



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 114520

(13) C2

(51) МПК

C21B 13/10 (2006.01)

C21B 11/08 (2006.01)

C22B 1/244 (2006.01)

C22B 5/10 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

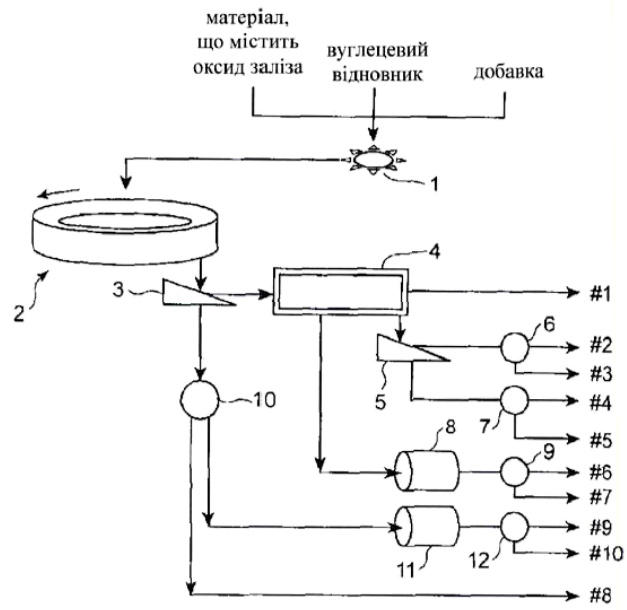
(21) Номер заявки:	а 2015 01849	(72) Винахідник(и):	Сугіяма Такесі (JP), Харада Такао (JP), Сїно Дзуніті (JP), Мімура Цуйосі (JP), Ідзіма Кацуюкі (JP), Ока Таканорі (JP)
(22) Дата подання заявки:	05.08.2013	(73) Власник(и):	КАБУСІКІ КАЙСЯ КОБЕ СЕЙКО СЕ (КОБЕ СТІЛ, ЛТД.), 2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome, Chuoku, Kobe-shi, Hyogo, 6518585, Japan (JP)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	26.06.2017	(74) Представник:	Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	2012-173453, 2012-173454, 2013-090688, 2013-110283	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	RU 2441922 C2, 10.02.2012 JP 2012144788 A, 02.08.2012 JP 2006322075 A, 30.11.2006 JP 2012079630 A, 19.04.2012 JP 2001279333 A, 10.10.2001 JP 2010111941 A, 20.05.2010
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	03.08.2012, 03.08.2012, 23.04.2013, 24.05.2013		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	JP, JP, JP, JP		
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.09.2015, Бюл.№ 18		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	26.06.2017, Бюл.№ 12		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/JP2013/071178, 05.08.2013		

## (54) СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛЕВОГО ЗАЛІЗА

## (57) Реферат:

Перша задача даного винаходу полягає в забезпеченні способу виробництва металевго заліза, за допомогою якого у виробництві металевго заліза шляхом нагрівання агломерату, який включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, в нагрівальній печі з рухомим подом металеве залізо може бути ефективно зібране з відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, отриманого при нагріванні агломерату. Спосіб виробництва металевго заліза згідно з першим варіантом здійснення даного винаходу включає: стадію формування агломерату з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник; стадію завантаження отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і його відновлення шляхом нагрівання; стадію дроблення з використанням ударної дробарки відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, вивантаженого з нагрівальної печі з рухомим подом; і стадію відбору і збирання металевго заліза з використанням сепаратора.

UA 114520 C2



Фіг. 1-1

# ГАЛУЗЬ ТЕХНІКИ, ДО ЯКОЇ НАЛЕЖИТЬ ВІНАХІД

Даний винахід стосується способу виробництва металевого заліза шляхом нагрівання агломерату, який отримується шляхом формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, в нагрівальній печі з рухомим подом.

## РІВЕНЬ ТЕХНІКИ

Способи для виробництва металевого заліза з матеріалу, який містить оксид заліза, такого, як залізняк і т. п., поділяються на декілька типів, залежно від способу відділення компонента пустої породи, включеного в матеріал, який містить оксид заліза.

Процес виготовлення заліза на постійній основі з використанням доменної печі є способом, який дозволяє виробляти найбільшу кількість металевого заліза. Цей спосіб включає використання високоякісного залізняку, що містить мало пустої породи, або використання матеріалу, який містить оксид заліза, що складається із залізняку, вміст заліза в якій був поліпшений за допомогою концентрації, які нагріваються в доменній печі для відновлення і плавлення, і розділяються на компонент пустої породи і переробний чавун (насичене вуглецем залізо) в розплавленому стані, виробляючи тим самим металеве залізо.

Наступним способом за кількістю металевого заліза, яке може бути зроблене, є газовий спосіб прямого відновлення (DR) з використанням природного газу. Цей спосіб включає відновлення котунів, отриманих шляхом спікання надзвичайно високоякісного залізняку, використовуючи природний газ для того, щоб сформувати відновлені котуни, які вміщують в електропіч, плавлять і виплавляють, виробляючи тим самим сталь (маловуглецеву сталь), від якої був повністю відділений компонент пустої породи.

Способи виробництва металевого заліза, розроблені в останні роки, включають спосіб FASTMET, в якому агломерат, отриманий змішуванням матеріалу, який містить оксид заліза, такого, як залізняк і т. п., і вуглецевмісного відновника, такого, як вуглецевий матеріал, нагрівають при високій температурі, близько 1300 °C, для отримання відновленого агломерату, а також спосіб ITmk3, в якому відновлений агломерат додатково нагрівають і плавлять, і отримують шматочки металевого заліза (гранульоване металеве залізо).

Спосіб FASTMET дозволяє повністю відділити компонент пустої породи від сталі шляхом розплавлення і виплавлення отриманого відновленого агломерату в електропечі. Цей спосіб нагадує вищеописаний спосіб прямого відновлення в тому плані, що всі компоненти пустої породи у відновленому агломераті вміщують в електропіч, але відрізняється тим, що відновлений агломерат включає компонент пустої породи у вуглецевмісному відновникові. Введення великої кількості компонента пустої породи в електропіч в газовому способі прямого відновлення і в способі FASTMET збільшує теплоту плавлення електропечі. Відповідно, необхідною попередньою умовою є використання матеріалу, що містить мало пустої породи.

З іншого боку, особливістю способу ITmk3 є те, що шлак практично не переноситься в процесі виробництва сталі, оскільки розділення на металеве залізо і шлак відбувається на поду печі, аналогічно доменному способу, описаному вище. Однак, спосіб доменної печі і спосіб ITmk3 використовують нагрівання при високих температурах, і відповідно вимагають збільшеної енергії, якщо в матеріалі присутня велика кількість компонента пустої породи. Відповідно, необхідною попередньою умовою є використання сировини, яка містить мало пустої породи.

Таким чином, і спосіб FASTMET, і спосіб ITmk3 вимагають настільки малого вмісту в матеріалі компонента пустої породи, наскільки це можливо. Наприклад, відновлений продукт, отриманий шляхом відновлення нагріванням агломерату, що включає залізняк, що має 9% пустої породи (загальна кількість  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), і вугілля, що має зольність 10%, містить 15% шлаку (загальна кількість  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), так що його використання в електропечі або в доменній печі є складним.

Патентні документи PTL 1-3 описують відомі технології для виробництва металевого заліза шляхом нагрівання агломерату, що отримується шляхом змішування матеріалу, який містить оксид заліза, і вуглецевмісного відновника.

Патентний документ PTL 1 описує виконання процесу відновлення шляхом нагрівання суміші, яка містить матеріал оксиду заліза і вугілля, у високотемпературній атмосфері, виконання процесу дроблення отриманого відновленого заліза, а потім сортування за розмірами гранул із заданим розміром зерна як межі. Зокрема, сепаратор гранул використовується для того, щоб відділити і відсортувати зерна, які перевищують середній розмір зерна 100 мкм, і зерна, що мають середній розмір зерна 100 мкм або менше. Зерна, що мають середній розмір зерна 100 мкм або менше, розділяються магнітною силою на зерна, які сильно намагнічуються, що включають великий вміст заліза, і зерна, що слабо намагнічуються, які включають невеликий вміст заліза, і вищезазначені зерна відновленого заліза, що перевищують заданий розмір при розділенні, і вищезазначені зерна, що сильно намагнічуються,

використовуються як відновлене залізо. З іншого боку, зерна, які слабо намагнічуються, включають невеликий вміст заліза і містять багато шлаку, і відповідно повторно використовуються в цементі або асфальті в тому вигляді, як вони є.

Патентний документ PTL 2 описує спосіб виробництва високоякісного відновленого заліза з пилу, що утворюється при виробництві чавуну, у виробництві високоякісного відновленого заліза, в якому отримують котуни, які містять вуглець, що складаються з різних типів пилу і вуглецевого матеріалу, і процес їх відновлення виконують при температурі від 1250 до 1350 °C в печі з обортовим подом. Вказане відновлює пил всередині котунів за допомогою вуглецевого матеріалу, і зерна металевого заліза витягують з використанням процесу, в якому зерна металевого заліза, агреговані масоперенесенням всередині частинки, природним чином відділяються від шлаку з низькою точкою плавлення, що включає FeO, який був зроблений з пустої породи в пилу.

Патентний документ PTL 3 описує спосіб виробництва високочистого гранульованого металевого заліза, в якому виробляються котуни, що містять вуглець, які складаються з матеріалу залізняка і вуглецю, і процес їх відновлення виконується при температурі від 1250 до 1350 °C в печі з обортовим подом, після чого температура печі додатково підіймається до температури від 1400 до 1500 °C для того, щоб спричинити плавлення, викликаючи тим самим агрегацію металевого заліза.

Патентний документ PTL 4 описує спосіб виробництва металевого заліза, в якому кірка металевого заліза формується і вирощується шляхом відновлення нагріванням, і відновлення продовжується доти, поки оксид заліза по суті не вичерпається, в той час як формується агрегат зробленого шлаку.

Патентний документ PTL 5 описує пряме відновлення залізняка при температурі 700 °C або вище, а потім дроблення і розділення з отриманням залізних пластівців і вогнетривких зерен. У цьому патентному документі для просіювання пластівців використовується грохот, що має розмір сітки 20, і пластівці, що залишаються на грохоті, і пуста порода під грохотом, дробляться окремо, після чого виплавлене залізо відділяється і збирається.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ, ЩО ЦИТУЄТЬСЯ

##### ПАТЕНТНА ЛІТЕРАТУРА

PTL 1: Японська нерозглянута опублікована патентна заявка № 2002-363624

PTL 2: Японська нерозглянута опублікована патентна заявка № 10-147806

PTL 3: Японська нерозглянута опублікована патентна заявка № 2002-30319

PTL 4: Японська нерозглянута опублікована патентна заявка № 9-256017

PTL 5: патент США № 6048382

##### СУТЬ ВІНАХОДУ

##### ТЕХНІЧНА ПРОБЛЕМА

Варіант здійснення, описаний у вищезазначеному патентному документі PTL 1, направлений на виробництво відновлених котунів з температурою нагрівання від 1200 до 1300 °C, і не враховує розділення на металеве залізо і шлак на поду нагрівальної печі. Крім того, для дроблення використовується вальцовий прес, але умови його використання не розкриваються, і інші способи дроблення, крім вальцового преса, не згадуються. Далі, відповідно до одного варіанта здійснення чистота заліза становить не більше, ніж 76-90%, навіть для заліза з хорошою чистотою, що має гранулярність 100 мкм або більше. Металеве залізо, що має чистоту такого порядку, важко використовувати як сталеливарний матеріал. Можна передбачити, що причина, через яку чистота заліза становить не більше, ніж 76-90%, полягає в тому, що температура нагрівання і спосіб дроблення не є придатними.

Патентний документ PTL 2 описує просіювання відновленого заліза, отриманого з печі з обортовим подом з використанням сита, і збирання відновленого заліза, що має діаметр 5 мм або більше, як продукту. Ця технологія включає виробництво розплавленого заліза і розплавленого шлаку на поду, і відповідно підпадає під спосіб ITmk3. Однак цей патентний документ не описує процес дроблення, хоча й описує збирання металевого залізного продукту з продукту, що нагрівається/відновлюється, вивантаженого з відновлювальної печі, з використанням грохота і магнітного сепаратора.

Патентний документ PTL 3 описує спосіб розділення повністю розплавленого відновленого заліза на відновлене залізо і шлак. Однак цей патентний документ описує тільки розділення гранульованого металевого заліза, зробленого в печі, і побічного продукту у вигляді шлаку, використовуючи магнітний сепаратор і грохот, а процес дроблення не описується.

Патентні документи PTL 4 і PTL 5 також розкривають технологію, в якій суміш, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевий матеріал, нагрівають, і отримане металеве залізо і шлак розділяють. Однак поліпшення розділюваності металевого заліза і шлаку не

вивчається. Існує також необхідний розвиток способу виробництва металевого заліза, в якому спечене тіло, яке містить металеве залізо, розділюваність якого на металеве залізо і шлак була поліпшена, може бути ефективно розділено на металеве залізо і шлак.

Даний винахід був здійснений в світлі вищеописаних обставин, і відповідно задачею даного винаходу є забезпечення способу виробництва металевого заліза, в якому металеве залізо може бути ефективно зібране. Більш конкретно, першою задачею даного винаходу є забезпечення способу виробництва металевого заліза, в якому металеве залізо може бути ефективно зібране з відновленого продукту, який включає металеве залізо і шлак, отриманого шляхом нагрівання агломерату з матеріалу, який містить оксид заліза, і вуглецевмісного відновника в нагрівальній печі з рухомим подом для отримання металевого заліза.

Другою задачею даного винаходу є забезпечення способу виробництва металевого заліза, в якому металеве залізо може бути ефективно зібране з вивантаженого матеріалу при формуванні агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, нагріванні в нагрівальній печі з рухомим подом, а потім розділенні відходів, вивантажених з печі, на металеве залізо і шлак, і збиранні металевого заліза для отримання металевого заліза.

#### ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ

Суть способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу, який спроможний вирішити вищезазначену проблему, полягає в тому, що спосіб включає:

процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;

процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання;

процес дроблення з використанням дробарки відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом; і

процес сортування з використанням сепаратора і збирання металевого заліза.

У подальших деталях суть способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу, який здатний вирішити першу задачу (надалі також називається першим винаходом), полягає в тому, що цей спосіб включає: процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник; процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання; процес дроблення з використанням ударної дробарки відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом; і процес сортування з використанням сепаратора і збирання металевого заліза.

Спосіб виробництва може додатково включати: процес просіювання відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на грубі частинки і дрібні частинки з використанням грохота а; процес дроблення отриманих грубих частинок з використанням ударної дробарки; а також процес збирання металевого заліза з використанням сепаратора.

Як дробарка можуть використовуватися, наприклад, молоткова дробарка, кліткова дробарка, роторна дробарка, кульова дробарка, вальцьова дробарка або стрижнева дробарка. Як дробарка переважно використовується дробарка, яка застосовує вплив в одному напрямку.

Середня об'ємна густина грубих частинок може становити від 1,2 до 3,5 кг/л.

Грубі частинки можуть бути відділені магнітним способом з використанням магнітного сепаратора перед дробленням грубих частинок, і магнітно притягнута речовина може бути зібрана, і зібрана магнітно притягнута речовина може бути роздроблена.

Як сепаратор можуть використовуватися магнітний сепаратор, повітряний сепаратор або грохот b. У випадку, коли як сепаратор використовується грохот b, матеріал, що пройшов через сито, переважно розділяється з використанням магнітного сепаратора, і металеве залізо збирається після просіювання, виконаного з використанням грохота b. Як грохот b переважно використовується грохот, що має отвори розміром 1-8 мм.

Спосіб виробництва відповідно до даного винаходу переважно додатково включає процес тонкого подрібнення речовини, яка магнітно притягується, отриманої при розділенні з використанням магнітного роздільника, використовуючи млин тонкого помелу. Також переважним є, щоб тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, знову був тонко подрібнений з використанням млина тонкого помелу. Також переважним є, щоб тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, розділявся з використанням магнітного роздільника, і щоб речовина, яка магнітно притягується, збиралася.

Зібрана речовина, яка магнітно притягується, може бути сформована в агломерат.

Як дробарка можуть використовуватися, наприклад, кульова дробарка, стрижнева дробарка, кліткова дробарка, роторна дробарка або вальцюва дробарка.

Вищеописана проблема може також бути вирішена за допомогою способу виробництва металевго заліза, який включає: процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник; процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання; процес розділення відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота а; і процес сортування отриманого матеріалу, що складається з дрібних частинок, з використанням сепаратора, а також збирання металевго заліза.

Як сепаратор переважно використовується магнітний сепаратор, при цьому речовину, що магнітно притягується, отримують шляхом вибирання магнітним сепаратором частинок, що збираються як металеве залізо.

Спосіб виробництва відповідно до даного винаходу може додатково включати процес тонкого подрібнення матеріалу, що складається з дрібних частинок, з використанням млина тонкого помелу, причому металеве залізо, що міститься в отриманому тонкоподрібненому матеріалі, збирають із використанням сепаратора.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу, може бути знову тонко подрібнений з використанням млина тонкого помелу.

Як дробарка можуть використовуватися, наприклад, кульова дробарка, стрижнева дробарка, кліткова дробарка, роторна дробарка або вальцюва дробарка.

Матеріал, що складається з дрібних частинок, може бути магнітно розділений з використанням магнітного сепаратора перед дробленням матеріалу, що складається з дрібних частинок, з використанням млина тонкого помелу, з отриманням речовини, яка магнітно притягується, шляхом її збирання магнітним сепаратором. Зібрана речовина, яка магнітно притягується, може бути сформована в агломерат.

Як грохот а переважно використовується, наприклад, грохот, що має розмір отворів від 2 до 8 мм.

Суть способу виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу, який спроможний вирішити другу задачу (надалі також називається другим винаходом), полягає в тому, що цей спосіб включає: процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник; процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівання, при якому агломерат плавиться для з формуванням розплавленого металевго заліза, розплавленого шлаку і відновленого агломерату; процес охолодження суміші, отриманої в цьому процесі; процес вивантаження твердого матеріалу, отриманого шляхом охолодження, з нагрівальної печі з рухомим подом; процес дроблення з використанням дробарки матеріалу, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, вивантаженого з нагрівальної печі з рухомим подом; і процес сортування отриманого дробленого матеріалу з використанням сепаратора і збирання металевго заліза.

Спосіб виробництва може додатково включати: процес просіювання вивантаженого матеріалу, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на матеріал, що залишився на ситі, і матеріал, який пройшов через сито, з використанням грохота а; процес дроблення отриманого матеріалу, що залишився на ситі, з використанням дробарки; і процес сортування отриманого дробленого матеріалу з використанням сепаратора і збирання металевго заліза.

Як дробарка можуть використовуватися, наприклад, молоткова дробарка, кліткова дробарка, роторна дробарка, кульова дробарка, вальцюва дробарка або стрижнева дробарка.

Матеріал, що залишився на ситі, переважно містить 95% або більше, ніж залізо в еквіваленті до залізного компонента.

Матеріал, що залишився на ситі, може бути магнітно розділений з використанням магнітного сепаратора перед дробленням матеріалу, що залишився на ситі, і речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана і роздроблена.

