб вони залишалися нерозплавленими. У №№ 1 і 3, показаних в таблиці 4, магнітна сепарація роздробленого відновленого заліза можлива, але в № 2 магнітна сепарація роздробленого відновленого заліза неможлива. Як очевидно із наведених нижче таблиць 3 і 4, в тому випадку, якщо основність шлаку в агломератах знаходиться в межах діапазону від 0,37 до 0,38, роздроблений продукт, отриманий в результаті дроблення відновлених котунів, отриманих у результаті нагрівання і відновлення агломератів, може бути магнітним способом розділений на магнітний матеріал (в основному, відновлене залізо) і немагнітний матеріал (в основному, шлак). І, навпаки, при доведенні основності шлаку в агломератах до 0,90 роздроблений продукт, отриманий в результаті дроблення відновлених котунів, отриманих в результаті нагрівання і відновлення агломератів, не може бути магнітним способом розділений на магнітний матеріал (в основному, відновлене залізо) і немагнітний матеріал (в основному, шлак).

№ 1 і № 3 в таблиці 3 і таблиці 4 показують, що при відновленні, дробленні і магнітній сепарації агломератів, які містять вуглецевий матеріал і залізну руду, вміст SiO_2 в якій становить 6 мас. % або більше, T.Fe в магнітному матеріалі може бути відрегульований в діапазоні від 75,89 мас. % до 77,87 мас. %, а T.Fe в немагнітному матеріалі може бути відрегульований в діапазоні від 14,63 мас. % до 17,43 мас. %. Оскільки загальний вміст заліза в немагнітному матеріалі може бути знижений, втрата заліза може бути стримана. У той час як вміст SiO_2 в немагнітному матеріалі складає від 46,10 мас. % до 47,20 мас. %, вміст SiO_2 в магнітному матеріалі складає від 11,70 мас. % до 12,87 мас. %, що показує, що велика частина SiO_2 може бути витягнута із немагнітного матеріалу.

Таблиця 1

Залізна руда	Склад залізної руди (мас. %)			
	T.Fe	FeO	SiO_2	Al_2O_3
К	63,18	0,27	2,78	1,89

Таблиця 2

Залізна руда	Склад залізної руди (мас. %)			
	T.Fe	FeO	SiO_2	Al_2O_3
a	58,04	0,25	10,49	1,87
b	62,15	0,27	4,33	1,89
c	58,14	0,25	10,33	1,87

Таблиця 3

Агло- мерати	Залізна руда	Склад агломератів (мас. %)							
		T.Fe	FeO	SiO_2	CaO	Al_2O_3	T.C	Ca/SiO ₂	CaO+SiO ₂ +Al ₂ O ₃
α	A	44,59	0,19	8,62	3,27	2,04	14,50	0,38	13,93
β	b	46,70	0,20	4,05	3,65	2,02	15,02	0,90	9,72
γ	C	44,84	0,19	8,73	3,25	1,99	13,60	0,37	13,97

40

Таблиця 4

№	Агломерати		Склад (мас. %)							
			T.Fe	M.Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	T.C	S
1	α	Магнітна	75,89	69,64	7,75	12,87	4,61	3,08	1,64	0,078
		Немагнітна	14,63	1,97	16,09	47,20	15,89	11,70	5,47	0,138
		До магнітної сепарації	73,39	66,88	8,09	14,27	5,07	3,43	1,80	0,080
2	β	Магнітна сепарація неможлива								
3	γ	Магнітна	77,87	69,48	10,57	11,70	4,38	2,86	0,52	0,073
		Немагнітна	17,43	1,53	18,25	46,10	15,57	11,51	3,64	0,131
		До магнітної сепарації	774,14	65,29	11,04	13,82	5,07	3,39	0,71	0,080