Як сепаратор може використовуватися, наприклад, магнітний сепаратор, повітряний сепаратор, сито b і т. п. Просіювання може бути виконано з використанням грохота b, після чого матеріал, який пройшов через сито, відділяють з використанням магнітного сепаратора, і металеве залізо збирають. Як грохот b може використовуватися, наприклад, грохот, що має розмір отворів від 1 до 8 мм. Спосіб виробництва може додатково включати процес тонкого

подрібнення з використанням млина тонкого помелу речовини, яка магнітно притягується, отриманої шляхом відбору з використанням магнітного відбірника.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, може бути знову тонко подрібнений з використанням млина тонкого помелу. Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, може бути відділений з використанням магнітного відбірника і речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана. Зібрана речовина, яка магнітно притягується, може бути сформована в агломерат.

Як дробарка можуть використовуватися, наприклад, кульова дробарка, стрижнева дробарка, кліткова дробарка, роторна дробарка або вальцьова дробарка.

Вищеописана проблема може бути вирішена за допомогою способу виробництва металевго заліза, який включає: процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник; процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівання, при якому агломерат плавиться з формуванням розплавленого металевго заліза, розплавленого шлаку і відновленого агломерату; процес охолодження отриманої суміші; процес вивантаження твердого матеріалу, отриманого шляхом охолодження, з нагрівальної печі з рухомим подом; процес просіювання з використанням грохота вивантаженого матеріалу, що містить металеве залізо, шлак, і матеріал покриття поду, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом; і процес сортування з використанням сепаратора матеріалу, який пройшов через сито, отриманого в процесі просіювання, і збирання металевго заліза.

Як сепаратор може використовуватися магнітний сепаратор, і речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом відбору магнітним сепаратором, може бути зібрана як металеве залізо. Даний спосіб може додатково включати: процес тонкого подрібнення отриманої речовини, яка магнітно притягується, з використанням млина тонкого помелу; і процес відділення з використанням сепаратора отриманого тонкоподрібненого матеріалу і збирання металевго заліза.

Даний спосіб може додатково включати процес тонкого подрібнення щонайменше частини матеріалу, який пройшов через сито, отриманого в процесі просіювання, з використанням млина тонкого помелу. Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу, може бути магнітно відділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана. Крім того, тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу, може бути знову тонко подрібнений з використанням млина тонкого помелу.

Зібране металеве залізо або зібрана речовина, яка магнітно притягується, можуть бути сформовані в агломерат.

Млин тонкого помелу може подрібнювати речовину, що магнітно притягується, з допомогою щонайменше одного чинника, вибраного з групи, що складається з сили удару, сили тертя і сил стиснення. Як дробарка переважно використовуються, наприклад, кульова дробарка, стрижнева дробарка, кліткова дробарка, роторна дробарка або вальцьова дробарка.

Як грохот а переважно використовується грохот, що має розмір отворів від 2 до 8 мм.

#### ПЕРЕВАГИ ВИНАХОДУ

Відповідно до першого винаходу і другого винаходу металеве залізо може бути ефективно зібрано.

Детально, відповідно до першого винаходу відновлений продукт, що містить металеве залізо і шлак, який вивантажують з нагрівальної печі з рухомим подом, дроблять шляхом застосування удару, так що металеве залізо і шлак ефективно розділяють. Крім того, відновлений продукт, що містить металеве залізо і шлак, який вивантажують з нагрівальної печі з рухомим подом, розділяють на крупнозернистий матеріал і дрібнозернистий матеріал з використанням грохота і обробляють відповідно до зернистості, так що металеве залізо і шлак ефективно розділяють. Тобто, в той час як металеве залізо може бути ефективно зібрано з використанням сепаратора (наприклад, грохота, магнітного сепаратора і т. д.), металеве залізо може бути зібране ще більш ефективно, комбінуючи тонке подрібнення і сепаратор.

Згідно з другим винаходом, вивантажений матеріал, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який вивантажують з нагрівальної печі з рухомим подом, відповідним чином дроблять або тонко подрібнюють, так що металеве залізо може бути ефективно зібране з вивантаженого матеріалу.

#### КОРОТКИЙ ОПИС КРЕСЛЕНЬ

[Фіг. 1-1] Фіг. 1-1 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє процес виробництва металевго заліза.

[Фіг. 1-2] Фіг. 1-2 являє собою графік, що ілюструє відношення між умовами дроблення і процентом шлаку.

[Фіг. 1-3] Фіг. 1-3 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє приклад конфігурації для безперервного дроблення або тонкого подрібнення.

5 [Фіг. 1-4] Фіг. 1-4 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє інший процес виробництва металевго заліза.

[Фіг. 1-5] Фіг. 1-5 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє ще один процес виробництва металевго заліза.

10 [Фіг. 1-6] Фіг. 1-6 (a) і (b) являють собою схематичні діаграми, що ілюструють інший процес виробництва металевго заліза.

[Фіг. 1-7] Фіг. 1-7 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє інший процес виробництва металевго заліза.

[Фіг. 1-8] Фіг. 1-8 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє загальний вигляд процесу виробництва металевго заліза.

15 [Фіг. 2-1] Фіг. 2-1 являє собою фотографію до діаграми, на якій сфотографовані зовнішні форми металевго заліза D, отриманого за допомогою одного варіанта здійснення.

[Фіг. 2-2] Фіг. 2-2 являє собою графік, що ілюструє гранулометричний розподіл речовини, яка магнітно притягується, і речовини, яка магнітно не притягується.

20 [Фіг. 2-3] Фіг. 2-3 являє собою фотографію до діаграми, на якій сфотографована речовина, яка магнітно притягується, отримана за допомогою одного варіанта здійснення.

[Фіг. 2-4] Фіг. 2-4 являє собою графік, що ілюструє співвідношення між часом дроблення і процентом шлаку.

[Фіг. 2-5] Фіг. 2-5 являє собою графік, що ілюструє гранулометричний розподіл речовини, яка магнітно притягується, і речовини, яка магнітно не притягується.

25 [Фіг. 2-6] Фіг. 2-6 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє інший процес виробництва металевго заліза.

[Фіг. 2-7] Фіг. 2-7 (a) і (b) являють собою схематичні діаграми, що ілюструють інший процес виробництва металевго заліза.

30 [Фіг. 2-8] Фіг. 2-8 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє інший процес виробництва металевго заліза.

[Фіг. 2-9] Фіг. 2-9 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє повне зображення процесу виробництва металевго заліза.

[Фіг. 3-1] Фіг. 3-1 являє собою діаграму процесу для опису способу виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу.

35 [Фіг. 3-2] Фіг. 3-2 являє собою схематичну діаграму для опису конфігурації молоткової дробарки, що використовується в даному винаході.

[Фіг. 3-3] Фіг. 3-3 являє собою діаграму для опису іншого способу виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу.

40 [Фіг. 3-4] Фіг. 3-4 являє собою діаграму для опису іншого способу виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу.

[Фіг. 3-5] Фіг. 3-5 являє собою графік, що ілюструє гранулометричний розподіл (кумулятивна зернистість) порошку, отриманого при дробленні молотковою дробаркою.

[Фіг. 3-6] Фіг. 3-6 являє собою графік, що ілюструє співвідношення між часом дроблення і процентом речовини, яка магнітно не притягується.

45 [Фіг. 3-7] Фіг. 3-7 являє собою графік, що ілюструє співвідношення між часом дроблення і процентом речовини, яка магнітно не притягується.

[Фіг. 3-8] Фіг. 3-8 являє собою графік, що ілюструє співвідношення між часом дроблення і процентом речовини, яка магнітно не притягується.

50 [Фіг. 3-9] Фіг. 3-9 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє інший процес виробництва металевго заліза.

[Фіг. 4-1] Фіг. 4-1 являє собою блок-схему для опису способу виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу.

[Фіг. 4-2] Фіг. 4-2 являє собою блок-схему для опису способу виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу.

55 [Фіг. 4-3] Фіг. 4-3 являє собою блок-схему для опису способу виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу.

#### ОПИС ВАРІАНТІВ ЗДІЙСНЕННЯ

Особливість способу виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу полягає в тому, що спосіб включає:



процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;

процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання;

5 процес дроблення з використанням дробарки відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом; і

процес сортування з використанням сепаратора і збирання металевого заліза.

Зокрема, в даному винаході спосіб виробництва з використанням як дробарки ударної дробарки визначається як "перший винахід".

10 Спосіб виробництва, в якому процес відновлення нагрівання є процесом, в якому агломерат, сформований в процесі формування агломерату, вводять в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівають, і агломерат плавлять з формуванням розплавленого металевого заліза, розплавленого шлаку і відновленого агломерату, спосіб, що додатково включає процес охолодження суміші, отриманої в цьому процесі; і процес вивантаження з нагрівальної печі з рухомим подом твердої речовини, отриманої шляхом охолодження; де в процесі дроблення вивантажений матеріал, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, дроблять з використанням дробарки, визначається як "другий винахід".

Спочатку буде описаний перший винахід.

20 Автори даного винаходу ретельно вивчили поліпшення ефективності збирання металевого заліза і поліпшення продуктивності металевого заліза при нагріванні агломерату, сформованого з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, в нагрівальній печі з рухомим подом для отримання металевого заліза. У результаті було знайдено, що дроблення із застосуванням сильного удару відновленого продукту, що включає металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, відповідним чином розділяє металеве залізо і шлак, так що ефективність збирання поліпшується. Було також знайдено, що розділення відновленого продукту, що включає металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на грубі частинки і дрібні частинки з використанням грохота відповідним чином розділяє металеве залізо і шлак, так що ефективність збирання поліпшується. Відповідно, був виконаний перший винахід.

30 Тепер, після опису рівня техніки, що привів до виконання першого винаходу, будуть описані особливості першого винаходу.

Автори даного винаходу отримували низькосортний залізняк, що включає великий вміст компонента пустої породи, з всього залізняку, і нагрівали агломерат, що містить цей залізняк і вуглецевмісний відновник, в нагрівальній печі з рухомим подом. Відновлені котуни, отримані шляхом цього нагрівання, були тонко роздроблені за допомогою різних типів дроблення, і речовина, яка магнітно притягується, була зібрана магнітним розділенням з використанням магнітного сепаратора. Однак процент шлаку  $[(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{T.Fe} \times 100 \dots (1)]$  речовини, яка магнітно притягується, становив приблизно 17%, і поліпшення сорту заліза було складним.

40 Було знайдено, що у випадку використання низькосортного залізняку з великим вмістом компонента пустої породи плавлення всього агломерату і розділення на металеве залізо і шлак є складним за короткий час нагрівання, що становить 11 хв. або менше на поду нагрівальної печі з рухомим подом, навіть якщо нагрівання здійснюється при температурі приблизно 1300-1350 °C, і після нагрівання гранульоване металеве залізо, розплавлений шлак, порожнисті відновлені котуни, сферичні відновлені котуни і т. д. були перемішаними.

45 Причина цього полягає в наступному. При нагріванні при високій температурі, 1300 °C або вище, підведення тепла за допомогою випромінювання набагато більше, ніж підведення тепла за допомогою теплопередачі між котунами і всередині котунів, але збільшення температури в тих частинах, де кількість теплового випромінювання, що отримується, є невеликою, помітно затримується. Тобто в масштабі окремого котуна низ цього котуна, а в масштабі множини котунів, які знаходяться вертикально один на одному, котуни, що знаходяться під іншими котунами, будуть нагріватися з помітним відставанням. У результаті після короткого проміжку часу, що становить 11 хв. або менше, будуть одночасно співіснувати частини, які розплавлялися, і частини, які залишилися у вигляді відновленого заліза. Зокрема, що більше кількість пустої породи в котунах, то більш вираженою є різниця у відновленому стані, і то більш міцно металеве залізо і шлак прилипають один до одного.

З іншого боку, збільшення часу нагрівання збільшує кількість тепла, що передається, так що вищеописана відмінність у відновленому стані меншає, але при цьому падає економічна ефективність виробництва. Відповідно, продукт повинен бути вивантажений з печі як можна швидше після того, як відновлення завершено.

Автори даного винаходу виявили, що навіть в тому випадку, коли відновлений продукт, вивантажений з печі після нагрівання агломерату в нагрівальній печі з рухомим подом, містить гранульоване металеве залізо, розплавлений шлак, порожнисті відновлені котуни, сферичні відновлені котуни і т. д. в змішаному стані, металеве залізо може бути ефективно зібране при використанні комбінації дроблення, просіювання і розділення з використанням сепаратора. У той час як опис був зроблений передусім відносно випадку використання низькосортного залізняку (матеріалу, який містить оксид заліза), що містить велику кількість пустої породи, даний винахід не обмежується використанням низькосортного залізняку, що містить велику кількість пустої породи, і було підтверджено, що даний винахід також застосовний до випадку використання високоякісного залізняку (матеріалу, який містить оксид заліза), що містить невелику кількість пустої породи.

Далі буде описаний перший винахід.

Особливість способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу полягає в тому, що цей спосіб включає:

процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник (надалі також називається процесом формування агломерату);

процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання (надалі також називається відновленням шляхом нагрівання);

процес дроблення з використанням ударної дробарки відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом (надалі також називається процесом дроблення); і

процес сортування з використанням сепаратора і збирання металевого заліза (надалі також називається процесом збирання металевого заліза).

[Процес формування агломерату]

У процесі формування агломерату агломерат формується з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, виробляючи тим самим агломерат.

Конкретні приклади вищезазначеного матеріалу, який містить оксид заліза, який може використовуватися, включають залізняк, пісок із вмістом частинок залізняку, пил від виробництва чавуну, кольоровий залишок плавлення, відходи виробництва чавуну і т. д.

Як матеріал, який містить оксид заліза, відповідно до даного винаходу може використовуватися не тільки високоякісний матеріал, який містить оксид заліза, що включає невелику кількість пустої породи, а також і низькосортний матеріал, який містить оксид заліза, що містить велику кількість пустої породи, який звичайно не використовувався раніше.

Залізняк буде описаний як репрезентативний приклад матеріалу, який містить оксид заліза. Залізняк містить пусту породу. Пуста порода є компонентом, що складає залізняк, видобутий з шахти (сиру руду), разом з мінералами, що включають корисний метал, і звичайно складається з оксидів, таких, як  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Кількість пустої породи, включеної в залізняк, відрізняється залежно від галузі виробництва, де видобувається залізняк. Залізняк, що містить невелику кількість пустої породи, називають високоякісним залізняком, а залізняк, що містить велику кількість пустої породи, називають низькосортним залізняком.

Використання низькосортного залізняку як вихідної сировини приводить до збільшеної кількості розплавленого шлаку, який перешкоджає теплопередачі до агломерату, і виробництво металевого заліза знижується. Відповідно, низькосортний залізняк раніше рідко використовувався як сировина для заліза. Однак низькосортний залізняк є недорогим, і таким чином його промислове використання є бажаним. Особлива причина полягає в тому, що в той час, як глобальне виробництво сталі підвищується, існує тенденція до зниження кількості високоякісного залізняку, що видобувається, і отже очікується збільшення ціни на високоякісний залізняк.

З іншого боку, відповідно до даного винаходу агломерат відновлюється шляхом нагрівання, а потім дробиться з використанням ударної дробарки, після чого виконується сортування з використанням сепаратора для збирання металевого заліза, як буде описано пізніше, і таким чином металеве залізо може бути ефективно зібране, навіть якщо як сировина використовується низькосортний залізняк, що містить велику кількість пустої породи.

Вищезазначений низькосортний матеріал, який містить оксид заліза, що використовується в даному описі, означає, що процент загальної маси  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  відносно загальної маси заліза (Т. Fe) [процент шлаку =  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{T. Fe} \times 100$ ] становить 10% або більше.  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  для різних типів пустої породи, включеної в матеріал, який містить оксид заліза (наприклад, залізняк), становлять відносно високий процент, і відповідно вони використовуються як представники пустої породи в цьому документі. Процент загальної маси  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  відносно загальної маси заліза визначається як процент шлаку, і матеріал з процентом шлаку 5% або

менше називається високоякісним матеріалом, матеріал, який містить оксид заліза, що має процент шлаку більше, ніж 5%, але не більше, ніж 10%, називається матеріалом, який містить оксид заліза, середньої якості, і матеріал, що має процент шлаку 10% або більше, називається низькосортним матеріалом, який містить оксид заліза. У випадку, коли матеріал містить велику кількість оксиду титану, наприклад, як для піску із вмістом частинок залізняку і т. п., оксид титану також додається до  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при обчисленні процента шлаку. Відповідно до даного винаходу процент шлаку може становити 10% або більше, або може становити менш ніж 10%.

Приклади вуглецевмісного відновника, який може використовуватися, включають вугілля, кокс і т. д.

Для вуглецевмісного відновника досить включати достатню кількість вуглецю для відновлення оксиду заліза, що входить в матеріал, який містить оксид заліза. Зокрема, досить, щоб кількість вуглецю знаходилася в надлишку від 0 до 5 мас.% відносно тих від 0 до 5 мас.%, які можуть відновити оксид заліза, що входить в матеріал, який містить оксид заліза (тобто  $\pm 5$  мас.%).

Суміш, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, переважно додатково містить речовину для керування точкою плавлення.

Речовина для керування точкою плавлення означає матеріал, який впливає на точку плавлення компонентів, відмінних від оксиду заліза, включених в агломерат (особливо пустої породи і зольного компонента), і виключає матеріал, який впливає на точку плавлення металевго заліза. Тобто, шляхом додавання до суміші речовини для керування точкою плавлення температура плавлення компонентів агломерату, крім оксиду заліза (особливо пустої породи і зольного компонента), може бути змінена, і їх температура плавлення можливо, наприклад, знижена. Це сприяє плавленню пустої породи і зольного компонента, формуючи таким чином розплавлений шлак. Частина оксиду заліза розчиняється в розплавленому шлаку в цей час, і відновлюється, і стає металевим залізом в розплавленому шлаку. Металеве залізо, вироблене в розплавленому шлаку, входить в контакт з металевим залізом, відновленим в його твердому стані, і агрегується як тверде відновлене залізо.

Як речовина для керування точкою плавлення переважно використовується речовина для керування точкою плавлення, яка включає щонайменше джерело  $\text{CaO}$ . Переважно як джерело  $\text{CaO}$  додається, наприклад, щонайменше одна речовина, вибрана з групи, що включає  $\text{CaO}$  (негашене вапно),  $\text{Ca(OH)}_2$  (гашене вапно),  $\text{CaCO}_3$  (вапняк) і  $\text{CaMg(CO}_3)_2$  (доломіт).

Вищезазначене джерело  $\text{CaO}$  саме по собі може використовуватися як речовина для керування точкою плавлення, або джерело  $\text{MgO}$ , джерело  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , джерело  $\text{SiO}_2$  і т. п., наприклад, може використовуватися в доповнення до джерела  $\text{CaO}$ .  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  і  $\text{SiO}_2$  також є речовинами, які впливають на точку плавлення інших компонентів, крім заліза (особливо пустої породи), що містяться в агломераті, таким же чином, як і  $\text{CaO}$ , описаний вище.

Як джерело  $\text{MgO}$  переважно додається щонайменше одна речовина, вибрана з групи, яка включає, наприклад, порошок  $\text{MgO}$ ,  $\text{Mg}$ -вмісний матеріал, витягнутий з природної руди або морської води і т. п., і  $\text{MgCO}_3$ . Як джерело  $\text{Al}_2\text{O}_3$  переважно додається, наприклад, порошок  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , боксит, беміт, гібсит, діаспор і т. д. Приклади речовин, які можуть використовуватися як джерело  $\text{SiO}_2$ , включають порошок  $\text{SiO}_2$ , кварцовий пісок і т. д.