Таблиця 5

№	Агломерати		Спів-віднош. (мас. %)	MetFe (%)	Склад (мас. %)			Коефіцієнт добування Fe (%)
					CaO/SiO ₂	Al ₂ O ₃ /SiO ₂	CaO+SiO ₂ +Al ₂ O ₃	
1	α	Магнітна	95,92	91,76	0,36	0,24	20,56	99,19
		Немагнітна	4,08	13,47	0,34	0,25	74,79	0,81
		До магнітної сепарації	-	88,57	0,36	0,24	22,77	100
2	β	Магнітна сепарація неможлива						
3	γ	Магнітна	93,83	89,23	0,37	0,24	18,94	98,55
		Немагнітна	6,17	8,78	0,34	0,25	73,18	1,45
		До магнітної сепарації	-	84,26	0,37	0,24	22,29	100

Експериментальний приклад 2

- 5 Сировинну суміш, яка містить вуглецевий матеріал, регулюючий температуру плавлення агент і залізну руду L, яка має склад, показаний в таблиці 6, агломерують, отримані агломерати нагрівають в електричній печі, отримані відновлені котуни дроблять і роздроблений продукт розділяють магнітним способом, отримуючи відновлене залізо. У експериментальному прикладі 2 досліджують вплив основності шлаку в агломератах і температури нагрівання в електричній
- 10 печі на вміст SiO₂ в магнітному матеріалі після магнітної сепарації.

Залізна руда L, показана в таблиці 6, містить до 8,61 мас. % SiO₂, але вміст інших компонентів пустої породи є невисоким (вміст CaO: 0,22 мас. %, вміст Al₂O₃: 0,03 мас. %). Залізна руда L має високий вміст FeO, який становить 25,63 мас. %, тому її звичайно називають "магнетитовою рудою".

- 15 Залізну руду L, показану в таблиці 6, вуглецевий матеріал, регулюючий температуру плавлення агент і зв'язуюче змішують, і агломерати δ і ε, які мають діаметр 19 мм, отримують за допомогою барабанної грануляції. Вуглецевий матеріал, який містить ±2 % фіксованого вуглецю відносно кількості молів кисню, зв'язаних в оксиді заліза, який міститься в залізній руді L, домішують як вуглецевий матеріал. Основність шлаку в агломератах регулюють, домішуючи
- 20 вапняк (CaCO₃) і кварц як регулюючий температуру плавлення агент. Як і в експериментальному прикладі 1, порошок домішують як зв'язуюче. У таблиці 7 показаний склад агломератів після сушіння.

- Агломерати завантажують в електричну піч і нагрівають протягом 18 хвилин, щоб відновити оксид заліза в агломератах і отримати відновлені котуни, які містять відновлене залізо і шлак.
- 25 Температура T всередині електричної печі становить 1300 °C або 1350 °C, при цьому всередині електричної печі створюють атмосферу із газоподібного N₂.

Отримані відновлені котуни дроблять до діаметра 3 мм або менше, як в експериментальному прикладі 1, а потім здійснюють магнітну сепарацію із використанням магніту. Склади магнітного матеріалу і немагнітного матеріалу, отриманого в результаті

магнітної сепарації, показані в таблиці 8. В наведеній нижче таблиці 8 також вказані середні величини вмісту еквівалентних компонентів в роздробленому продукті до магнітної сепарації (колонка, названа "До сепарації" в таблиці 8). Величини, вказані в колонці "До сепарації" в таблиці 8, являють собою величини (середньозважений) вмісту компонентів, кожна з яких

отримана відповідним множенням масових співвідношень магнітного матеріалу і немагнітного матеріалу на кількості придатних компонентів і складання результатів.

У таблиці 9 показані співвідношення магнітного матеріалу і немагнітного матеріалу, отриманого в результаті магнітної сепарації, коефіцієнт металізації (MetFe), CaO/SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, $\text{CaO+SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3$ і коефіцієнт витягнення Fe.

№ 5 і № 6, показані в таблиці 8, являють собою приклади, в яких агломерати нагрівають таким чином, щоб частково їх розплавити (іншими словами, агломерати нагрівають при температурі, яка дорівнює або вище температури, при якій агломерати плавляться частково, але нижче температури, при якій агломерати плавляться повністю). № 4 являє собою приклад, в якому нагрівання здійснюють в таких умовах, щоб вони залишалися нерозплавленими. У № 5 і № 6, показаних в таблиці 8, магнітна сепарація роздробленого відновленого заліза неможлива через низьку температуру нагрівання, що становить 1300°C . Таблиці 7 і 8 показують, що в тому випадку, якщо основність шлаку в агломератах регулюється на рівні 0,31 (№ 5 і № 6), роздроблений продукт відновлених котунів, отриманий в результаті нагрівання і відновлення агломератів і дроблення відновлених котунів, може бути магнітним способом розділений на магнітний матеріал (в основному, відновлений оксид) і немагнітний матеріал (в основному, шлак). І, навпаки, навіть в тому випадку, якщо основність шлаку в агломератах доводять до 0,50 (№ 4), роздроблений продукт відновлених котунів, отриманий в результаті нагрівання і відновлення агломератів і дроблення відновлених котунів, не може бути магнітним способом розділений на магнітний матеріал (в основному, відновлений оксид) і немагнітний матеріал (в основному, шлак) при низькій температурі нагрівання.

Порівняння № 5 і № 6 в таблиці 8 показує, що при здійсненні нагрівання при 1300°C вміст SiO_2 в магнітному матеріалі становить 9,21 мас. %, в той час як при здійсненні нагрівання при 1350°C вміст SiO_2 в магнітному матеріалі може бути знижений до 5,73 мас. %. Це показує, що вміст SiO_2 в магнітному матеріалі може бути знижений в результаті нагрівання при високій температурі.

Таблиця 6

Залізна руда	Склад залізної руди (мас. %)						
	T.Fe	FeO	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO	T.C
L	65,14	25,63	8,61	0,22	0,03	0,25	0,04

Таблиця 7

Агло- мерати	Склад агломератів (мас. %)								
	T.Fe	FeO	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO	T.C	CaO/SiO_2	$\text{CaO+SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3$
δ	49,93	19,99	7,25	3,65	0,53	0,24	14,30	0,50	11,43
ε	51,48	20,86	7,48	2,29	0,57	0,25	14,40	0,31	10,34

Таблиця 8

№	Агломе- рати	Темпе- ратура нагрі- вання T ($^\circ\text{C}$)		Склад (мас. %)							
				T.Fe	M.Fe	FeO	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO	T.C
4	δ	1300	Магнітна	80,10	78,80	1,65	11,70	5,78	0,85	0,37	0,87
			Немагнітна	Всі магнітні							
			До магнітної сепарації	80,10	78,80	1,65	11,70	5,78	0,85	0,37	0,87

Продовження таблиці 8

№	Агломерати	Температура нагрівання Т (°C)		Склад (мас. %)							
				T.Fe	M.Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	T.C
5	ε	1300	Магнітна	85,41	83,96	1,86	9,21	2,82	0,71	0,31	0,75
			Немагнітна	4,76	0,93	4,80	61,88	18,40	7,97	1,93	2,78
			До магнітної сепарації	82,13	80,58	1,98	11,35	3,45	1,01	0,38	0,83
6	ε	1350	Магнітна	90,60	89,96	0,92	5,73	1,71	0,56	0,19	0,72
			Немагнітна	4,61	0,91	4,72	61,16	18,05	12,05	1,91	0,24
			До магнітної сепарації	83,43	82,44	1,25	10,35	3,07	1,52	0,33	0,68