Агломерат може додатково включати зв'язувальну речовину і т. п., як компонент, відмінний від матеріалу, який містить оксид заліза, вуглецевмісного відновника і речовини для керування точкою плавлення.

Приклади, які можуть використовуватися як зв'язувальна речовина, включають полісахариди і т. п. (наприклад, крохмаль, такий, як кукурудзяний крохмаль, борошно і т. д., патока і т. д.).

Матеріал, який містить оксид заліза, вуглецевмісний відновник і речовину для керування точкою плавлення переважно подрібнюють перед змішуванням. Наприклад, для матеріалу, який містить оксид заліза, рекомендується середній розмір зерна від 10 до 60 мкм, для вуглецевмісного відновника рекомендується середній розмір зерна від 10 до 60 мкм, і для речовини для керування точкою плавлення рекомендується середній розмір зерна від 5 до 90 мкм.

Засоби, за допомогою яких матеріал, який містить оксид заліза, і т. д. подрібнюють, особливо не обмежуються, і можуть використовуватися відомі засоби. Наприклад, може використовуватися вібраційна дробарка, роликова дробарка, кульова дробарка і т. п.

Як мішалка для перемішування суміші можуть використовуватися, наприклад, мішалка з обертовим контейнером або мішалкою з нерухомим контейнером.

Приклади мішалки з обертовим контейнером, яка може використовуватися, включають обертову циліндричну мішалку, подвійну конусну мішалку, воронкоподібний блендер і т. п.

Приклади мішалки з нерухомим контейнером, яка може використовуватися, включають змішувач, що має в чані для перемішування обертові лопаті (наприклад, лопатки).

Приклади компактора для формування агломерату суміші, який може використовуватися, включають гранулятор з обертовим диском (дисковий гранулятор), циліндричний гранулятор (барабанний гранулятор), двовалковий брикетувальник і т. п.

Форма агломерату особливо не обмежується і може являти собою, наприклад, агрегати, зерна, брикети, котуни, прутки і т. п., і переважно являє собою брикети або котуни.

[Процес відновлення шляхом нагрівання]

У процесі відновлення шляхом нагрівання агломерат, отриманий в описаному вище процесі формування агломерату, вводиться в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівається для відновлення оксиду заліза в агломераті, виробляючи тим самим відновлений продукт, що містить металеве залізо і шлак.

Нагрівальна піч з рухомим подом є нагрівальною піччю, в якій під переміщається через піч як стрічковий конвейєр, її приклади включають піч з обертовим подом і тунельну піч.

Вищезазначена піч з обертовим подом є піччю, в якій під має круглий зовнішній вигляд (форми пончика), так що початкова точка і кінцева точка поду знаходяться в одному і тому ж положенні. Агломерат, що подається на під, відновлюється шляхом нагрівання при проходженні одного кола через піч, виробляючи тим самим металеве залізо (наприклад, губчасте залізо або гранульоване металеве залізо). Відповідно, піч з обертовим подом має засоби завантаження в найбільш далекому положенні проти напрямку обертання для того, щоб подавати агломерат в піч, і засоби розвантаження в найбільш далекому положенні в напрямку обертання (що фактично є таким, що безпосередньо передуює положенню завантаження завдяки обертальній структурі).

Вищезазначена тунельна піч є нагрівальною піччю, в якій під лінійно переміщається через піч.

Агломерат переважно відновлюється шляхом нагрівання при температурі від 1300 до 1500 °C в нагрівальній печі з рухомим подом. Якщо температура нагрівання становить нижче, ніж 1300 °C, металеве залізо і шлак плавляться важко, і високої продуктивності не досягають. З іншого боку, якщо температура нагрівання перевищує 1500 °C, температура газу, що виходить, є високою, що приводить до великих втрат тепла і, відповідно, енергії, а також до пошкодження печі.

Нанесення матеріалу, який покриває під, на під нагрівальної печі з рухомим подом перед завантаженням агломерату в піч також є переважною формою. Нанесення матеріалу, який покриває під, може захистити під.

Речовини, проілюстровані вище як вуглецевмісні відновники, можуть використовуватися як матеріал, який покриває під, а також можуть бути виготовлені вогнетривкі частинки.

Розмір зерна матеріалу, який покриває під, переважно становить 3 мм або менше, так, щоб агломерат або розплавлений матеріал не проникали всередину. Нижня межа розміру зерна матеріалу, який покриває під, переважно становить 0,5 мм або більше, щоб його не здувало згоряючим газом.

[Процес дроблення]

Ударна дробарка використовується в процесі дроблення для того, щоб роздробити відновлений продукт, що містить металеве залізо і шлак, який вивантажується з нагрівальної печі з рухомим подом. Шлак є крихким матеріалом, сформованим з розплавлених оксидів, і відповідно є стійким до тертя, але нестійким до удару і таким, що легко руйнується. З іншого боку, металеве залізо має певний рівень пластичної деформації. Відповідно, в даному винаході до відновленого продукту застосовується сильний удар, який тим самим ламає шлак для того, щоб відділити його від металевого заліза.

Приклади ударної дробарки, яка може використовуватися, включають молоткову дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку, кульову дробарку, вальцюву дробарку, стрижневу дробарку і т. д.

Ударна дробарка переважно є дробаркою, яка застосовує удар в одному напрямку, і з проілюстрованих вище дробарок молоткова дробарка, кліткова дробарка і роторна дробарка є дробарками, які застосовують удар в одному напрямку. Стрижневі дробарки також можуть переважно використовуватися, оскільки вони впускають важкий прут, щоби вмиє застосувати велику силу до об'єкта, що руйнується.

[Процес збирання металевого заліза]

У процесі збирання металевого заліза металеве залізо збирається з подрібненого матеріалу, отриманого в процесі дроблення, шляхом сортування з використанням сепаратора.

Сепаратор може бути об'єднаний з дробаркою, що використовується в процесі дроблення, або може бути передбачений окремо від того сепаратора, який передбачений в дробарці. Альтернативно, дробарка, що не має сепаратора, може використовуватися як дробарка, а сепаратор може бути передбачений окремо.

5 У випадку використання дробарки, яка має сепаратора, фракція грубих частинок, відділена сепаратором, може бути зібрана як металеве залізо (продукт). З іншого боку, фракція дрібних частинок, відділена сепаратором, може бути магнітно відібрана/розділена з використанням магнітного сепаратора, і речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана як металеве залізо (продукт). Речовини, яка магнітно не притягається, відсортовані магнітним сепаратором, є передусім шлаком. Для цього сепаратора достатньо мати грохот.

10 Молоткова дробарка може бути проілюстрована як дробарка, що має сепаратор. Існує молоткова дробарка, в якій як сепаратор передбачений грохот, так що дроблений продукт, подрібнений молотковою дробаркою, просівається в грохоті і розділяється на матеріал, що залишився на ситі (порошок, що залишається вище, ніж грохот), і матеріал, який пройшов через сито (порошок, який пройшов через грохот). Молоткова дробарка може бути забезпечена повітряним сепаратором, і дрібний порошок, подрібнений молотковою дробаркою, може бути окремо витягнутий цим повітряним сепаратором. Дрібний порошок, зібраний повітряним сепаратором, може бути тонко подрібнений з використанням, наприклад, кліткової дробарки, і отриманий тонкоподрібнений матеріал може бути відсортований магнітним сепаратором для розділення на речовину, яка магнітно притягується, і речовину, яка магнітно не притягується. Речовина, яка магнітно притягується, може використовуватися як джерело заліза, а речовина, яка магнітно не притягується, може використовуватися, наприклад, як матеріал для дорожнього покриття, оскільки його основним компонентом є шлак.

20 Металеве залізо переважно збирається з порошку фракції дрібних частинок, яка була відсортована сепаратором, передбаченим в дробарці, і з дробленого продукту, отриманого з використанням дробарки, не забезпеченого сепаратором, з використанням другого сепаратора.

Сепаратор, що використовує відмінність в питомій масі між металевим залізом і шлаком, такий, як повітряний сепаратор або збагачувач і т. п., може використовуватися як другий сепаратор, крім грохота b і магнітного сепаратора.

30 У випадку використання грохота b як другого сепаратора після просіювання з використанням грохота b матеріал, який пройшов через сито, переважно піддається магнітному розділенню з використанням магнітного сепаратора для збирання отриманої речовини, яка магнітно притягується, як металеве залізо. Процент шлаку в зібраному металевому залізі відносно низький. З іншого боку, антимагнітний матеріал, відділений магнітним розділенням з використанням магнітного сепаратора, є передусім шлаком.

35 Після просіювання з використанням грохота b матеріал, що залишився на ситі, є металевим залізом з великим розміром зерен, таким чином, матеріал, що залишився на ситі, може використовуватися як продукт як він є, або може бути виконане магнітне розділення з використанням магнітного сепаратора для збирання отриманої речовини, яка магнітно притягується, як металеве залізо. Матеріал, що залишився на ситі, можна агломерувати, додаючи зв'язувальну речовину і т. п., і формуючи його в брикети і т. п. в міру необхідності. З іншого боку, антимагнітний матеріал, відділений магнітним розділенням з використанням магнітного сепаратора, є передусім шлаком.

40 Як грохот b переважно використовується, наприклад, грохот, що має розмір отворів від 1 до 8 мм.

45 Крім грохота b, як другий сепаратор може використовуватися магнітний сепаратор.

Відомий магнітний сепаратор може використовуватися для сортування на речовини, які магнітно притягаються, і речовини, які магнітно не притягаються. Речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана як металеве залізо (продукт), і може агломеруватися в такі форми, як брикети, і використовуватися як джерело заліза. Потрібно помітити, однак, що у випадку використання магнітного сепаратора металеве залізо з прилиплим до нього шлаком також збирається, таким чином, бажане додаткове тонке подрібнення і відділення компонента шлаку.

50 Потрібно помітити, що даний винахід схожий з відомим способом FASTMET і способом ITmk3 в тому плані, що агломерат, сформований з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, нагріває при високій температурі для отримання металеве заліза (відновлене залізо). Однак, він відрізняється від них тим, що зібраний продукт, що включає металеве залізо і шлак, який вивантажується з нагрівальної печі з рухомих подом, дроблять із застосуванням ударного впливу і сортують із використанням сепаратора для

збирання металевго заліза, зменшуючи таким чином кількість шлаку, що вводиться в процес плавлення, який є наступним процесом.

Спосіб виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу може додатково включати:

5 процес просіювання відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота (надалі також називається процесом просіювання);

10 процес дроблення отриманого матеріалу, що складається з грубих частинок, з використанням ударної дробарки (надалі також називається процесом дроблення матеріалу, що складається з грубих частинок); і

процес сортування з використанням сепаратора і збирання металевго заліза (надалі також називається процесом збирання металевго заліза).

[Процес просіювання]

15 У процесі просіювання вищеописаний відновлений продукт розділяється на крупнозернистий продукт і дрібнозернистий продукт з використанням грохота а. Тобто відновлений продукт, що включає металеве залізо і шлак, який вивантажується з нагрівальної печі з рухомим подом, також включає, наприклад, матеріал покриття поду, так що переважним є відділення і збирання матеріалу покриття поду перед процесом дроблення, який буде описаний пізніше. Відповідно, відновлений продукт просівається з використанням грохота а, отримуючи

20 матеріал, що залишився на ситі, у вигляді матеріалу, що складається з грубих частинок, і матеріал, який пройшов через сито, у вигляді матеріалу, що складається з дрібних частинок.

Розмір отворів грохота а переважно становить трохи більше, ніж розмір зерна матеріалу, який покриває під, наприклад, від 2 до 8 мм.

25 Матеріал, що складається з грубих частинок, є передусім металевим залізом, яке може служити як продукт, але його об'ємна густина розрізняється залежно від процента пустої породи в матеріалі, який містить оксид заліза, і від вуглецевмісного відновника, що використовується, а також від розплавленого стану відновленого продукту всередині нагрівальної печі. Достатньо, щоб об'ємна густина матеріалу, що складається з грубих частинок, становила приблизно від 1,2

30 до 3,5 кг/л.

З іншого боку, матеріал, що складається з дрібних частинок, головним чином являє собою матеріал покриття поду.

[Процес дроблення матеріалу, що складається з грубих частинок]

35 Матеріал, що складається з грубих частинок, отриманий у вищеописаному процесі просіювання, розділяється на металеве залізо і шлак, що складає крупнозернистий матеріал, шляхом застосування удару в процесі дроблення матеріалу, що складається з грубих частинок. Цей процес дроблення матеріалу, що складається з грубих частинок, є тим же самим, що і вищеописаний процес дроблення грубих частинок, відмінних від об'єкта дроблення, що є матеріалом, що складається з грубих частинок.

40 Матеріал, який складається з грубих частинок, може бути підданий магнітному розділенню з використанням магнітного сепаратора перед дробленням в процесі дроблення матеріалу, що складається з грубих частинок, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана. Зібрана речовина, яка магнітно притягується, може бути подрібнена у вищеописаному процесі дроблення матеріалу, що складається з грубих частинок, для того, щоб розділити його

45 на металеве залізо і шлак.

Зібрана речовина, яка магнітно притягується, може бути подрібнена з використанням вищеописаного млина тонкого помелу (процес тонкого подрібнення).

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, може бути знову тонко подрібнений з використанням млина тонкого помелу.

50 Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, може бути розділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана. Ця зібрана речовина, яка магнітно притягується, може бути сформована в агломерат у формі, наприклад, брикетів, і може використовуватися як джерело заліза.

55 Приклади млина тонкого помелу включають кульову дробарку, стрижневу дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку і вальцову дробарку.

Після сортування на металеве залізо і шлак в процесі дроблення матеріалу, що складається з грубих частинок, вони можуть бути розділені з використанням сепаратора, і металеве залізо може бути зібране (процес збирання металевго заліза). Вищеописані процедури можуть

60 використовуватися без зміни для процесу збирання металевго заліза.

Особливість способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу полягає в тому, що спосіб включає:

процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник (процес формування агломерату);

5 процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання (процес відновлення шляхом нагрівання);

процес розділення відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота а (процес просіювання); і

10 процес сортування отриманого матеріалу, що складається з дрібних частинок, з використанням сепаратора і збирання металевого заліза (процес збирання металевого заліза).

Процес формування агломерату, процес відновлення шляхом нагрівання і процес просіювання є тими ж самими, що і описані вище, і таким чином їх опис опускається. Далі буде

15 [Процес збирання металевого заліза]

У процесі збирання металевого заліза металеве залізо сортується і збирається з використанням сепаратора з матеріалу, що складається з дрібних частинок, отриманого в процесі просіювання.

20 Магнітний сепаратор може придатним чином використовуватися як сепаратор для речовини, яка магнітно притягується, отриманої шляхом збирання магнітним сепаратором, точно так само, як і в описі другого сепаратора вище. Може використовуватися той же самий магнітний сепаратор, описаний вище як другий сепаратор. Матеріал, що магнітно не притягується, магнітно відділяється і збирається магнітним сепаратором, передусім матеріал покриття поду.

25 Даний винахід може додатково включати процес тонкого подрібнення дрібнозернистого матеріалу, отриманого в процесі просіювання (в подальшому також званому процесом тонкого подрібнення матеріалу, що складається з дрібних частинок), з використанням млина тонкого помелу, і металеве залізо, що містилося в отриманому тонкоподрібненому матеріалі, може бути зібране з використанням сепаратора. Процес тонкого подрібнення матеріалу, що складається з

30 дрібних частинок, буде описаний нижче більш детально.

[Процес тонкого подрібнення матеріалу, що складається з дрібних частинок]

У процесі тонкого подрібнення матеріалу, що складається з дрібних частинок, матеріал, що складається з дрібних частинок, отриманий в процесі просіювання, тонко подрібнюється з використанням млина тонкого помелу. Тобто матеріал, що складається з дрібних частинок, являє собою металеве залізо і шлак, зв'язані один з одним, і вимірювання процента шлаку в матеріалі, що складається з дрібних частинок, дає величину приблизно 30%, яка є високою. Потрібно зазначити, що процент шлаку обчислюється з використанням наступного виразу (1) на основі кількості  $\text{SiO}_2$  (мас.%), кількості  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (мас.%) і кількостей  $\text{T.Fe}$  (мас.%), що міститься в матеріалі, який складається з дрібних частинок.

40  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{T.Fe} \times 100 \dots (1)$

Конкретні приклади млина тонкого помелу, який може використовуватися, включають кульову дробарку, стрижневу дробарку, кліткову дробарку, обертову дробарку і вальцюву дробарку.

45 Матеріал, що складається з дрібних частинок, може бути підданий відбору з використанням магнітного сепаратора перед тонким подрібненням в процесі дроблення матеріалу, що складається з дрібних частинок, і речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення в магнітному сепараторові, може бути зібрана. Зібрана речовина, яка магнітно притягується, може бути направлена до вищеописаного процесу тонкого подрібнення матеріалу, що складається з дрібних частинок. З іншого боку, речовина, яка магнітно не притягується, магнітно відібрана/розділена в магнітному сепараторові і зібрана, являє собою передусім матеріал покриття поду.

50 Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення матеріалу, що складається з дрібних частинок, може бути знову тонко подрібнений з використанням млина тонкого помелу. Повторення тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу дозволяє прискорити розділення металевого заліза і шлаку.

55 У випадку, коли речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом відбору магнітним сепаратором, має маленький розмір зерна і є складнооброблюваною, вона може бути сформована в агломерат, наприклад, в формі брикету, і може використовуватися як джерело заліза. Замість магнітного сепаратора може використовуватися сепаратор, що використовує

відмінність в питомій масі між металевим залізом і шлаком, такий, як повітряний сепаратор або відсаджувальна машина і т. п.

Далі буде описана модифікація способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу.

- 5 Відповідно до даного винаходу може бути виконана операція, що включає:  
процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;  
процес завантаження отриманого агломерату і додаткового матеріалу (наприклад, матеріалу покриття поду) в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання;
- 10 процес розділення відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота а; і  
процес збирання неметалевого заліза (наприклад, матеріалу покриття поду) з отриманого матеріалу, що складається з дрібних частинок, з використанням сепаратора.
- 15 Відповідно до даного винаходу може бути виконана операція, що включає:  
процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;  
процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання;
- 20 процес розділення відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на перший матеріал, що складається з грубих частинок, і перший матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота а;  
процес подрібнення першого матеріалу, що складається з грубих частинок;
- 25 процес просіювання подрібненого матеріалу, отриманого процесом дроблення, на другий матеріал, що складається з грубих частинок, і другий матеріал, що складається з дрібних частинок; і  
процес тонкого подрібнення першого матеріалу, що складається з дрібних частинок, і другого матеріалу, що складається з дрібних частинок.
- 30 Перший матеріал, що складається з дрібних частинок, відділений з використанням грохота а, може бути магнітно відділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути змішана з другим матеріалом, що складається з дрібних частинок, і потім тонко подрібнена.  
Другий матеріал, що складається з дрібних частинок, отриманий шляхом просіювання
- 35 подрібненого матеріалу, отриманого в процесі дроблення, може бути відділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути змішана з першим матеріалом, що складається з дрібних частинок, і потім тонко подрібнена.  
Відповідно до даного винаходу може бути виконана операція, що включає:
- 40 процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;  
процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання;  
процес розділення відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був
- 45 вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на перший матеріал, що складається з грубих частинок, і перший матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота а;  
процес подрібнення першого матеріалу, що складається з грубих частинок;
- 50 процес просіювання подрібненого матеріалу, отриманого процесом дроблення, на другий матеріал, що складається з грубих частинок, і другий матеріал, що складається з дрібних частинок;  
процес тонкого подрібнення першого матеріалу, що складається з дрібних частинок, і другого матеріалу, що складається з дрібних частинок; і
- 55 процес змішування дробленого матеріалу і другого матеріалу, що складається з грубих частинок, і формування з цієї суміші агломерату.  
Перший матеріал, що складається з дрібних частинок, відділений з використанням грохота а, може бути магнітно відділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути змішана з другим матеріалом, що складається з дрібних частинок, а потім тонко подрібнена.



Другий матеріал, що складається з дрібних частинок, отриманий шляхом просіювання подрібненого матеріалу, отриманого в процесі дроблення, може бути розділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути змішана з першим матеріалом, що складається з дрібних частинок, а потім тонко

5 подрібнена.

Подрібнений матеріал, отриманий в процесі дроблення, може бути розділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути сформована в агломерат.

Крім того, зібраний в кожному процесі матеріал може бути сформований в агломерат і

10 використовуватися як джерело заліза.

Досі описувався перший винахід.

Далі буде описаний другий винахід.

Автори даного винаходу ретельно вивчили поліпшення ефективності збирання металевого заліза і поліпшення продуктивності металевого заліза при нагріванні агломерату, сформованого з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, в нагрівальній печі з рухомих подом, плавленні агломерату для формування розплавленого металевого заліза, розплавленого шлаку і відновленого агломерату, охолоджуванні отриманої суміші всередині печі, вивантаженні з нагрівальної печі з рухомих подом після тверднення і відділення, і збирання металевого заліза з вивантаженого продукту. У результаті було

15

20

знайдено, що придатне дроблення або тонке подрібнення вивантаженого продукту, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомих подом, підвищує ефективність збирання металевого заліза. Відповідно, було знайдено, що продуктивність металевого заліза може бути підвищена, і таким чином був виконаний другий винахід.

25

Тепер, після опису рівня техніки, що привів до виконання другого винаходу, будуть описані особливості другого винаходу.

По-перше, після виконання різних досліджень автори даного винаходу виявили, що при завантаженні агломерату, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, в нагрівальну піч з рухомих подом і нагріванні до плавлення відновлене металеве залізо агрегується і формує зерна з розміром приблизно від 2 до 8 мм. Відповідно, металеве залізо може бути ефективно зібране шляхом збирання продукту, вивантаженого з нагрівальної печі з рухомих подом, що має розмір зерна приблизно від 2 до 8 мм або більше.

30

Однак, навіть якщо агломерат нагрівається в нагрівальній печі з рухомих подом при високій температурі, що становить приблизно 1350-1500 °C, забезпечення постійної температури всього агломерату в стійкому стані є важкою задачею через зміни конкретних умов, таких, як дисипація тепла з печі, кількість і стан перекриття завантаженого матеріалу, і т. д. Відповідно, для того, щоб відновити оксид заліза, що міститься в агломераті, і розділити весь матеріал, що знаходиться на поду нагрівальної печі з рухомих подом, на розплавлене металеве залізо і розплавлений шлак, необхідно або підвищувати температуру доти, поки найнижча температура агломерату не підвищиться настільки, що металеве залізо і шлак розплавляються, або збільшувати час нагрівання. Однак надмірне нагрівання при високій температурі або збільшення часу нагрівання вимагають великих витрат теплової енергії, і є непрактичними. Відповідно, перетворення всього оксиду заліза, що міститься в агломераті, в металеве залізо, що має розмір зерна приблизно від 2 до 8 мм або більше, і його витягання як продукту з високою чистотою заліза є складним. Тобто, навіть якщо розмір зерна становитиме приблизно від 2 до 8 мм або більше, то від 20 до 50% заліза, що міститься в агломераті, будуть являти собою або деформоване гранульоване залізо, що містить всередині шлак, або грудки заліза, в яких численні агломерати, сформовані залізом, відновленим в агломераті (який в подальшому також називається відновленим агломератом), з'єднуються одне з одним, і до них прилипає шлак, або металеве залізо, що зберігає форму оболонки відновленого заліза, і т. п. Якщо присутнє неповністю металеве залізо, змішане зі шлаком таким чином, то чистота залізного продукту є низькою, навіть якщо збирається фракція з розміром зерна приблизно від 2 до 8 мм або більше.

35

40

45

50

Відповідно, в даному винаході було знайдено, що металеве залізо може бути ефективно зібрано дробленням з використанням дробарки вивантаженого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомих подом, а потім сортуванням з використанням сепаратора. Інакше кажучи, обчислення процента шлаку  $[(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{T.Fe} \times 100]$ , що міститься у вивантаженому продукті, дає значення 1,68%, але дроблення цього вивантаженого продукту з використанням дробарки і магнітне розділення з використанням магнітного сепаратора зменшує процент шлаку, що міститься в речовині, що

55

60

магнітно притягується, до 0,72%. Використання гранульованого металевого заліза, що має розмір зерна приблизно від 2 до 8 мм або більше, а також достатнє відділення шлаку може знизити процент шлаку, що міститься до 0,20% або нижче, але навіть при проценті шлаку, що становить приблизно 0,72%, таке залізо є повністю економічно придатним до вживання як

матеріал в плавильній печі для рафінування.

З іншого боку, під час нагрівання агломерату в нагрівальній печі з рухомим подом з порошку і роздроблених шматочків, що утворюються з агломерату, що транспортується в піч, поряд з агломератом і частиною металевого заліза, виробленого в процесі відновлення, в печі може бути сформоване дуже дрібне металеве залізо, які мають розмір зерна 2 мм або менше. Також можуть бути зроблені дуже дрібні частинки металевого заліза, які мають розмір зерна 2 мм або менше, шляхом механічного ударного впливу під час вивантаження агломерату, відновленого в печі, з нагрівальної печі з рухомим подом. У матеріалі, вивантаженому з нагрівальної печі з рухомим подом, вивантажений матеріал, що має розмір зерна 2 мм або менше, містить дуже мало металевого заліза, але передусім є матеріалом покриття поду, введеним в піч для захисту поду, шлаком і т. д., і відповідно просівається, магнітно відділяється і знову використовується як матеріал покриття поду. Спроба зібрати металеве залізо, що міститься в речовині, яка магнітно притягується, отриманій при магнітному відборі/розділенні, потребує операції розділення на металеве залізо і шлак, оскільки ця речовина, яка магнітно притягується, містить велику кількість шлаку (процент шлаку становить, наприклад, приблизно 14%). Якщо не видалити шлак, це металеве залізо має низьку цінність як продукт. Було знайдено, що шлак, що міститься в такій речовині, яка магнітно притягується, прилипає до поверхні металевого заліза, і відповідно шлак може бути видалений шляхом використання млина тонкого помелу, що застосовує щонайменше один тип впливу, вибраний з групи, яка складається з сили удару, сили тертя і сили стиснення, такої, як, наприклад, кульова дробарка або стрижнева дробарка.

Як описано вище, дроблення і тонке подрібнення придатним чином виконується в способі виробництва металевого заліза з використанням нагрівальної печі з рухомим подом, яка є традиційно відомою. Відповідно, кількість шлаку, що міститься в металевому залізі, може бути зменшена, додана вартість металевого заліза може бути помітно збільшена, і відмінність як металеве залізо через експлуатаційні зміни нагрівальної печі з рухомим подом може бути зменшена.

Нижче буде описаний другий винахід.

Особливість способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу полягає в тому, що спосіб включає:

процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник (надалі також називається процесом формування агломерату);

процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівання його так, щоб агломерат плавився для формування розплавленого металевого заліза, розплавленого шлаку і відновленого агломерату (надалі також називається процесом нагрівання);

процес охолодження отриманої суміші (надалі також називається процесом охолодження);

процес вивантаження твердої речовини, отриманої шляхом охолодження, з нагрівальної печі з рухомим подом (надалі також називається процесом вивантаження);

процес дроблення з використанням дробарки вивантаженого матеріалу, що містить металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом (надалі також називається процесом дроблення); і

процес сортування отриманого дробленого матеріалу з використанням сепаратора і збирання металевого заліза (надалі також називається як перший процес збирання металевого заліза).

[Процес формування агломерату]

У процесі формування агломерату агломерат формується з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, виробляючи тим самим агломерат.

Конкретні приклади вищезазначеного матеріалу, який містить оксид заліза, який може використовуватися, включають залізняк, пісок із вмістом частинок залізняку, пил від виробництва чавуну, кольоровий залишок плавлення, відходи виробництва чавуну і т. д.

Приклади вуглецевмісного відновника, який може використовуватися, включають вугілля, кокс і т. д.

Для вуглецевмісного відновника достатньо включати достатню кількість вуглецю для відновлення оксиду заліза, що входить в матеріал, який містить оксид заліза. Зокрема, достатньо, щоб кількість вуглецю знаходилася в надлишку від 0 до 5 мас.% відносно тих від 0

до 5 мас.%, які можуть відновити оксид заліза, що входить в матеріал, який містить оксид заліза.

Суміш, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, переважно додатково містить речовину для керування точкою плавлення.

5 Речовина для керування точкою плавлення означає матеріал, який впливає на точку плавлення компонентів, відмінних від оксиду заліза, включених в агломерат (особливо пустої породи і зольного компонента), і виключає матеріал, який впливає на точку плавлення металевих заліза. Тобто, шляхом додавання до суміші речовини для керування точкою плавлення температура плавлення компонентів агломерату, крім оксиду заліза (особливо пустої породи і зольного компонента), може бути змінена, і їх температура плавлення можливо, 10 наприклад, знижена. Це сприяє плавленню пустої породи і зольного компонента, формуючи таким чином розплавлений шлак. Частина оксиду заліза розчиняється в розплавленому шлаку в цей час, і відновлюється, і стає металевим залізом в розплавленому шлаку. Металеве залізо, вироблене в розплавленому шлаку, входить в контакт з металевим залізом, відновленим в його 15 твердому стані, і агрегується як тверде відновлене залізо.

Як речовина для керування точкою плавлення переважно використовується речовина для керування точкою плавлення, що включає щонайменше джерело CaO. Переважно як джерело CaO додається, наприклад, щонайменше одна речовина, вибрана з групи, що включає CaO (негашене вапно), Ca(OH)<sub>2</sub> (гашене вапно), CaCO<sub>3</sub> (вапняк) і CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (доломіт).

20 Вищезазначене джерело CaO саме по собі може використовуватися як речовина для керування точкою плавлення, або джерело MgO, джерело Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, джерело SiO<sub>2</sub> і т. п., наприклад, може використовуватися в доповнення до джерела CaO. MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і SiO<sub>2</sub> також є речовинами, які впливають на точку плавлення інших компонентів, крім заліза (особливо пустої породи), що містяться в агломераті, таким же чином, як і CaO, описаний вище.

25 Як джерело MgO переважно додається щонайменше одна речовина, вибрана з групи, яка включає, наприклад, порошок MgO, Mg-вмісний матеріал, витягнутий з природної руди або морської води і т. п., і MgCO<sub>3</sub>. Як джерело Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> переважно додається, наприклад, порошок Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, боксит, беміт, гібсит, діаспор і т. д. Приклади речовин, які можуть використовуватися як джерело SiO<sub>2</sub>, включають порошок SiO<sub>2</sub>, кварцовий пісок і т. д.

30 Агломерат може додатково включати зв'язувальну речовину і т. п., як компонент, відмінний від матеріалу, який містить оксид заліза, вуглецевмісного відновника і речовини для керування точкою плавлення.

35 Приклади, які можуть використовуватися як зв'язувальна речовина, включають полісахариди і т. п. (наприклад, крохмаль, такий, як кукурудзяний крохмаль, борошно і т. д., патока і т. д.).

Матеріал, який містить оксид заліза, вуглецевмісний відновник і речовину для керування точкою плавлення переважно подрібнюються перед змішуванням. Наприклад, для матеріалу, який містить оксид заліза, рекомендується середній розмір зерна від 10 до 60 мкм, для вуглецевмісного відновника рекомендується середній розмір зерна від 10 до 60 мкм, і для речовини для керування точкою плавлення рекомендується середній розмір зерна від 5 до 60 мкм.

Засоби, за допомогою яких матеріал, який містить оксид заліза, і т. д. подрібнюють, особливо не обмежуються, і можуть використовуватися відомі засоби. Наприклад, може використовуватися стрижнева дробарка, роликова дробарка, кульова дробарка і т. п.

45 Наприклад, як мішалка для перемішування суміші може використовуватися мішалка з обертовим контейнером або мішалка з нерухомим контейнером.

Приклади мішалки з обертовим контейнером, яка може використовуватися, включають обертову циліндричну мішалку, подвійну конусну мішалку, воронкоподібний блендер і т. п.

50 Приклади мішалки з нерухомим контейнером, яка може використовуватися, включають змішувач, що має в чані для перемішування обертові лопаті (наприклад, лопатки).

Приклади компактора для формування агломерату суміші включають гранулятор з обертовим диском (дисковий гранулятор), циліндричний гранулятор (барабанний гранулятор), двовалковий брикетувальник і т. п.

55 Форма агломерату особливо не обмежується, і може являти собою, наприклад, агрегати, зерна, брикети, котуни, прутки і т. п., і переважно являє собою брикети або котуни.

[Процес нагрівання]

60 У процесі відновлення шляхом нагрівання агломерат, отриманий в описаному вище процесі формування агломерату, вводиться в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівається для плавлення агломерату, формуючи таким чином розплавлене металеве залізо, розплавлений шлак і відновлені агломерати.

Нагрівальна піч з рухомим подом є нагрівальною піччю, в якій під переміщається через піч як стрічковий конвейєр, її приклади включають піч з обертовим подом і тунельну піч.

Вищезазначена піч з обертовим подом є піччю, в якій під має вигляд кола (форми пончика), так що початкова точка і кінцева точка поду знаходяться в одному і тому ж положенні.

5 Агломерат, що подається на під, відновлюється шляхом нагрівання при проходженні одного кола через піч, виробляючи тим самим металеве залізо (наприклад, губчасте залізо або гранульоване металеве залізо). Відповідно, піч з обертовим подом має засоби завантаження в найбільш далекому положенні проти напрямку обертання для подачі агломерату в піч, і засоби розвантаження в найбільш далекому положенні в напрямку обертання (що фактично є таким, 10 що безпосередньо передуює положенню завантаження завдяки обертальній структурі).

Вищезазначена тунельна піч є нагрівальною піччю, в якій під лінійно переміщається через піч.

Агломерат переважно нагрівається в нагрівальній печі з рухомим подом при температурі від 1350 до 1500 °C. Якщо температура нагрівання становить нижче, ніж 1350 °C, агломерат 15 плавиться важко. З іншого боку, якщо температура нагрівання перевищує 1500 °C, температура газу, що виходить, є високою, що приводить до великих втрат тепла і, відповідно, енергії, а також до пошкодження печі.

Нанесення матеріалу, який покриває під, на під нагрівальної печі з рухомим подом перед завантаженням агломерату в піч також є переважною формою. Нанесення матеріалу, який 20 покриває під, може захистити під нагрівальної печі з рухомим подом.

Речовини, проілюстровані вище як вуглецевмісні відновники, можуть використовуватися як матеріал, який покриває під, а також можуть бути виготовлені вогнетривкі частинки.

Розмір зерна матеріалу, який покриває під, переважно становить 3 мм або менше, так, щоб агломерат або розплавлений матеріал не проникали всередину. Нижня межа розміру зерна 25 матеріалу, який покриває під, переважно становить 0,5 мм або більше, щоб його не здувало згоряючим газом.

[Процес охолодження]

У процесі охолодження суміш, отримана в процесі нагрівання (тобто розплавлене металеве залізо, розплавлений шлак і відновлений агломерат), охолоджується в нагрівальній 30 печі з рухомим подом.

У той час як засоби охолодження конкретно не обмежуються, на виході нагрівальної печі з рухомим подом може бути передбачена камера охолодження, в якій немає пальників і через стінки якої проходить охолоджувач, охолоджуючи її.

[Процес вивантаження]

35 У процесі вивантаження тверда речовина, отримана шляхом охолодження в процесі охолодження, вивантажується з нагрівальної печі з рухомим подом. Вивантажена тверда речовина може бути додатково охолоджена за межами нагрівальної печі з рухомим подом.

[Процес дроблення]

40 У процесі дроблення тверда речовина (тобто вивантажений матеріал, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду), вивантажена з нагрівальної печі з рухомим подом в процесі звільнення, дробиться з використанням дробарки.

Як дробарка переважно використовується дробарка, виконана з можливістю застосування ударного впливу до матеріалу, що подрібнюється. Більш переважно використання дробарки, виконаної з можливістю застосування сильного ударного впливу до матеріалу, що 45 подрібнюється. Приклади дробарки, яка може використовуватися, включають молоткову дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку, кульову дробарку, вальцову дробарку, стрижневу дробарку і т. д. Далі, з точки зору сили удару і довговічності переважне використання молоткової дробарки, кліткової дробарки або стрижневої дробарки.

У випадку використання як дробарки молоткової дробарки відстань між прутками решета 50 переважно встановлюється такою, що дорівнює від 5 до 20 мм. Якщо відстань між прутками решета встановлюється дуже великою, частка матеріалу, вивантаженого без дробильного впливу, збільшується, і таким чином верхня межа переважно становить 20 мм. З іншого боку, якщо відстань між прутками решета стає меншою 5 мм, що є дуже маленькою відстанню, вплив повинен застосовуватися багато разів доти, поки діаметр зерна не стане таким, що дорівнює 55 або менше цієї відстані. Це є небажаним, оскільки при цьому відбувається надмірне подрібнення, а також збільшується спрацювання машини і витрачається дуже багато енергії. Відповідно, нижня межа переважно становить 5 мм. Більш переважна відстань між прутками решета становить від 10 до 15 мм. Причина цього полягає в тому, що у випадку, коли присутнє коливання температур при стандартних експлуатаційних умовах, процент вивантаженого

матеріалу, діаметр зерна якого знаходиться в діапазоні від 10 до 15 мм, становить приблизно 50%.

[Перший процес збирання металевго заліза]

У першому процесі збирання металевго заліза дроблений продукт, отриманий у вищеописаному процесі дроблення, сортується з використанням сепаратора, і металеве залізо збирається. Іншими словами, металеве залізо, зібране з вищезазначеного дробленого продукту, містить мало шлаку і може використовуватися як продукт як воно є.

Спосіб за даним винаходом може включати:

процес просіювання з використанням грохота а вивантаженого матеріалу, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на матеріал, що залишився на ситі, і матеріал, який пройшов через сито (надалі також називається процесом просіювання);

процес дроблення з використанням дробарки отриманого матеріалу, що залишився на ситі (процес дроблення); і

процес сортування отриманого дробленого матеріалу з використанням сепаратора і збирання металевго заліза (процес збирання металевго заліза).