Таблиця 9

№	Агломерати		Співвідн. (мас. %)	MetFe (%)	Склад (мас. %)			Коеф. витяг. Fe (%)
					CaO/SiO ₂	Al ₂ O ₃ /SiO ₂	CaO+SiO ₂ +Al ₂ O ₃	
4	δ	Магнітна	100	98,38	0,49	0,07	18,33	100
		Немагнітна	0	-	-	-	-	0
		До магнітної сепарації	-	98,38	0,49	0,07	18,33	100
5	ε	Магнітна	95,93	98,30	0,31	0,08	12,74	99,8
		Немагнітна	4,07	19,54	0,30	0,13	88,25	0,2
		До магнітної сепарації	-	95,09	0,31	0,08	15,81	100
6	ε	Магнітна	91,66	99,18	0,30	0,10	8,00	99,5
		Немагнітна	8,34	19,74	0,30	0,20	91,26	0,5
		До магнітної сепарації	-	92,55	0,30	0,11	14,94	100

Експериментальний приклад 3

5 У експериментальному прикладі 3 досліджують вплив кількості розплавленої частини третинного оксиду CaO-SiO₂-Al₂O₃ в агломератах або кількість розплавленої частини четвертинного оксиду CaO-SiO₂-Al₂O₃-MgO в агломератах і температури нагрівання в електричній печі на результати магнітної сепарації.

10 Сировинну суміш, яка містить вуглецевий матеріал, регулюючий температуру плавлення агент і залізну руду а, яка використовується в описаному вище експериментальному прикладі 1, або залізну руду L, яка використовується в описаному вище експериментальному прикладі 2, агломерують і отримані агломерати нагрівають в електричній печі. Отримані відновлені котуни дроблять, і роздроблений продукт розділяють магнітним способом, отримуючи відновлене залізо. У даному експерименті CaO, SiO₂, Al₂O₃ або MgO додають до залізної руди а або

15 залізної руди L таким чином, щоб отримати агломерати, які мають різні вмісти пустої породи.

Залізну руду а, яка використовується в експериментальному прикладі 1, або залізну руду L, яка використовується в експериментальному прикладі 2, вуглецевий матеріал, регулюючий температуру плавлення агент і зв'язуюче змішують, і агломерати, які мають діаметр 19 мм, отримують за допомогою барабанної грануляції. Вуглецевий матеріал, який містить ±2 %

20 фіксованого вуглецю відносно кількості молів кисню, зв'язаних в оксиді заліза, який міститься в залізній руді L, домішують як вуглецевий матеріал. Вапняк (CaCO₃) і кварц домішують як регулюючий температуру плавлення агент. Як і в експериментальному прикладі 1, порошок домішують як зв'язуюче. У таблиці 10 показані склади агломератів після сушіння, допускаючи, що загальний вміст CaO, SiO₂, Al₂O₃ і MgO становить 100 %.

25 У прикладах із використанням залізної руди а температуру плавлення L.T третинного оксиду CaO-SiO₂-Al₂O₃, який міститься в агломератах, розраховують на основі вмістів CaO, SiO₂ і Al₂O₃ в агломератах після сушіння за допомогою програмних засобів баз термодинамічних даних. У

даному винаході були використані ("FactSage"). Результати показані в таблиці 10. У прикладах із використанням залізної руди L температуру плавлення L.T четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$, який міститься в агломератах, розраховують на основі вмістів CaO , SiO_2 , Al_2O_3 і MgO в агломератах після сушіння за допомогою таких же програмних засобів баз термодинамічних даних. Результати показані в таблиці 10.

Отримані агломерати завантажують в електричну піч і нагрівають протягом 18 хвилин, щоб відновити оксид заліза в агломератах і отримати відновлені котуни, які містять відновлене залізо і шлак. Температура всередині електричної печі становить 1300°C або 1350°C . Атмосфера в електричній печі являє собою газоподібний N_2 (газоподібний N_2 : 100 об. %) для №№ 7-9, в яких використовують залізну руду а, при цьому дану атмосферу регулюють до газоподібного CO_2 :газоподібного $\text{N}_2=30:70$ із розрахунку на об'ємне відношення для №№ 10-12, у яких використовують залізну руду L.