[Процес просіювання]

У процесі просіювання вивантажений матеріал, що містить металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який вивантажується з нагрівальної печі з рухомим подом, просівається з використанням грохота а.

Як грохот а переважно використовується грохот, що має розмір отворів від 2 до 8 мм. Якщо розмір отворів становить менш ніж 2 мм або більш ніж 8 мм, поліпшення ефективності збирання металевго заліза стає складним, навіть якщо цей процес об'єднаний з тонким подрібненням і магнітним розділенням, які будуть описані пізніше.

Матеріал, що залишився на ситі, отриманий в процесі просіювання, включає 95% або менше, ніж залізо в термінах вмісту заліза, і матеріал, що залишився на ситі, містить розплавлене металеве залізо, розплавлений шлак, неповністю розплавлене металеве залізо, неповністю розплавлений шлак і т. д.

Матеріал, що залишився на ситі, отриманий в процесі просіювання, може бути підданий магнітному розділенню магнітним відбірником перед дробленням дробаркою, і зібрана речовина, яка магнітно притягується, може бути подрібнена. Речовина, яка магнітно не притягується, зібрана з використанням магнітного сепаратора, може бути подрібнена з використанням дробарки, і отриманий подрібнений матеріал може бути знову магнітно розділений з використанням магнітного сепаратора. Повторення тонкого подрібнення і магнітного розділення дозволяє прискорити розділення металевго заліза і шлаку, і швидкість збирання металевго заліза може бути підвищена. Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом повторного виконання магнітного розділення магнітним сепаратором, може бути зібрана як металеве залізо, яке може збільшити процент збирання металевго заліза. Речовина, яка магнітно не притягується, є передусім шлаком і практично не містить металевго заліза, і таким чином може бути перероблена як сировина, така, як матеріал для дорожнього полотна і т. п.

Як сепаратор може використовуватися магнітний сепаратор, повітряний сепаратор, грохот b і т. п.

У випадку використання грохота b як сепаратора, після просіювання з використанням грохота b матеріал, який пройшов через сито, переважно піддається магнітному розділенню з використанням магнітного сепаратора для збирання отриманої речовини, яка магнітно притягується, як металевго заліза. Процент шлаку в зібраному металевому залізі є відносно низьким. З іншого боку, антимагнітний матеріал, відділений магнітним розділенням з використанням магнітного сепаратора, є передусім шлаком.

Після просіювання з використанням грохота b матеріал, що залишився на ситі, являє собою металеве залізо, розмір зерна якого є великим, і таким чином матеріал, що залишився на ситі, може використовуватися як продукт як він є, або може бути виконане магнітне розділення з використанням магнітного сепаратора для збирання отриманої речовини, яка магнітно притягується, як металевго заліза. Матеріал, що залишився на ситі, може бути сформований в агломерат шляхом додавання зв'язувальної речовини і т. п. і формування його в брикети і т. п. в міру необхідності. З іншого боку, речовина, яка магнітно не притягується, відділена магнітним розділенням з використанням магнітного сепаратора, є передусім шлаком.

Як грохот b переважно використовується, наприклад, грохот, що має розмір отворів від 1 до 8 мм.

Даний винахід може додатково включати процес тонкого подрібнення для тонкого подрібнення за допомогою млина тонкого помелу речовини, яка магнітно притягується, отриманої шляхом відбору з використанням магнітного сепаратора. Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, може бути знову тонко подрібнений з використанням млина тонкого помелу. Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, може бути розділений з використанням магнітного сепаратора, при цьому отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана як металеве залізо. Ця зібрана речовина, яка магнітно притягується, може бути сформована в агломерат, наприклад, в формі брикетів, і може використовуватися як джерело заліза.

Приклади млина тонкого помелу включають кульову дробарку, стрижневу дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку і вальцову дробарку. У випадку, коли об'єкт, що подрібнюється є дрібним, застосування сили удару стає складним, і розділення металевих заліза і шлаку ускладнюється. Відповідно, переважним є використання кліткової дробарки або роторної дробарки. Причина цього полягає в тому, що кліткова дробарка або роторна дробарка здатні застосовувати сильний вплив навіть до дрібних зерен.

Далі буде описаний інший спосіб виробництва металевих заліза відповідно до даного винаходу.

Особливість даного винаходу полягає в тому, що він включає:

процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник (процес формування агломерату);

процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівання його так, щоб агломерат плавився з формуванням розплавленого металевих заліза, розплавленого шлаку і відновленого агломерату (процес нагрівання);

процес охолодження отриманої суміші (процес охолодження);

процес вивантаження твердої речовини, отриманої шляхом охолодження, з нагрівальної печі з рухомим подом (процес вивантаження);

процес просіювання з використанням грохота вивантаженого матеріалу, що містить металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом; і

процес сортування матеріалу, який пройшов через сито, отриманого в процесі просіювання, з використанням сепаратора, і збирання металевих заліза (надалі також називається другим процесом збирання металевих заліза).

З вищезазначених процесів процес формування агломерату, процес нагрівання, процес охолодження, процес вивантаження і процес просіювання є тими ж самими, що і описані вище, і таким чином їх опис буде опущений, а другий процес збирання металевих заліза буде описаний більш детально.

[Другий процес збирання металевих заліза]

У другому процесі збирання металевих заліза металеве залізо сортується і збирається з використанням сепаратора з матеріалу, який пройшов через сито, отриманого в процесі просіювання. З іншого боку, практично вся інша маса, крім металевих заліза, відсортованого з використанням сепаратора, є шлаком і практично не містить металевих заліза, і таким чином може використовуватися як сировина, така, як матеріал для дорожнього полотна або матеріал для поліпшення ґрунту і т. п.

Магнітний сепаратор може придатним чином використовуватися як сепаратор, наприклад, для отримання речовини, яка магнітно притягується, що збирається як металеве залізо (надалі також називається процесом збирання речовини, яка магнітно притягується).

Іншими словами, в процесі збирання речовини, яка магнітно притягується, матеріал, який пройшов через сито, отриманий в процесі просіювання, магнітно відділяється з використанням магнітного сепаратора, і речовина, яка магнітно притягується, збирається. З іншого боку, магнітно відділена речовина, яка магнітно не притягується, майже цілком є матеріалом покриття поду, і може бути перероблена.

Даний винахід може додатково включати процес тонкого подрібнення млином тонкого помелу речовини, яка магнітно притягується, зібраної в процесі збирання речовини (надалі також називається процесом тонкого подрібнення), що магнітно притягується, і

Збиральний процес сортування отриманого тонкоподрібненого матеріалу з використанням сепаратора і збирання металевих заліза.

Достатньо, щоб млин тонкого помелу був пристроєм, який застосовує до речовини, яка магнітно притягується, щонайменше один вплив, вибраний з групи, яка складається з сили удару, сили тертя і сили стиснення для того, щоб відділити шлак від речовини, яка магнітно притягується, застосовуючи силу удару, силу тертя або силу стиснення.

Приклади млина тонкого помелу, який може використовуватися, включають кульову дробарку, стрижневу дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку, вальцюву дробарку і т. д. Крім того, молоткова дробарка може використовуватися як млин тонкого помелу.

Даний винахід може додатково включати в операції процес тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу щонайменше частини матеріалу, який пройшов через сито, отриманого в процесі просіювання. Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу, може бути підданий магнітному розділенню з використанням магнітного сепаратора, і речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана. Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу, може бути знову тонко подрібнений з використанням млина тонкого помелу. У даному варіанті здійснення матеріал, який пройшов через сито, може бути підданий магнітному розділенню з використанням магнітного сепаратора перед тонким подрібненням матеріалу, який пройшов через сито для збирання речовини, яка магнітно притягується, із зібраної речовини, яка магнітно притягується, що підлягає тонкому подрібненню.

Металеве залізо, зібране шляхом сортування з використанням сепаратора, і речовина, яка магнітно притягується, зібрана відбором з використанням магнітного сепаратора, може бути сформована в агломерат в формі, наприклад, брикетів, і може використовуватися як джерело заліза.

Далі буде описана модифікація способу виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу.

Відповідно до даного винаходу може бути виконана операція, що включає:

процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;

процес введення отриманого агломерату і відновлювального додаткового матеріалу (наприклад, матеріалу покриття поду) в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівання для того, щоб розплавити агломерат і сформувати розплавлене металеве залізо, розплавлений шлак і відновлені агломерати;

процес охолодження отриманої суміші;

процес вивантаження твердої речовини, отриманої шляхом охолодження, з нагрівальної печі з рухомим подом;

процес розділення з використанням грохота а вивантаженого матеріалу, що містить металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який вивантажується з нагрівальної печі з рухомим подом, на матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал, що складається з дрібних частинок; і

процес збирання з використанням сепаратора неметалевого заліза (наприклад, матеріалу покриття поду) з отриманого матеріалу, що складається з дрібних частинок.

Відповідно до даного винаходу може бути виконана операція, яка включає:

процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;

процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівання для того, щоб розплавити агломерат і сформувати розплавлене металеве залізо, розплавлений шлак і відновлені агломерати;

процес охолодження отриманої суміші;

процес вивантаження твердої речовини, отриманої шляхом охолодження, з нагрівальної печі з рухомим подом;

процес розділення з використанням грохота а вивантаженого матеріалу, що містить металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який вивантажується з нагрівальної печі з рухомим подом, на перший матеріал, що складається з грубих частинок, і перший матеріал, що складається з дрібних частинок;

процес тонкого подрібнення першого матеріалу, що складається з грубих частинок;

процес просіювання тонкоподрібненого матеріалу, отриманого в процесі тонкого подрібнення, на другий матеріал, що складається з грубих частинок, і другий матеріал, що складається з дрібних частинок; і

процес тонкого подрібнення першого матеріалу, що складається з дрібних частинок і другого матеріалу, що складається з дрібних частинок.

Перший матеріал, що складається з дрібних частинок, отриманий шляхом просіювання з використанням грохота а, може бути магнітно розділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути змішана з другим матеріалом, що складається з дрібних частинок, а потім тонко подрібнено.

Другий матеріал, що складається з дрібних частинок, отриманий шляхом просіювання тонкоподрібненого матеріалу, отриманого в процесі тонкого подрібнення, може бути магнітно розділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути змішана з першим матеріалом, що складається з дрібних частинок, а потім тонко подрібнено.

Відповідно до даного винаходу може бути виконана операція, яка включає:

процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;

процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівання для плавлення агломерату і формування розплавленого металевго заліза, розплавленого шлаку і відновленого агломерату;

процес охолодження отриманої суміші;

процес вивантаження отриманої твердої речовини з нагрівальної печі з рухомим подом;

процес розділення з використанням грохота а вивантаженого матеріалу, що містить металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який вивантажується з нагрівальної печі з рухомим подом, на перший матеріал, що складається з грубих частинок, і перший матеріал, що складається з дрібних частинок;

процес тонкого подрібнення першого матеріалу, що складається з грубих частинок;

процес просіювання тонкоподрібненого матеріалу, отриманого в процесі тонкого подрібнення, на другий матеріал, що складається з грубих частинок, і другий матеріал, що складається з дрібних частинок;

процес тонкого подрібнення першого матеріалу, що складається з дрібних частинок і другого матеріалу, що складається з дрібних частинок; і

процес змішування цього тонкоподрібненого матеріалу і другого матеріалу, що складається з грубих частинок, і формування з нього агломерату.

Перший матеріал, що складається з дрібних частинок, отриманий шляхом просіювання з використанням грохота а, може бути магнітно розділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути змішана з другим матеріалом, що складається з дрібних частинок, а потім тонко подрібнена.

Другий матеріал, що складається з дрібних частинок, отриманий шляхом просіювання тонкоподрібненого матеріалу, отриманого в процесі тонкого подрібнення, може бути магнітно розділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути змішана з першим матеріалом, що складається з дрібних частинок, а потім тонко подрібнена.

Цей тонкоподрібнений матеріал може бути магнітно розділений з використанням магнітного сепаратора, і отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути сформована в агломерат.

Матеріал, зібраний в кожному процесі, може бути сформований в агломерат і може використовуватися як джерело заліза.

Згідно зі способом для виробництва металевго заліза за даним винаходом, матеріал, вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, придатним чином дробиться або тонко подрібнюється, так що металеве залізо може бути ефективно зібране.

Таким чином був описаний другий винахід.

Навіть після виконання вищеописаного першого винаходу і вищеописаного другого винаходу автори даного винаходу ретельно вивчили підвищення ефективності збирання металевго заліза і поліпшення продуктивності металевго заліза при нагріванні агломерату, сформованого з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, в нагрівальній печі з рухомим подом і виробництві металевго заліза. У результаті було знайдено, що

(1) Застосування ударного впливу і тонкого подрібнення до відновленого продукту, що включає металеве залізо і шлак, який вивантажується з нагрівальної печі з рухомим подом, придатним чином розділяє металеве залізо і шлак, і таким чином ефективність збирання металевго заліза поліпшується,

(2) сортування вивантаженого матеріалу в магнітному сепараторові і дроблення речовини, яка магнітно притягується, шляхом застосування ударного впливу дозволяє заздалегідь відділити шлак як речовину, яка магнітно не притягується, і таким чином ефективність збирання металевго заліза додатково поліпшується,

(3) сортування з використанням грохота, що має заданий розмір отворів, перед дробленням відновленого продукту дозволяє ефективно подрібнити відновлений продукт, і таким чином ефективність збирання металевго заліза поліпшується, і



(4) придатне керування умовами для ударного дроблення відновленого продукту поліпшує ефективність дроблення відновленого продукту, і таким чином ефективність збирання металевго заліза поліпшується. Таким чином був виконаний третій винахід.

Тепер, після опису рівня техніки, що привів до виконання третього винаходу, будуть описані особливості третього винаходу.

Автори даного винаходу підготували низькосортний залізняк, який включає великий вміст компонента пустої породи, з усього залізняку, і нагрівали агломерат, що містить цей залізняк і вуглецевмісний відновник, в нагрівальній печі з рухомим подом. Відновлені котуни, отримані шляхом цього нагрівання, були тонко роздроблені за допомогою різних типів дроблення, і речовина, яка магнітно притягується, була зібрана магнітним розділенням з використанням магнітного сепаратора. Однак процент шлаку  $[(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{T.Fe} \times 100 \dots (1)]$  речовини, яка магнітно притягується, становив приблизно 17%, і поліпшення сорту заліза було складним.

Було знайдено, що у випадку використання низькосортного залізняку з великим вмістом компонента пустої породи плавлення всього агломерату і розділення на металеве залізо і шлак є складним за короткий час нагрівання, що становить 11 хв. або менше на поду нагрівальної печі з рухомим подом, навіть якщо нагрівання здійснюється при температурі приблизно 1300-1350 °C, і після нагрівання гранульоване металеве залізо, розплавлений шлак, порожнисті відновлені котуни, сферичні відновлені котуни і т. д. були перемішаними. Причина цього полягає в наступному. При нагріванні при високій температурі, 1300 °C або вище, підведення тепла за рахунок випромінювання набагато більше, ніж підведення тепла за допомогою теплопередачі між котунами і всередині котунів, але збільшення температури в тих частинах, де кількість теплового випромінювання, що отримується, є невеликою, помітно затримується. Тобто в масштабі окремого котуна низ цього котуна, а в масштабі множини котунів, які знаходяться вертикально один на одному, котуни, що знаходяться під іншими котунами, будуть нагріватися з помітним відставанням. У результаті після короткого проміжку часу, що становить 11 хв. або менше, будуть одночасно співіснувати частини, які розплавилися, і частини, які залишилися у вигляді відновленого заліза. Зокрема, що більше кількість пустої породи в котунах, то більш вираженою є різниця у відновленому стані, і то більш міцно металеве залізо і шлак прилипають один до одного.

З іншого боку, збільшення часу нагрівання збільшує кількість тепла, що передається, так що вищеописана відмінність у відновленому стані меншає, але при цьому падає економічна ефективність виробництва. Відповідно, продукт повинен бути вивантажений з печі якомога швидше після того, як відновлення завершено.

Автори даного винаходу виявили, що навіть в тому випадку, коли відновлений продукт, вивантажений з печі після нагрівання агломерату в нагрівальній печі з рухомим подом, містить гранульоване металеве залізо, розплавлений шлак, порожнисті відновлені котуни, сферичні відновлені котуни і т. д. в змішаному стані, металеве залізо може бути ефективно зібране при використанні комбінації дроблення, просіювання і розділення з використанням сепаратора.

У той час як опис був зроблений передусім відносно випадку використання низькосортного залізняку (матеріалу, який містить оксид заліза), що містить велику кількість пустої породи, даний винахід не обмежується використанням низькосортного залізняку, що містить велику кількість пустої породи, і було підтверджено, що даний винахід також застосовний до випадку використання високоякісного залізняку (матеріалу, який містить оксид заліза,), що містить невелику кількість пустої породи.

Далі буде описаний третій винахід.

Особливість способу виробництва металевго заліза полягає в тому, що цей спосіб включає: процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник (надалі також називається процесом формування агломерату); процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання (надалі також називається процесом відновлення шляхом нагрівання), процес застосування ударного впливу з використанням дробарки до матеріалу, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, який є відновленим продуктом, що включає металеве залізо і шлак (надалі також називається процесом дроблення), процес просіювання отриманого подрібненого матеріалу з використанням грохота а, що має отвори розміром від 3 до 5 мм (надалі також називається процесом просіювання а); і процес збирання матеріалу, що залишився на грохоті, як металевго заліза (надалі також називається процесом а збирання металевго заліза). У той час як ці процеси є необхідними умовами, такі процеси, як просіювання, тонке подрібнення, магнітне розділення і т. д., можуть придатним чином бути об'єднані і додані. Спосіб виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу буде описаний з посиланням на Фіг. 3-1.

Фіг. 3-1 являє собою діаграму процесу для опису способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу. Тут 101 - зовнішній вигляд нагрівальної печі з рухомим подом, яка є прикладом нагрівальної печі з рухомим подом, 102 - дробарка, 103 - грохот, що має отвори розміром від 3 до 5 мм, і 104 - металеве залізо. Потрібно зазначити, що Фіг. 3-1 ілюструє приклад способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу, але даний винахід не обмежується схемою, зображеною на Фіг. 3-1.

[Процес формування агломерату]

У процесі формування агломерату агломерат формується з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, виробляючи тим самим агломерат.

Конкретні приклади вищезазначеного матеріалу, який містить оксид заліза, який може використовуватися, включають залізняк, пісок із вмістом частинок залізняку, пил від виробництва чавуну, кольоровий залишок плавлення, відходи виробництва чавуну і т. д. Залізняк буде описаний як репрезентативний приклад матеріалу, який містить оксид заліза. Залізняк містить пусту породу. Пуста порода є компонентом, що становить залізняк, видобутий з шахти (сиру руду), разом з мінералами, що включають корисний метал, і звичайно складається з оксидів, таких, як  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Кількість пустої породи, включеної в залізняк, відрізняється залежно від галузі виробництва, де видобувається залізняк. Залізняк, що містить невелику кількість пустої породи, називають високоякісним залізняком, а залізняк, що містить велику кількість пустої породи, називають низькосортним залізняком.