Розрахована величина (T-L.T), отримана в результаті віднімання температури плавлення L.T третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ із температури нагрівання T в електричній печі, або величина (T-L.T), отримана в результаті віднімання температури плавлення L.T четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ із температури нагрівання T в електричній печі, показані в таблиці 10. Негативна величина T-L.T означає, що нагрівання здійснюють при температурі, більш низькій, ніж температура плавлення L.T третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ або температура плавлення L.T четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$.

Кількість розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ при температурі (T- 100°C) на 100°C нижче температури T нагрівання, або кількість розплавленої частини четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ при температурі (T- 100°C) на 100°C нижче температури T нагрівання, розраховують за допомогою описаної вище FactSage. Результати показані в таблиці 10. Для порівняння в таблиці 10 також показані результати розрахунку кількості розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ при температурі (T- 50°C), на 50°C нижче температури T нагрівання, і кількості розплавленої частини четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ при температурі (T- 50°C), на 50°C нижче температури T нагрівання.

Потім отримані відновлені котуни дроблять до діаметра 3 мм або менше, використовуючи кульовий млин або вібромлин, як в описаному вище експериментальному прикладі 1, і відділяють магнітним способом за допомогою магніту. У наведеній нижче таблиці 10 показане співвідношення немагнітного матеріалу (немагнітне співвідношення), отримане в результаті магнітної сепарації.

Таблиця 10

№	Залізна руда	Склад агломератів (мас. %)				L.T ($^\circ\text{C}$)	Темп. нагр. T ($^\circ\text{C}$)	T-L.T ($^\circ\text{C}$)	Вміст розплаву (мас. %)		Немагнітне співвідношення (%)
		CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO				T- 50°C	T- 100°C	
7	а	23,47	61,88	14,64	0	1245	1300	55	100	93	8,84
8	а	37,55	41,67	20,78	0	1320	1300	-20	0	0	0,9
9	а	23,26	62,49	14,24	0	1224	1300	76	100	92	5,64
10	L	31,28	62,13	4,54	2,06	1389	1350	-39	55	46	0
11	L	21,62	70,63	5,38	2,36	1552	1300	-252	65	55	4,07
12	L	21,62	70,63	5,38	2,36	1552	1300	-202	75	65	8,34

На Фіг. 1 показаний взаємозв'язок між немагнітним співвідношенням і величиною (T-L.T), отриманою в результаті віднімання температури плавлення L.T третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ від температури T нагрівання в електричній печі, або величиною (T-L.T), отриманою в результаті віднімання температури плавлення L.T четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ від температури T нагрівання в електричній печі. На фіг.1 результати №№ 7-9 позначені суцільними ромбиками, а результати №№ 10-12 позначені суцільними квадратами. Фіг. 1 показує, що кореляція між T-L.T і немагнітним співвідношенням відсутня. Зокрема, отримані результати показують, що при такому ж високому вмісті SiO_2 в залізній руді а, як і в залізній руді L, немагнітне співвідношення варіюється більш істотно.

На Фіг. 2 показаний взаємозв'язок між немагнітним співвідношенням і кількістю розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ при температурі (T- 100°C) на 100°C нижче температури T нагрівання, або кількістю розплавленої частини четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ при температурі (T- 100°C) на 100°C нижче температури T нагрівання. На Фіг. 2 результати №№ 7-9 позначені суцільними ромбиками, а результати №№ 10-12 позначені

суцільними квадратами. Фіг. 2 показує, що немагнітне співвідношення високе в тому випадку, якщо кількість розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ при температурі на 100°C нижче температури T нагрівання або кількість розплавленої частини четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ при температурі на 100°C нижче температури T нагрівання становить 50 мас. % або більше. Іншими словами, немагнітне співвідношення може бути підвищене за допомогою нагрівання агломератів при температурі, щонайменше на 100°C вище температури, при якій кількість розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ або четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ становить 50 мас. % або більше.