Високоякісний матеріал, який містить оксид заліза, що містить невелику кількість пустої породи, може використовуватися як матеріал, який містить оксид заліза, відповідно до даного винаходу, але також може використовуватися і низькосортний матеріал, який містить оксид заліза, що містить велику кількість пустої породи, який звичайно не використовувався раніше. Використання низькосортного залізняку як вихідної сировини приводить до збільшеної кількості розплавленого шлаку, який перешкоджає теплопередачі до агломерату, і виробництво металевого заліза знижується. Відповідно, низькосортний залізняк раніше рідко використовувався як сировина для заліза. Однак низькосортний залізняк є недорогим, і таким чином його промислове використання є бажаним. Особлива причина полягає в тому, що в той час, як глобальне виробництво сталі підвищується, існує тенденція до зниження кількості високоякісного залізняку, що видобувається, і отже очікується збільшення ціни на високоякісний залізняк. З іншого боку, відповідно до даного винаходу агломерат відновлюється шляхом нагрівання, а потім дробиться з використанням ударної дробарки, після чого виконується відбір, з використанням сепаратора, що має розмір отворів від 3 до 5 мм, для того, щоб зібрати металеве залізо, і таким чином металеве залізо може бути ефективно зібране, навіть якщо як сировина використовується низькосортний залізняк, що містить велику кількість пустої породи.

Вищезазначений низькосортний матеріал, який містить оксид заліза, що використовується в даному описі, означає, що процент загальної маси  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  відносно загальної маси заліза (T.Fe) [процент шлаку =  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{T.Fe} \times 100$ ] становить 10% або більше.  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  для різних типів пустої породи, включеної в матеріал, який містить оксид заліза (наприклад, залізняк), становлять відносно високий процент, і відповідно вони використовуються як представники пустої породи в даному описі. Процент загальної маси  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  відносно загальної маси заліза визначається як процент шлаку, і матеріал з процентом шлаку 5% або менше називається високоякісним матеріалом, який містить оксид заліза, матеріал, що має процент шлаку більше, ніж 5%, але не більше, ніж 10%, називається матеріалом, який містить оксид заліза, середньої якості, і матеріал, що має процент шлаку 10% або більше, називається низькосортним матеріалом, який містить оксид заліза. У випадку, коли матеріал містить велику кількість оксиду титану, наприклад, як для піску із вмістом частинок залізняку і т. п., оксид титану також додається до  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при обчисленні процента шлаку. Відповідно до даного винаходу процент шлаку може становити 10% або більше, або може становити менш ніж 10%.

Приклади вуглецевмісного відновника, який може використовуватися, включають вугілля, кокс і т. д. Для вуглецевмісного відновника достатньо включати достатню кількість вуглецю для відновлення оксиду заліза, що входить в матеріал, який містить оксид заліза. Зокрема, достатньо, щоб кількість вуглецю знаходилася в надлишку від 0 до 5 мас.% відносно тих від 0 до 5 мас.%, які можуть відновити оксид заліза, що входить в матеріал, який містить оксид заліза (тобто  $\pm 5$  мас.%).

Суміш, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, переважно додатково містить речовину для керування точкою плавлення. Речовина для керування точкою плавлення означає матеріал, який впливає на точку плавлення компонентів, відмінних від оксиду заліза, включених в агломерат (особливо пустої породи і зольного компонента), і виключає матеріал, який впливає на точку плавлення металевого заліза. Іншими

словами, шляхом додавання до суміші речовини для керування точкою плавлення температура плавлення компонентів агломерату, крім оксиду заліза (особливо пустої породи і зольного компонента), може бути змінена, і їх температура плавлення можливо, наприклад, знижена. Це сприяє плавленню компонентів, відмінних від оксиду заліза (особливо пустої породи),  
 5 формуючи таким чином розплавлений шлак. Частина оксиду заліза розчиняється в розплавленому шлаку в цей час, і відновлюється і стає металевим залізом в розплавленому шлаку. Металеве залізо, вироблене в розплавленому шлаку, входить в контакт з металевим залізом, відновленим в його твердому стані, і агрегується як тверде відновлене залізо.

Як речовина для керування точкою плавлення переважно використовується речовина для  
 10 керування точкою плавлення, що включає щонайменше джерело CaO. Переважно як джерело CaO додається, наприклад, щонайменше одна речовина, вибрана з групи, що включає CaO (негашене вапно),  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (гашене вапно),  $\text{CaCO}_3$  (вапняк) і  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (доломіт).

Вищезазначене джерело CaO саме по собі може використовуватися як речовина для керування точкою плавлення, або джерело MgO, джерело  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , джерело  $\text{SiO}_2$  і т. п.,  
 15 наприклад, може використовуватися в доповнення до джерела CaO. MgO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  і  $\text{SiO}_2$  також є речовинами, які впливають на точку плавлення інших компонентів, крім заліза (особливо пустої породи), що містяться в агломераті, таким же чином, як і CaO, описаний вище. Як джерело MgO переважно додається щонайменше одна речовина, вибрана з групи, яка включає, наприклад, порошок MgO, Mg-вмісний матеріал, витягнутий з природної руди або морської води і т. п., і  
 20  $\text{MgCO}_3$ . Як джерело  $\text{Al}_2\text{O}_3$  переважно додається, наприклад, порошок  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , боксит, беміт, гібсит, діаспор і т. д. Приклади речовин, які можуть використовуватися як джерело  $\text{SiO}_2$ , включають порошок  $\text{SiO}_2$ , кварцовий пісок і т. д.

Агломерат може додатково включати зв'язувальну речовину і т. п., як компонент, відмінний від матеріалу, який містить оксид заліза, вуглецевмісного відновника і речовини для керування  
 25 точкою плавлення. Приклади, які можуть використовуватися як зв'язувальна речовина, включають полісахариди і т. п. (наприклад, крохмаль, такий, як кукурудзяний крохмаль, борошно і т. д., патока і т. д.).

Матеріал, який містить оксид заліза, вуглецевмісний відновник і речовина для керування точкою плавлення переважно подрібнюються перед змішуванням. Наприклад, для матеріалу,  
 30 який містить оксид заліза, рекомендується середній розмір зерна від 10 до 60 мкм, для вуглецевмісного відновника рекомендується середній розмір зерна від 10 до 60 мкм, і для речовини для керування точкою плавлення рекомендується середній розмір зерна від 5 до 90 мкм, який досягається дробленням.

Засоби, за допомогою яких матеріал, який містить оксид заліза, і т. д. подрібнюють, особливо не обмежуються, і можуть використовуватися відомі засоби. Наприклад, може  
 35 використовуватися вібраційна дробарка, роликова дробарка, кульова дробарка і т. п.

Як мішалка для перемішування суміші можуть використовуватися, наприклад, мішалка з обертовим контейнером або мішалкою з нерухомим контейнером. Приклади мішалки з  
 40 обертовим контейнером, яка може використовуватися, включають обертову циліндричну мішалку, подвійну конусну мішалку, воронкоподібний блендер і т. п. Приклади мішалки з нерухомим контейнером, яка може використовуватися, включають змішувач, що має в чані для перемішування обертові лопати (наприклад, лопатки).

Приклади компактора для формування агломерату суміші, який може використовуватися, включають гранулятор з обертовим диском (дисковий гранулятор), циліндричний гранулятор  
 45 (барабанний гранулятор), двовалковий брикетувальник і т. п. Форма агломерату особливо не обмежується, і може являти собою, наприклад, агрегати, зерна, брикети, котуни, прутки і т. п., і переважно являє собою брикети або котуни.

[Процес відновлення шляхом нагрівання]

У процесі відновлення шляхом нагрівання агломерат, отриманий в описаному вище процесі  
 50 формування агломерату, вводиться в нагрівальну піч 101 з рухомим подом, проілюстровану на Фіг. 3-1, і нагрівається для відновлення оксиду заліза в агломераті, виробляючи тим самим відновлений продукт, що містить металеве залізо і шлак.

Нагрівальна піч з рухомим подом є нагрівальною піччю, в якій під переміщається через піч як стрічковий конвейєр, приклади чого включають піч з обертовим подом і тунельну піч.  
 55 Вищезазначена піч з обертовим подом є піччю, в якій під має вигляд кола (форми пончика), так що початкова точка і кінцева точка поду знаходяться в одному і тому ж положенні. Агломерат, що подається на під, відновлюється шляхом нагрівання при проходженні одного кола через піч, виробляючи тим самим металеве залізо (наприклад, губчасте залізо або гранульоване металеве залізо). Відповідно, піч з обертовим подом має засоби завантаження в найбільш  
 60 далекому положенні проти напрямку обертання для подачі агломерату в піч, і засоби

розвантаження в найбільш далекому положенні в напрямку обертання (що фактично є таким, що безпосередньо передусь положенню завантаження завдяки обертальній структурі). Вищезазначена тунельну піч є нагрівальною піччю, в якій під лінійно переміщається через піч.

Агломерат переважно відновлюється шляхом нагрівання при температурі від 1300 до 1500 °C в нагрівальній печі з рухомим подом. Якщо температура нагрівання становить нижче, ніж 1300 °C, металеве залізо і шлак плавляться важко, і високої продуктивності не досягають. З іншого боку, якщо температура нагрівання перевищує 1500 °C, температура газу, що виходить, є високою, що приводить до великих втрат тепла і, відповідно, енергії, а також до пошкодження печі.

Нанесення матеріалу, який покриває під, на під нагрівальної печі з рухомим подом перед завантаженням агломерату в піч також є переважною формою. Нанесення матеріалу, який покриває під, може захистити під. Речовини, проілюстровані вище як вуглецевмісні відновники, можуть використовуватися як матеріал, який покриває під, а також можуть бути виготовлені вогнетривкі частинки. Розмір зерна матеріалу, який покриває під, переважно становить 3 мм або менше, так, щоб агломерат або розплавлений матеріал не проникали всередину. Нижня межа розміру зерна матеріалу, який покриває під, переважно становить 0,5 мм або більше, щоб його не здувало згоряючим газом.

#### [Процес дроблення]

Ударна дробарка 102 використовується в процесі дроблення для того, щоб роздібнити відновлений продукт, отриманий в процесі відновлення шляхом нагрівання (див. Фіг. 3-1). Продукт, відновлений в процесі, в якому агломерат, що містить вуглецевмісний відновник, нагрівається до температури від 1300 до 1500 °C і вивантажується, включає металеве залізо з різними розмірами зерна, шлак, а також різні злипли агрегати, і додатково також включає відновлені котуни, тобто в ньому перемішані металеве залізо, пуста порода, матеріал захисту поду і т. д. Досить складним є ефективне отримання з такого відновленого продукту за допомогою просіювання і магнітного відбору/розділення високоякісного металевого заліза, яке може подаватися в електропіч.

Однак, шлак є крихким матеріалом, сформованим з розплавлених оксидів, і відповідно є стійким до тертя, але нестійким до удару і таким, що легко руйнується. З іншого боку, металеве залізо має певний рівень пластичної деформації.

Відповідно, в даному винаході до відновленого продукту застосовується сильний удар, який тим самим ламає шлак для відділення його від металевого заліза.

Ударна дробарка переважно є дробаркою, яка застосовує удар в одному напрямку, і може використовуватися, наприклад, молоткова дробарка, кліткова дробарка і т. п. Пристрої, які в основному прикладають до відновленого продукту силу тиску, такі, як роликова дробарка, виключаються.

Швидкість руху лез засобів дроблення, які застосовують ударний вплив до відновленого продукту і передбачені в молотковій дробарці або в клітковій дробарці, становить переважно від 30 до 60 м/с при дробленні відновленого продукту в дробарці. Термін "засіб дроблення" стосується молотків, передбачених в молотковій дробарці, або ударних стрижнів, передбачених в клітковій дробарці. У випадку, коли швидкість руху лез засобів дроблення становить менше, ніж 30 м/с, дроблення відновленого продукту є неповним, і залишається велика кількість металевого заліза з прилиплим до нього шлаком, так що кількість шлаку, що міститься в металевому залізі, збільшується. Відповідно, швидкість руху лез засобів дроблення переважно становить 30 м/с або більше. З іншого боку, у випадку, коли швидкість руху лез засобів дроблення перевищує 60 м/с, сила удару є надмірною, і металеве залізо також дробиться в дрібний порошок, що має діаметр зерна, наприклад, 1 мм або менше. Внаслідок цього виходить перемішаний стан дрібного порошку металевого заліза і дрібного порошку шлаку. Навіть якщо виконується магнітний відбір/розділення, шлак включається в речовину, що магнітно притягується, і таким чином хороше розділення металевого заліза і шлаку стає складним. Крім того, металеве залізо, що має розмір зерна 3 мм або більше, може використовуватися як сирий компонент в електропечі без яких-небудь змін, але металеве залізо, що має розмір зерна 1 мм або менше, створює складнощі з обробкою при його завантаженні в електропіч. Відповідно, швидкість руху лез засобів дроблення переважно становить 60 м/с або менше, переважно 55 м/с або менше, і ще більш переважно 50 м/с або менше.

Тривалість дроблення відновленого продукту становить переважно від 3 до 10 с. Що довше тривалість дроблення, то більшу кількість разів відбувається вплив засобів дроблення на відновлений продукт, що приводить до надмірного подрібнення як металевого заліза, так і шлаку, що містяться у відновленому продукті, і виникають проблеми, описані вище. Відповідно, тривалість дроблення переважно становить 10 с або менше, більш переважно 8 с або менше. З

точки зору поліпшення продуктивності металевго заліза тривалість дроблення переважно повинна бути настільки короткою, наскільки це можливе, але нижня межа для дроблення шлаку становить приблизно 3 с, більш переважно 5 с або більше.

5 Переважно використовується молоткова дробарка, в якій вал обертання молотків дробарки  
нахилений відносно горизонтального напрямку. Нахил вала обертання молотків відносно  
горизонтального напрямку забезпечує безперервне вивантаження дробленого продукту з  
дробарки назовні. Іншими словами, вже існуючі молоткові дробарки були розроблені з метою  
дроблення всієї кількості матеріалу, що подрібнюється, який вводиться в молоткову дробарку,  
до певного розміру зерна або менше. Звичайно для цього молоткова дробарка забезпечується  
10 решето. Матеріал, що подрібнюється, введений в молоткову дробарку, дробиться  
безперервно доти, поки він не пройде крізь передбачене решето. Однак матеріал, що  
подрібнюється, в даному винаході включає в перемішаному вигляді частинки металевго заліза,  
які містять приблизно 2% вуглецю і мають розмір зерна від 5 до 15 мм, і є надзвичайно  
твердими і практично не містять шлаку всередині, відновлений матеріал, що має форму котуна і  
15 містить усередині себе шлак, частинки шлаку, що містять всередині дрібні частинки металевго  
заліза, дрібні частинки металевго заліза, до яких прилип шлак, і т. д. З них частинки  
металевго заліза, які мають діаметр зерна від 5 до 15 мм, є високоякісним залізом, і таким  
чином немає ніякої необхідності в їх дробленні, і все, що необхідно, це лише відділити їх і  
видалити з них шлак, прилиплий до їх поверхні. З іншого боку, відновлений матеріал, що має  
20 форму котуна і містить всередині себе шлак, частинки шлаку, що містять всередині дрібні  
частинки металевго заліза, дрібні частинки металевго заліза, до яких прилип шлак, і т. д.,  
потребують розділення на металеве залізо і шлак шляхом застосування ударного впливу.  
Однак не існує молоткових дробарок, які здібні до такого безперервного дроблення, при якому  
ударний вплив застосовується до тієї частини матеріалу, яка повинна бути подрібнена, і не  
25 застосовується до іншої частини матеріалу.

Автори даного винаходу таким чином вивчили питання забезпечення молоткової дробарки  
механізмом, який забезпечував би автоматичне вивантаження після витримки протягом заданої  
кількості часу на решеті, передбаченому в молотковій дробарці. У результаті було знайдено, що  
кількість часу, протягом якого подрібнюваний матеріал залишається на решеті, може  
30 регулюватися механізмом, в якому вал обертання для молотків нахилений відносно  
горизонтального напрямку, і кут установки блока обертання молотків, що має решето на його  
периферії, може змінюватися від горизонтального положення до вертикального положення.  
Молоткова дробарка, що використовується в даному винаході, буде описана з посиланнями на  
креслення. На Фіг. 3-2, посилальна позиція 1 означає головний блок молоткової дробарки,  
35 посилальна позиція 2 означає вал обертання для молотків, посилальна позиція 3 означає  
молотки (еквівалентні засобам подрібнення), посилальна позиція 4 означає решето, посилальна  
позиція 5 означає двигун, посилальна позиція 6 означає бункер, посилальна позиція 7 означає  
нагнітач (вентилятор), посилальна позиція 8 означає циклонний сепаратор, посилальна позиція  
9 означає конвейєрну стрічку, посилальна позиція 10 означає шматочки металевго заліза,  
40 посилальна позиція 11 означає шлак і т. п., і посилальна позиція 12 означає порошковий  
матеріал, відповідно.

Всередині головного блока 1 молоткової дробарки двигун 5 приводить у обертання молотки  
3 на валу 2. Коли відновлений продукт вводиться в головний блок 1 молоткової дробарки з  
бункера 6, на відновлений продукт впливають молотки 3, і шлак, включений у відновлений  
45 продукт, дробиться. Шлак і матеріал покриття поду, вивантажений як відновлений продукт з  
нагрівальної печі, який був подрібнений так, що він став меншим, ніж розмір отворів решета 4,  
проходять через решето 4 і потрапляють на конвейєрну стрічку 9. Те, що впало на конвейєрну  
стрічку 9, збирається як матеріал 11, проілюстрований на Фіг. 3-2. Цей матеріал 11 являє собою  
головним чином шлак і матеріал покриття поду.

50 Шматочки металевго заліза 10, від яких шлак був відділений і видалений шляхом впливу  
молотків 3 і які мають розмір більше, ніж розмір отворів решета 4, перекочуються по решету 4 і  
збираються.

Нагнітач 7 приєднується з вхідної сторони головного блока 1 молоткової дробарки, і  
циклонний сепаратор 8 передбачається в зоні середини головного блока 1 молоткової  
55 дробарки. Порошковий матеріал 12, вироблений в головному блоці 1 молоткової дробарки,  
збирається з циклонного сепаратора 8.

Кількістю часу, протягом якого відновлений продукт, що подається в головний блок 1  
молоткової дробарки, контактує з молотками 3 (тобто, тривалістю дроблення), можна керувати  
шляхом нахилу вала обертання молотків відносно горизонтального напрямку. Що більше кут

нахилу відносно горизонталі, то коротше може здійснюватися тривалість дроблення, а що менше кут нахилу, то довше може здійснюватися тривалість дроблення.

Тривалість дроблення також можна регулювати шляхом керування розміром отворів решета 4. Що більше розмір отворів решета 4, то швидше подрібнений матеріал проходить через решето 4 і падає вниз, таким чином, то коротше може бути зроблена тривалість дроблення. З іншого боку, що менше розмір отворів решета 4, то важче дробленому матеріалу пройти через решето 4, і таким чином він залишається на решеті 4, і відповідно тривалість дроблення може бути зроблена більшою. У випадку, коли решето 4 не передбачається, велика кількість відновлених об'єктів, наприклад, у формі котуна, що містять всередині шлак, вивантажується в перемішаному вигляді, і тому оцінюється як недостатньо роздроблене.