Як описано вище, згідно із даним винаходом може бути поліпшена здатність до розділення заліза/шлаку і підвищений коефіцієнт витягнення відновленого заліза.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб виготовлення суміші відновленого заліза і шлаку, який включає:

стадію агломерації сировинної суміші, яка включає речовину, що містить оксид заліза, вуглецевий матеріал і регулюючий температуру плавлення агент, та стадію нагрівання одержуваних агломератів таким чином, щоб частково розплавити агломерати і, в результаті, відновити оксид заліза, який міститься в агломератах, при цьому дані стадії здійснюють у вказаному порядку,

де регулюючий температуру плавлення агент містить щонайменше речовину, яка постачає CaO , і кількість речовини, яка постачає CaO , що домішують до агломератів, регулюють таким чином, щоб основність (CaO/SiO_2) шлаку, яка визначається на основі вмісту CaO і вмісту SiO_2 в агломератах, становила 0,2 або більше, але менше ніж 0,9.

2. Спосіб виготовлення суміші відновленого заліза і шлаку, який включає:

стадію агломерації сировинної суміші, яка включає речовину, що містить оксид заліза, вуглецевий матеріал і регулюючий температуру плавлення агент, та стадію нагрівання одержуваних агломератів при температурі, яка дорівнює або вище, ніж температура, при якій відбувається часткове плавлення агломератів, але нижче, ніж температура, при якій відбувається повне плавлення агломератів, і, в результаті, відновлення оксиду заліза, що міститься в агломератах,

при цьому дані стадії здійснюють у вказаному порядку,

де регулюючий температуру плавлення агент містить щонайменше речовину, яка постачає CaO , і кількість речовини, яка постачає CaO , що домішують до агломератів, регулюють таким чином, щоб основність (CaO/SiO_2) шлаку, яка визначається на основі вмісту CaO і вмісту SiO_2 в агломератах, становила 0,2 або більше, але менше ніж 0,9.

3. Спосіб за п. 1 або 2, де як речовину, яка постачає CaO , домішують щонайменше одну речовину, вибрану з групи, яка складається з CaO , Ca(OH)_2 і CaCO_3 .

4. Спосіб за п. 1 або 2, де кількість регулюючого температуру плавлення агента, який домішують, регулюють таким чином, щоб кількість розплавленої частини пустої породи, яка міститься в агломератах при температурі на 100°C нижче максимальної температури для нагрівання агломератів, становила 50 мас. % або більше.

5. Спосіб за п. 4, де кількість розплавленої частини пустої породи визначають на основі кількостей трьох компонентів, а саме: CaO , SiO_2 і Al_2O_3 , які містяться в агломератах.

6. Спосіб за п. 4, де кількість розплавленої частини пустої породи визначають на основі чотирьох компонентів, а саме: CaO , SiO_2 , Al_2O_3 і MgO , які містяться в агломератах.

7. Спосіб за п. 1 або 2, де нагрівання агломератів здійснюють при температурі на 100°C вище температури, при якій кількість розплавленої частини третинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, який міститься в агломератах, становить 50 мас. % або більше від третинного оксиду.

8. Спосіб за п. 1 або 2, де нагрівання агломератів здійснюють при температурі на 100°C вище температури, при якій кількість розплавленої частини четвертинного оксиду $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$, який міститься в агломератах, становить 50 мас. % або більше від четвертинного оксиду.

9. Спосіб за п. 1 або 2, де нагрівання агломератів здійснюють при температурі в діапазоні від 1200°C до 1450°C .

10. Спосіб за п. 1 або 2, при цьому як речовину, яка містить оксид заліза, використовують залізну руду, вміст SiO_2 в якій становить 6 мас. % або більше.