У випадку, коли розмір отворів решета 4 становив 20 мм, кількість речовини, яка магнітно не притягується, включеної в подрібнений матеріал, була невеликою. У випадку, коли розмір отворів решета 4 становив 10 мм, кількість шлаку, включеного в грубі частинки, що мають діаметр зерна 3 мм або більше, становила 1% або менше, і було отримано надзвичайно високоякісне металеве залізо в формі твердих частинок. Отримані грубі частинки були додатково досліджені, і було знайдено, що частинки, діаметр зерна яких становив 3,75 мм або більше, являли собою частинки металевого заліза, процент шлаку в яких був надзвичайно малим. Відповідно, можна передбачити, що зменшення розміру роздроблених частинок до приблизно 5 мм є ефективним, і таким чином нижня межа розміру отворів решета переважно становить 5 мм. Верхня межа розміру отворів решета становить 20 мм.

У той час як розмір молотків (засобів дроблення) особливо не обмежується, що більше ширина молотка, то більше можливостей для впливу на матеріал, що подрібнюється, і таким чином шлак дробиться ефективно. З іншого боку, зменшення ширини молотка збільшує сколююче зусилля, що впливає на матеріал, що подрібнюється. Необхідно врахувати той факт, що матеріал, який повинен бути роздроблений, який є об'єктом в даному винаході, містить відновлені агломерати, в яких співіснують дрібнозернисте металеве залізо і шлак. Такі відновлені агломерати просто деформуються при застосуванні впливу, і розділення дрібнозернистого металевого заліза і дрібнозернистого шлаку може бути складним. Внаслідок повторення різних експериментів було знайдено, що придатна ширина молотків становить від 4 до 20 мм.

Що стосується кліткової дробарки, то у неї немає ніякого решета, і таким чином, металеве залізо і шлак можуть бути розділені шляхом керування кількістю разів введення у кліткову дробарку.

У даному винаході дроблення переважно виконується таким чином, що індекс дроблення, обчислений за наступним виразом на основі швидкості лез (м/с), розміру отворів (м) решета, передбаченого в дробарці, і тривалості дроблення (с) в дробарці, становить від 800 до 2000.

Індекс дроблення = ((швидкість лез)<sup>2</sup> / (розмір отворів решета) × (тривалість дроблення))<sup>0,5</sup>

Швидкість лез представляє енергію впливу, а розмір отворів решета представляє частоту впливу в одиницю часу. Відповідно, здатність до дроблення одного і того ж матеріалу може бути виражена вищезазначеним виразом. У подрібнюваному матеріалі, який є об'єктом даного винаходу, металеве залізо дробиться важко, в той час як шлак дробиться легко. Тепер, металеве залізо, розмір зерна якого становить 3,35 мм або більше, має низький процент шлаку, і відповідно не потребує додаткового дроблення. Відповідно, в даному винаході рекомендується, щоб індекс дроблення підтримувався в діапазоні від 800 до 2000. Якщо індекс дроблення становить нижче, ніж 800, або перевищує 2000, розділення шлаку і металевого заліза може бути недостатнім. Індекс дроблення більш переважно становить 900 або вище і більш переважно становить 1500 або нижче.

[Процес просіювання а і процес збирання металевого заліза а]

У процесі а просіювання подрібнений матеріал, отриманий у вищеописаному процесі дроблення, просівається з використанням грохота (103 на Фіг. 3-1), розмір отворів якого становить від 3 до 5 мм, і в процесі збирання металевого заліза те, що залишається на грохоті при процесі а просіювання, збирається як металеве залізо (104 на Фіг. 3-1). Інакше кажучи, внаслідок досліджень, проведених авторами даного винаходу, було знайдено, що виконання просіювання з використанням грохота а, розмір отворів якого становить від 3 до 5 мм, приводить до того, що на грохоті а залишається високоякісне металеве залізо, в той час як шлак, відновлені котуни, захисний матеріал поду і т. д. проходять через грохот а. Якщо розмір отворів грохота а становить менше, ніж 3 мм, шлак, відновлені котуни, захисний матеріал поду і т. д. також залишаються на грохоті а, крім високоякісного металевого заліза, таким чином, сортність зібраного продукту погіршується. Відповідно, розмір отворів грохота а становить 3 мм або більше. Однак в тому випадку, коли розмір отворів грохота а перевищує 5 мм, високоякісне

металеве залізо також проходить через грохот а, так що ефективність збирання металевих заліз загрожено. Відповідно, розмір отворів грохота а становить 5 мм або менше.

Грохот а може бути передбачений в дробарці, що використовується в описаному вище процесі дроблення, або може бути передбачений окремо від грохота, передбаченого у вищезазначеній дробарці. Крім того, може використовуватися дробарка, що не має грохота, і грохот а може бути передбачений окремо.

Спосіб виробництва металевих заліз відповідно до даного винаходу може додатково включати: процес сортування матеріалу а, який пройшов через сито, отриманого просіюванням з використанням грохота а, з використанням магнітного сепаратора, для отримання речовини (надалі може також згадуватися як процес магнітного відбору/розділення а), що магнітно притягується, процес тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу, який застосовує силу тертя і/або силу удару до отриманої речовини (надалі може також згадуватися як процес тонкого подрібнення а), що магнітно притягується, і процес сортування отриманого тонкоподрібненого матеріалу магнітним сепаратором і збирання речовини, яка магнітно притягується, як металевих заліз (надалі може також згадуватися як процес б збирання металевих заліз). Подальший опис буде посилатися на Фіг. 3-3.

Фіг. 3-3 являє собою діаграму процесу для опису іншого способу виробництва металевих заліз відповідно до даного винаходу. Ті частини на Фіг. 3-3, які є тими ж самими, що і на Фіг. 3-1, позначені тими ж самими посилальними позиціями, щоб уникнути надмірного опису. На Фіг. 3-3 посилальна позиція 105 позначає грохот із розміром отворів від 15 до 20 мм, посилальна позиція 106 позначає грохот б з розміром отворів від 2 до 8 мм, посилальні позиції 107а-107f позначають магнітні сепаратори, посилальні позиції 108а-108с позначають млини тонкого помелу, і посилальні позиції 104а-104с позначають металеве залізо, відповідно.

[Процес магнітного відбору/розділення а]

Матеріал а, який пройшов через сито, отриманий шляхом просіювання з використанням грохота а (тобто, який пройшов через грохот а), являє собою головним чином дроблений шлак, відновлені котуни, матеріал захисту поду і т. д., як описано вище, але також включає і високоякісне металеве залізо. Відповідно, матеріал а, який пройшов через сито, переважно піддається сортуванню магнітним сепаратором (107а на Фіг. 3-3) для того, щоб зібрати речовину а, що магнітно притягується, розділити її на металеве залізо і інший матеріал в нижеописаному процесі тонкого подрібнення а, і зібрати металеве залізо в нижеописаному процесі б збирання металевих заліз. Магнітний сепаратор, що використовується в процесі магнітного відбору/розділення а, особливо не обмежується, так що може використовуватися відомий магнітний сепаратор.

[Процес тонкого подрібнення а]

Речовина а, яка магнітно притягується, отримана відбором у вищеописаному процесі магнітного відбору/розділення а, тонко подрібнюється з використанням млина тонкого помелу (108а на Фіг. 3-3), яка застосовує силу тертя і/або силу удару, в процесі тонкого подрібнення а. Як млин тонкого помелу можуть використовуватися, наприклад, кульова дробарка або стрижнева дробарка.

Під час тонкого подрібнення речовини а, яка магнітно притягується, маса речовини а, яка магнітно притягується, що подається в кульову дробарку або стрижневу дробарку, переважно становить від 5 до 25% маси куль в кульовій дробарці або стрижнів у стрижневій дробарці. Ефективність тонкого подрібнення може бути поліпшена шляхом задання процента маси речовини а, яка магнітно притягується, відносно маси куль або стрижнів, що дорівнює 5% або більше. Цей процент більш переважно становить 10% або більше. Однак, якщо процент маси речовини а, яка магнітно притягується, відносно маси куль або стрижнів є дуже високим, процент частинок, в яких металеве залізо і шлак не розділилися, збільшується. Відповідно, цей процент переважно становить 25% або менше, і більш переважно становить 20% або менше.

Тривалість тонкого подрібнення речовини (тривалість тонкого подрібнення), що магнітно притягується, в млині тонкого помелу (108а на Фіг. 3-3) переважно становить 10 хв. або менше, і більш переважно від 2 до 7 хв. Якщо тривалість тонкого подрібнення є дуже великою, тонкоподрібнений шлак починає зв'язуватися з металевим залізом, і процент шлаку в металевому залізі підвищується. Відповідно, тривалість тонкого подрібнення переважно становить 10 хв. або менше, і більш переважно 7 хв. або менше, і ще більш переважно 6 хв. або менше. З іншого боку, задання тривалості тонкого подрібнення, що дорівнює 2 хв. або більше, забезпечує тонке подрібнення шлаку і збільшує його відокремлюваність від металевих заліз. Тривалість тонкого подрібнення більш переважно становить 3 хв. або більше.

Після тонкого подрібнення в млині тонкого помелу (108a на Фіг. 3-3) може бути виконане сортування в магнітному сепараторі (107d на Фіг. 3-3) для збирання речовини, яка магнітно притягується, як металевого заліза (104a на Фіг. 3-3).

[Інше]

5 Спосіб виробництва металевого заліза відповідно до третього винаходу може додатково включати, як першу модифікацію, процес для виконання просіювання відновленого продукту з використанням грохота с, що має розмір отворів решета від 15 до 20 мм (надалі також називається процесом просіювання с) перед дробленням відновленого продукту, вивантаженого з нагрівальної печі з рухомим подом, і отриманий матеріал с, що залишився на ситі, може бути подрібнений з використанням ударної дробарки (процес дроблення).

10 Спосіб виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу може додатково включати, як друга модифікація, процес для виконання просіювання відновленого продукту з використанням грохота с, що має розмір отворів решета від 15 до 20 мм (надалі також називається процесом просіювання с), процес для виконання просіювання отриманого матеріалу с, який пройшов через сито, використання грохота b, що має розмір отворів решета від 2 до 8 мм (процес просіювання b), перед дробленням відновленого продукту, вивантаженого з нагрівальної печі з рухомим подом, і матеріал b, що залишився на ситі, який є матеріалом с, що пройшов через сито, може бути подрібнений з використанням ударної дробарки (процес дроблення).

20 Спосіб виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу може додатково включати, як третю модифікацію, процес для сортування магнітним сепаратором отриманого матеріалу b, що залишився на ситі, який є матеріалом с, який пройшов через сито, отриманим у другій модифікації, і дроблення речовини, яка магнітно притягується, з використанням ударної дробарки. Іншими словами, він може додатково включати процес для виконання просіювання відновленого продукту з використанням грохота с, що має розмір отворів решета від 15 до 20 мм (процес просіювання с), процес для виконання просіювання отриманого матеріалу с, який пройшов через сито, із використанням грохота b, що має розмір отворів решета від 2 до 8 мм (процес просіювання b), перед дробленням відновленого продукту, вивантаженого з нагрівальної печі з рухомим подом, і процес для сортування отриманого матеріалу b, що залишився на ситі, який є матеріалом с, який пройшов через сито, з використанням магнітного сепаратора і дроблення речовини, яка магнітно притягується, з використанням ударної дробарки (процес дроблення).

35 Спосіб виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу може додатково включати, як четверту модифікацію, процес для виконання просіювання відновленого продукту з використанням грохота b, що має розмір отворів решета від 2 до 8 мм (процес просіювання b), перед дробленням відновленого продукту, вивантаженого з нагрівальної печі з рухомим подом, і процес для дроблення матеріалу b, що залишився на ситі, з використанням ударної дробарки (процес дроблення).

40 Спосіб виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу може додатково включати, як п'яту модифікацію, процес для сортування матеріалу b, що залишився на ситі, отриманого в четвертій модифікації, з використанням магнітного сепаратора, і дроблення речовини, яка магнітно притягується, з використанням ударної дробарки. Іншими словами, в нього може бути додатково включений процес перед дробленням відновленого продукту, вивантаженого з нагрівальної печі з рухомим подом, де відновлений продукт просівається з використанням грохота b, що має розмір отворів решета від 2 до 8 мм, перед дробленням відновленого продукту (процес просіювання b), причому матеріал b, що залишився на ситі, сортується з використанням магнітного сепаратора, і речовина, яка магнітно притягується, подрібнюється з використанням ударної дробарки (процес дроблення).

50 У той час як в першій модифікації дробленню піддається фракція грубих частинок відновленого продукту, що залишається на грохоті с, що має розмір отворів решета від 15 до 20 мм, друга модифікація відрізняється від неї тим, що дробленню піддається середня фракція відновленого продукту, яка проходить через грохот с, але не проходить через грохот b, що має розмір отворів решета від 2 до 8 мм. З іншого боку, в четвертій модифікації дробленню піддається груба і середня фракція відновленого продукту, яка не проходить через грохот b, що має розмір отворів решета від 2 до 8 мм. Крім того, порівняно з другою модифікацією третя модифікація сортує матеріал b, що залишився на ситі, що пройшов через грохот с, із використанням магнітного сепаратора, і подрібнює речовину, що магнітно притягується, з використанням ударної дробарки. Крім того, порівняно з четвертою модифікацією п'ята модифікація сортує матеріал b, що залишився на ситі, з використанням магнітного сепаратора і подрібнює речовину, що магнітно притягується, з використанням ударної дробарки.



## [Модифікації 1-5]

Модифікації з першої по третю будуть описані з посиланням на Фіг. 3-3. Крім того, четверта і п'ята модифікації будуть описані з посиланням на Фіг. 3-4. Фіг. 3-4 являє собою діаграму процесу для опису іншого способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу. Ті частини на Фіг. 3-4, які є тими ж самими, що і на Фіг. 3-1 і Фіг. 3-3, позначаються тими ж самими посилальними позиціями, щоб уникнути надмірного опису. На Фіг. 3-4 посилальна позиція 107g означає магнітний сепаратор.

## [Перша модифікація]

При нагріванні агломерату в нагрівальній печі з рухомим подом мають місце випадки, коли металеве залізо плавиться на поду і об'єднується з сусіднім металевим залізом і формує великі грудки. Таким же чином, є випадки, де розплави шлаку на поду і з'єднаннях з іншим сусіднім шлаком і формують великі грудки. Шлак, що формує великі грудки, дробиться під час вивантаження з нагрівальної печі і подальшої обробки, і таким чином розламується на більш дрібнозернисті частини. Однак металеве залізо, що формує великі грудки, не розламується на більш дрібнозернисті частини, і залишається у великих грудках. Подача великих грудок металевого заліза на процес дроблення навантажує дробарку, приводячи до її помітного спрацювання.

Відповідно в першій модифікації, як проілюстровано на Фіг. 3-3, відновлений продукт, який є матеріалом, вивантаженим з нагрівальної печі 101 з рухомим подом, просівається з використанням грохота с, що має розмір отворів решета від 15 до 20 мм (105 на Фіг. 3-3). Крупнозернистий матеріал (матеріал, що залишився на ситі с), що залишається на грохоті с, подається в дробарку 102 і дробиться шляхом ударного впливу в дробарці 102.

## [Друга модифікація]

Коли агломерат нагрівається в нагрівальній печі при температурі 1300 °C або вище, матеріал покриття поду, такий, як вуглецевмісні частинки, вогнетривкі частинки і т. д., може бути нанесений на під нагрівальної печі для захисту. Придатна зернистість матеріалу, який покриває під, становить, наприклад, від 0,5 до 3 мм, що означає, що цей матеріал являє собою дрібні частинки. Цей матеріал покриття поду вивантажується з нагрівальної печі нарівні з відновленим матеріалом після нагрівання агломерату. Відповідно, частинки середнього розміру, які пройшли через грохот с у вищеописаному процесі просіювання с (матеріал с, який пройшов через сито), включають матеріал покриття поду.

Відповідно, у другій модифікації, як проілюстровано на Фіг. 3-3, відновлений продукт, вивантажений з нагрівальної печі 101 з рухомим подом, просівається з використанням грохота с, що має розмір отворів решета від 15 до 20 мм (105 на Фіг. 3-3), і середньозернистий матеріал, який пройшов через грохот с (матеріал с, який пройшов через сито), просівається з використанням грохота b, що має розмір отворів решета від 2 до 8 мм (106 на Фіг. 3-3). Причина, через яку розмір отворів для грохота b, що використовується в процесі просіювання b, становить від 2 до 8 мм, полягає в тому, що ці отвори повинні бути трохи більші крупними, ніж діаметр зерна матеріалу, який покриває під, для того, щоб видалити матеріал покриття поду. Дрібнозернистий матеріал, який пройшов через грохот b (матеріал b, який пройшов через сито), видаляється, і середньозернистий матеріал, що залишається на грохоті b, може подаватися в дробарку 102 через непоказаний шлях, і там дробитися.

## [Третя модифікація]

У третій модифікації середньозернистий матеріал, зібраний як матеріал с, який пройшов через сито, на грохоті b, може бути відсортований в магнітному сепараторі (107b на Фіг. 3-3), і після цього поданий в дробарку 102 через непоказаний шлях, і речовина, яка магнітно притягується, може бути подрібнена із застосуванням ударного впливу, як описано вище. Ефективність збирання металевого заліза, отриманого дробленням речовини, яка магнітно притягується, може бути поліпшена шляхом попереднього сортування речовини, яка магнітно не притягується, магнітним сепаратором.

Крім того, середньозернистий матеріал, зібраний як матеріал с, який пройшов через сито, на грохоті b, може бути відсортований в магнітному сепараторі (107b на Фіг. 3-3), після чого речовина, яка магнітно притягується, подається в млин тонкого помелу (108b на Фіг. 3-3), тонко подрібнюється, і речовина, яка магнітно не притягується, заздалегідь відбирається магнітним сепаратором (107e на Фіг. 3-3), поліпшуючи таким чином ефективність збирання металевого заліза (104b на Фіг. 3-3), що отримується шляхом тонкого подрібнення речовини, яка магнітно притягується.

## [Четверта модифікація]

У четвертій модифікації, як проілюстровано на Фіг. 3-4, відновлений продукт, який являє собою матеріал, вивантажений з нагрівальної печі 101 з рухомим подом, просівається з

використанням грохота b, що має розмір отворів решета від 2 до 8 мм (106 на Фіг. 3-4), крупнозернистий і середньозернистий матеріал, що залишається на грохоті b, подається в дробарку 102 через непоказаний шлях і дробиться із застосуванням ударного впливу. Іншими словами, в четвертій модифікації грохот c, що має розмір отворів решета від 15 до 20 мм (105 на Фіг. 3-3), не використовується, так що грубі частинки, досить великі для того, щоб залишитися на грохоті c, також включаються в матеріал b, що залишився на ситі. З іншого боку, дрібні частинки, які пройшли через грохот b (матеріал b, який пройшов через сито), видаляються в четвертій модифікації.

#### [П'ята модифікація]

У п'ятій модифікації крупнозернистий і середньозернистий матеріал, зібраний як матеріал b, що залишився на ситі, може бути відсортований в магнітному сепараторі (107g на Фіг. 3-4), отримана речовина, яка магнітно притягується, може бути подана в дробарку (102 на Фіг. 3-4) і подрібнена із застосуванням ударного впливу. Попереднє сортування речовини, яка магнітно не притягується, магнітним сепаратором дозволяє підвищити ефективність збирання металевих заліза, отриманого дробленням речовини, яка магнітно притягується.