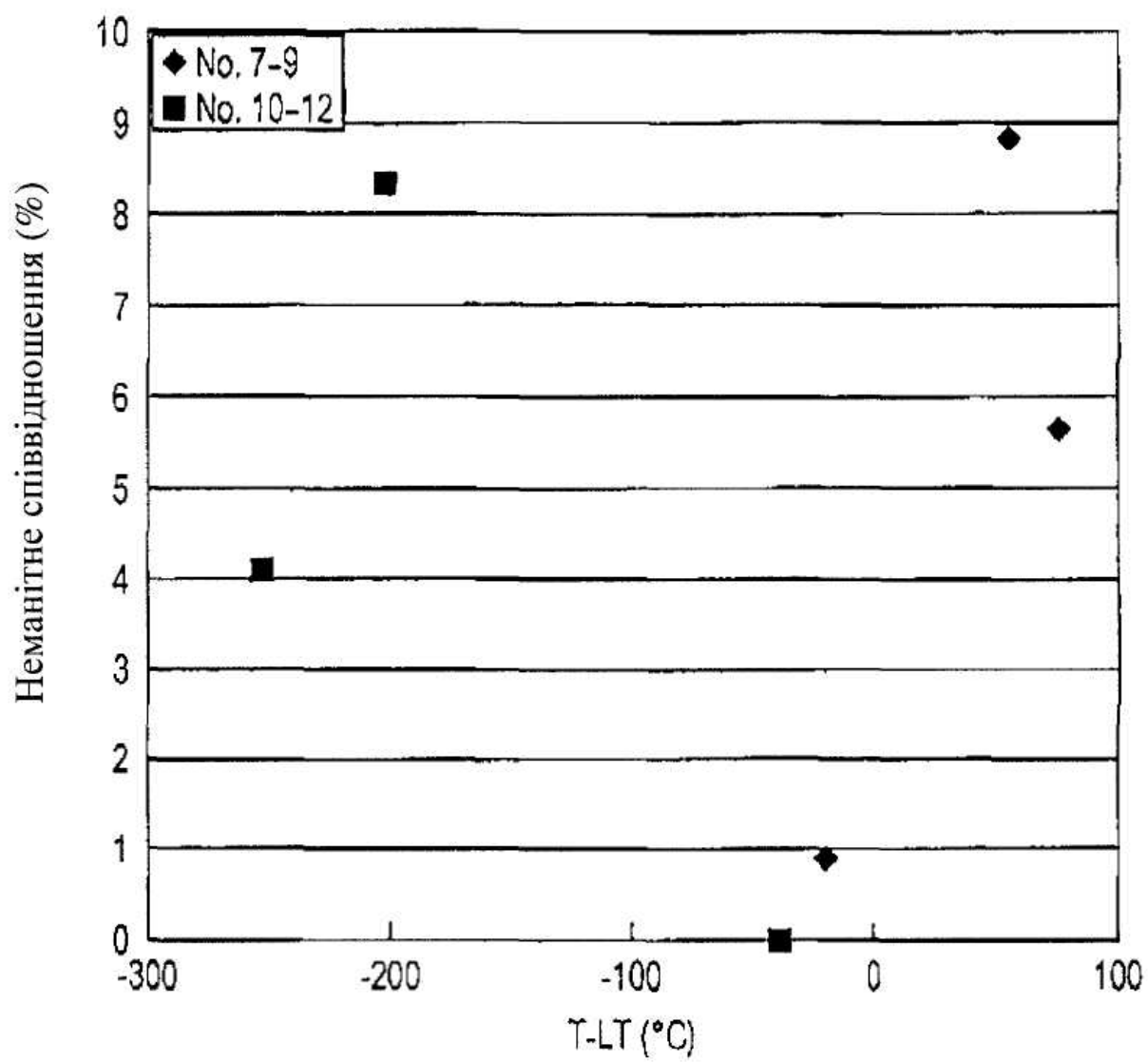
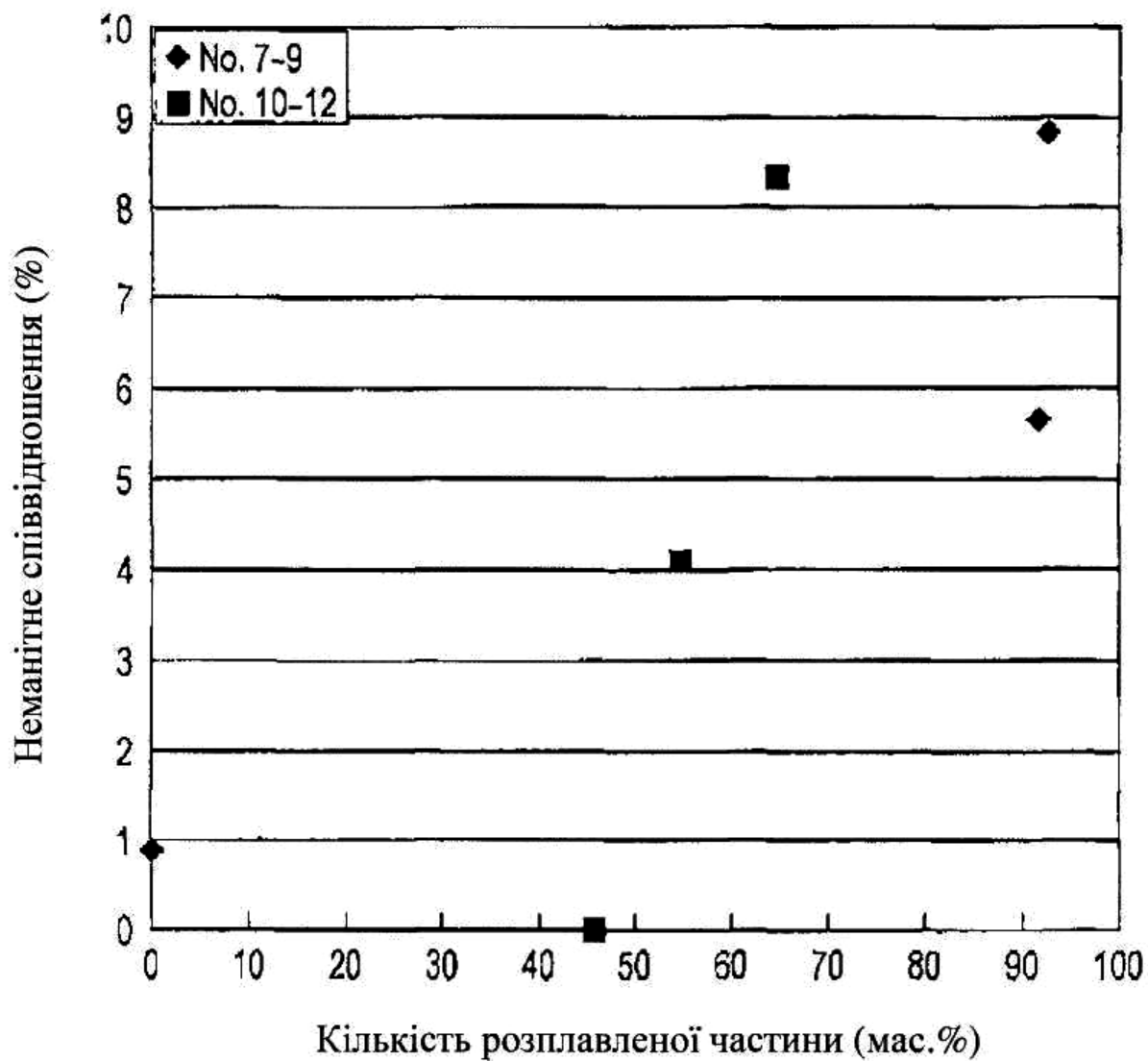


Fig. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

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

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