Спосіб виробництва металевих заліза відповідно до даного винаходу може додатково включати процес сортування магнітним сепаратором матеріалу b, який пройшов через сито, отриманого просіюванням з використанням грохота b, і отримання речовини b, яка магнітно притягується (надалі також називається процесом магнітного відбору/розділення b), процес тонкого подрібнення отриманої речовини b, яка магнітно притягується, з використанням млина тонкого помелу, в якому застосовують силу тертя і/або силу удару (надалі також називається процесом тонкого подрібнення b), і процес додаткового сортування отриманого тонкоподрібненого матеріалу з використанням магнітного сепаратора і збирання речовини, яка магнітно притягується, як металевих заліза (надалі також називається процесом збирання металевих заліза c). Подальший опис буде зроблений з посиланням на Фіг. 3-3.

У той час як матеріал, що складається з дрібних частинок, які пройшли через грохот b (матеріал b, який пройшов через сито), являє собою головним чином матеріал покриття поду, в ньому також присутні домішкові дрібнозернисті частинки металевих заліза. Шлак прилипає до цих дрібнозернистих частинок металевих заліза при перемішуванні, і процент шлакових включень в дрібнозернистих частках металевих заліза, як було знайдено, становить 30%, що дуже багато. Відповідно, матеріал, що складається з дрібних частинок, які пройшли через грохот b (матеріал b, який пройшов через сито), може бути відсортований в магнітному сепараторі (107c на Фіг. 3-3), і відсортована речовина b, яка магнітно притягується, може бути тонко подрібнена в млині тонкого помелу (108c на Фіг. 3-3) для того, щоб розділити її на металеве залізо і шлак, і після цього може бути відсортована в магнітному сепараторі (107f на Фіг. 3-3), і відсортована речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана як металеве залізо (104c на Фіг. 3-3). Іншими словами, для відділення і видалення шлаку з речовини b, яка магнітно притягується, отриманої шляхом сортування матеріалу b, який пройшов через сито, магнітним сепаратором, відповідно використовується млин тонкого помелу, який може застосовувати щонайменше одне з сили тертя і сили удару. Репрезентативним прикладом такого млина тонкого помелу є кульова дробарка. Тонкоподрібнений матеріал, тонкоподрібнений в млині тонкого помелу, може бути розділений магнітом.

Магнітний сепаратор, що використовується в процесі магнітного відбору/розділення b, спеціально не обмежується, і може використовуватися відомий магнітний сепаратор, той же самий, що і у вищеописаному процесі магнітного відбору/розділення a.

Як млин тонкого помелу в процесі тонкого подрібнення b може використовуватися млин тонкого помелу, що використовується у вищеописаному процесі тонкого подрібнення a.

Умови під час тонкого подрібнення речовини b, яка магнітно притягується, переважно є тими ж самими, як і у вищеописаному процесі тонкого подрібнення a; маса речовини b, яка магнітно притягується, що подається в кульову дробарку або в стрижневу дробарку, переважно становить від 5 до 25% від маси куль в кульовій дробарці або стрижнів у стрижневій дробарці.

Тривалість тонкого подрібнення речовини b, яка магнітно притягується, в млині тонкого помелу (тривалість тонкого подрібнення) переважно становить 10 хв. або менше (не включаючи 0 хв.), більш переважно від 2 до 7 хв., і ще більш переважно від 3 до 6 хв., точно так само, як і в процесі тонкого подрібнення a.

При тонкому подрібненні речовини b, яка магнітно притягується, речовина b, яка магнітно притягується, і речовина a, яка магнітно притягується, можуть бути змішані перед тонким подрібненням. Причина цього полягає в тому, що і речовина b, яка магнітно притягується, і речовина a, яка магнітно притягується, є дрібними частинками з прилипим до них шлаком, і таким чином може використовуватися один і той же млин тонкого помелу.

Млин тонкого помелу, що використовується в процесах тонкого подрібнення а і b, переважно має механізм, здатний нагнітати газ всередину млина з лінійною швидкістю 20 м/с або більше. Понадміру тонке подрібнення з використанням кульової дробарки або стрижневої дробарки приводить до повторного об'єднання відділеного металевго заліза і шлаку, і отримана суміш стає речовиною, що магнітно притягується, в якій шлак прикріплений до металевго заліза. Продування машини з лінійною швидкістю газу 20 м/с або більше може запобігти повторному об'єднанню шлаку і металевго заліза. Лінійна швидкість газу більш переважно становить 30 м/с. Верхня межа лінійної швидкості газу становить, наприклад, 50 м/с або менше, хоча особливо не обмежується.

Потрібно зазначити, що даний винахід є схожим з відомим способом FASTMET і способом ITmk3 в плані того, що агломерат, сформований з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, нагрівають при високій температурі для отримання металевго заліза (відновлене залізо). Однак, він відрізняється в плані того, що відновлений продукт, що включає металеве залізо і шлак, який вивантажується з нагрівальної печі з рухомим подом, дроблять із застосуванням ударного впливу і сортують з використанням сепаратора для збирання металевго заліза, зменшуючи таким чином кількість шлаку, що вводиться в процес рафінування, який є наступним процесом.

Відповідно до описаного вище третього винаходу відновлений продукт, що містить металеве залізо і шлак, який являє собою матеріал, вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, дробиться із застосуванням ударного впливу, і таким чином металеве залізо і шлак можуть бути ефективно розділені. Крім того, відновлений продукт сортується з використанням грохота перед дробленням відновленого продукту, і таким чином відновлений продукт може бути ефективно роздроблений. Крім того, умови застосування ударного впливу до відновленого продукту для дроблення відповідним чином контролюються, і таким чином ефективність дроблення відновленого продукту може бути поліпшена. Відповідно до даного винаходу металеве залізо може бути ефективно зібране шляхом просіювання подрібненого матеріалу з використанням грохота з розміром отворів від 3 до 5 мм.

Таким чином був описаний третій винахід.

Навіть після завершення вищеописаного першого винаходу, вищеописаного другого винаходу і вищеописаного третього винаходу автори даного винаходу раніше запропонували технологію, в якій досягається висока розділюваність при розділенні на металеве залізо і шлак спеченого металевго залізного тіла, отриманого шляхом нагрівання агломерату, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевий матеріал, в нагрівальній печі для того, щоб відновити оксид заліза в агломераті (японська патентна заявка № 2012-99165). Особливість цієї технології полягає в тому, що спечене тіло, яке містить металеве залізо, формується як структура, в якій суміш, що містить гранульоване металеве залізо і шлак, вміщена у зовнішню оболонку, що містить металеве залізо і шлак, в стані, коли температура становить 1000 °C або нижче.

Навіть після пропозиції цієї технології у вищезазначеній японській патентній заявці № 2012-99165, автори даного винаходу ретельно вивчили збільшення процента шлаку, що видаляється з металевго залізвмісного спеченого тіла для отримання металевго заліза, яке містить мало шлаку. У результаті було виявлено, що металеве залізо, яке містить мало шлаку, може бути зроблене шляхом виконання обробки, що комбінує тонке подрібнення і сортування з використанням решета, і таким чином був виконаний четвертий винахід.

Спосіб виробництва металевго заліза згідно з четвертим винаходом буде описаний з посиланням на Фіг. 4-1. Фіг. 4-1 являє собою блок-схему для опису способу виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу.

Спосіб виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу включає процес виробництва агломерату, сформованого із суміші сировини, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевий матеріал (надалі також називається процесом формування агломерату), Процес 1 нагрівання отриманого агломерату в нагрівальній печі для відновлення оксиду заліза в агломераті з отриманням спеченого тіла, яке містить металеве залізо, в якому суміш, що містить гранульоване металеве залізо і шлак, оточена зовнішньою оболонкою, що містить металеве залізо і шлак, в стані, коли поверхнева температура становить 1000 °C або нижче (надалі також називається процесом нагрівання), Процес 2 тонкого подрібнення отриманого спеченого тіла, яке містить металеве залізо (надалі також називається першим процесом тонкого подрібнення), Процес 3 просіювання тонкоподрібненого матеріалу, отриманого в першому процесі тонкого подрібнення, з використанням грохота а (надалі також називається процесом просіювання), Процес 4 додаткового тонкого подрібнення грубих частинок, що залишаються на грохоті а (надалі також називається другим процесом тонкого

подрібнення), і Процес 5 збирання металевого заліза шляхом видалення шлаку з тонкоподрібненого матеріалу, отриманого у другому процесі тонкого подрібнення (надалі також називається процесом збирання металевого заліза).

Спочатку буде описано спечене тіло, яке містить металеве залізо. Структура спеченого тіла, яке містить металеве залізо, сама по собі є тією ж самою, що і структура спеченого тіла, яке містить металеве залізо, розкритого в японській патентній заявці № 2012-99165, запропонованій раніше авторами даного винаходу. Іншими словами, зовнішня оболонка спеченого тіла, яке містить металеве залізо, включає металеве залізо і шлак. Включення шлаку у зовнішню оболонку означає, що її легше тонко подрібнити, оскільки її міцність менше, ніж міцність зовнішньої оболонки, складеної з одного тільки металевого заліза. З іншого боку, всередині зовнішньої оболонки знаходиться суміш, яка включає частинки металевого заліза і шлак. Суміш, що оточується зовнішньою оболонкою (надалі також звана включенням), є сумішшю, що включає частинки металевого заліза і шлак, і відповідно включення також легко подрібнюється. Відповідно, металеве залізо може бути ефективно зібране шляхом відділення зовнішньої оболонки від включення і видалення шлаку із зовнішньої оболонки. Крім того, частинки металевого заліза можуть бути ефективно зібрані шляхом видалення шлаку з включення.

Температура поверхні спеченого тіла, яке містить металеве залізо, становить 1000 °C або нижче. Це означає, що агломерат був нагрітий в нагрівальній печі і після цього охолоджений. Іншими словами, спечене тіло, яке містить металеве залізо, виходить шляхом нагрівання агломерату, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевий матеріал, в нагрівальній печі, і нагрівальна піч нагрівається до температури приблизно від 1000 до 1500 °C, як буде описано пізніше. Відповідно, температура поверхні 1000 °C або нижче означає стан охолодження після нагрівання.

Спечене тіло, яке містить металеве залізо, потребує повного покриття зовнішньою оболонкою для утримання внутрішньої суміші (включення) в межах зовнішньої оболонки від витоків. Достатньо, щоб міцність спеченого тіла, яке містить металеве залізо, знаходилася в межах діапазону, в якому можлива підтримка форми при вивантаженні з нагрівальної печі розвантажувальним пристроєм і т. п. Відповідно, достатньо, щоб процент площі поперечного перетину частини зовнішньої оболонки становив приблизно 50% або більше в поперечному перетині, що проходить через центр спеченого тіла, яке містить металеве залізо.

Зовнішня оболонка переважно формується в формі сіті (сітки) з металевого заліза з множиною проміжків, як в пористому матеріалі.

Рекомендується, щоб зовнішня оболонка мала сітчасту композицію з металевих частинок, зв'язаних одна з одною, і шлаку, присутнього щонайменше частково в композиції в проміжках сітки. Шлак, присутній щонайменше частково в проміжках сітчастої композиції, означає, що міцність зовнішньої оболонки є більш слабкою, ніж якби вона була складена з одного тільки металевого заліза, і відповідно її легше подрібнити.

Далі буде описаний спосіб виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу.

[Процес формування агломерату]

У процесі формування агломерату агломерат формується з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, виробляючи тим самим агломерат.

Конкретні приклади вищезазначеного матеріалу, який містить оксид заліза, який може використовуватися, включають залізняк, пісок із вмістом частинок залізняку, пил від виробництва чавуну, кольоровий залишок плавлення, відходи виробництва чавуну і т. д.

Низькосортний матеріал, який містить оксид заліза, який традиційно не міг звичайно використовуватися, може використовуватися як матеріал, який містить оксид заліза, в даному винаході.

Іншими словами, залізняк містить пусту породу. Пуста порода є компонентом, що складає залізняк, видобутий з шахти (сиру руду), разом з мінералами, що включають корисний метал, і звичайно складається з оксидів, таких, як  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Кількість пустої породи, включеної в залізняк, розрізняється залежно від галузі виробництва, де видобувається залізняк. Залізняк, що містить невелику кількість пустої породи, називають високоякісним залізняком, а залізняк, що містить велику кількість пустої породи, називають низькосортним залізняком.

Використання низькосортного залізняку для виробництва металевого заліза має тенденцію приводити до наступних проблем. Іншими словами, використання низькосортного залізняку згідно з вищеописаним способом (1) приводить до збільшеної кількості компонента шлаку, що міститься в агломераті, через пусту породу, що містилася в залізняку, об'єднаному із зольним компонентом, що містився у вуглецевому матеріалі, і таким чином отримане відновлене залізо включає багато шлаку, і сортність заліза, що отримується, стає низькою. Використання низькосортного залізняку згідно з вищеописаним способом (2) приводить до збільшеної кількості

шлаку, що утворюється при плавленні, і до покриття розплавленим шлаком нерозплавленого відновленого заліза, що перешкоджає передачі тепла до відновленого заліза, і таким чином відновлене залізо і шлак не можуть бути розділені в достатній мірі. Крім того, відновлене залізо, отримане вищеописаними способами (1) і (2), може використовуватися як сировина для очищення, наприклад, в електропечі, але необхідною умовою для цього є невелика кількість пустої породи, що вводиться в електропеч за один раз. Велика кількість пустої породи приводить до великої кількості шлаку, що виробляється при очищенні в електропечі, і відповідно до великої кількості необхідної електроенергії.

Таким чином, для виробництва металевого заліза рекомендується високоякісний залізняк, що містить невелику кількість пустої породи. Однак, глобальне виробництво сталі підвищується навіть при тому, що джерела постачання високоякісного залізняка обмежені, і таким чином існують побоювання, що кількості високоякісного залізняка, що постачається, буде недостатньо.

З іншого боку, відповідно до даного винаходу структура спеченого тіла, яке містить металеве залізо, отриманого шляхом нагрівання агломерату, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевий матеріал, складається із зовнішньої оболонки і включення, як описано вище, і об'єднує тонке подрібнення і просіювання з використанням грохота, що буде описано пізніше. Відповідно, шлак може бути ефективно видалений зі спеченого тіла, яке містить металеве залізо, навіть при використанні низькосортного матеріалу, який містить оксид заліза.

Вищезазначений низькосортний матеріал, який містить оксид заліза, означає, що процент загальної маси  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  відносно загальної маси заліза ( $\text{T.Fe}$ ) [процент шлаку =  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{T.Fe} \times 100$ ] становить 5% або більше.  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  для різних типів пустої породи, включеної в матеріал, який містить оксид заліза (наприклад, залізняк), становлять відносно високий процент, і відповідно вони використовуються як представники пустої породи в цьому документі. Процент загальної маси  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  відносно загальної маси заліза визначається як процент шлаку, і матеріал з процентом шлаку 5% або менше називається високоякісним матеріалом, який містить оксид заліза. Процент пустої породи може становити 11% або більше, або може становити 12% або більше.

Приклади вуглецевмісного матеріалу, який може використовуватися, включають вугілля, кокс і т. д. Для вуглецевмісного матеріалу достатньо включати достатню кількість вуглецю для відновлення оксиду заліза, що входить в матеріал, який містить оксид заліза. Зокрема, достатньо, щоб кількість вуглецю знаходилася в надлишку від 0 до 5 мас.% відносно кількості вуглецю, достатнього для відновлення оксиду заліза, що входить в матеріал, який містить оксид заліза.

Суміш, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, переважно додатково містить речовину для керування точкою плавлення.

Речовина для керування точкою плавлення означає матеріал, який впливає на точку плавлення компонентів, відмінних від оксиду заліза, включених в агломерат (особливо пустої породи), і виключає матеріал, який впливає на точку плавлення металевого заліза. Іншими словами, шляхом додавання до суміші речовини для керування точкою плавлення температура плавлення компонентів агломерату, крім оксиду заліза (особливо пустої породи), може бути змінена, і їх температура плавлення можливо, наприклад, знижена. Це сприяє плавленню пустої породи, формуючи таким чином розплавлений шлак. Частина оксиду заліза розчиняється в розплавленому шлаку в цей час, і відновлюється і стає металевим залізом в розплавленому шлаку. Металеве залізо, вироблене в розплавленому шлаку, входить у контакт з металевим залізом, відновленим в його твердому стані, і агрегується як тверде відновлене залізо.

Як речовина для керування точкою плавлення переважно використовується речовина для керування точкою плавлення, що включає щонайменше джерело  $\text{CaO}$ .

Переважно як джерело  $\text{CaO}$  додається, наприклад, щонайменше одна речовина, вибрана з групи, що включає  $\text{CaO}$  (негашене вапно),  $\text{Ca(OH)}_2$  (гашене вапно),  $\text{CaCO}_3$  (вапняк) і  $\text{CaMg(CO}_3)_2$  (доломіт).

Вищезазначене джерело  $\text{CaO}$  саме по собі може використовуватися як речовина для керування точкою плавлення, або джерело  $\text{MgO}$ , джерело  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , джерело  $\text{SiO}_2$  і т. п., наприклад, може використовуватися в доповнення до джерела  $\text{CaO}$ .  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  і  $\text{SiO}_2$  також є речовинами, які впливають на точку плавлення інших компонентів, крім заліза (особливо пустої породи), що містяться в агломераті, таким же чином, як і  $\text{CaO}$ , описаний вище.

Як джерело  $\text{MgO}$  переважно додається щонайменше одна речовина, вибрана з групи, що включає, наприклад, порошок  $\text{MgO}$ ,  $\text{Mg}$ -вмісний матеріал, витягнутий з природної руди або морської води і т. п., і  $\text{MgCO}_3$ . Як джерело  $\text{Al}_2\text{O}_3$  переважно додається, наприклад, порошок

$\text{Al}_2\text{O}_3$ , боксит, беміт, гібсит, діаспор і т. д. Приклади речовин, які можуть використовуватися як джерело  $\text{SiO}_2$ , включають порошок  $\text{SiO}_2$ , кварцовий пісок і т. д.

Агломерат може додатково включати зв'язувальну речовину і т. п., як компонент, відмінний від матеріалу, який містить оксид заліза, вуглецевмісного відновника і речовини для керування точкою плавлення.

Приклади, які можуть використовуватися як зв'язувальна речовина, включають полісахариди і т. п. (наприклад, крохмаль, такий, як кукурудзяний крохмаль, борошно і т. д.).

Матеріал, який містить оксид заліза, вуглецевмісний відновник і речовина для керування точкою плавлення переважно подрібнюються перед змішуванням. Наприклад, для матеріалу, який містить оксид заліза, рекомендується середній розмір зерна від 10 до 60 мкм, для вуглецевмісного відновника рекомендується середній розмір зерна від 10 до 60 мкм, і для речовини для керування точкою плавлення рекомендується середній розмір зерна від 5 до 90 мкм.

Засоби, за допомогою яких матеріал, який містить оксид заліза, і т. д. подрібнюються, особливо не обмежуються, і можуть використовуватися відомі засоби. Наприклад, може використовуватися вібраційна дробарка, роликова дробарка, кульова дробарка і т. п.

Як мішалка для перемішування суміші можуть використовуватися, наприклад, мішалка з обертовим контейнером або мішалкою з нерухомим контейнером. Приклади мішалки з обертовим контейнером, яка може використовуватися, включають обертову циліндричну мішалку, подвійну конусну мішалку, воронкоподібний блендер і т. п. Приклади мішалки з нерухомим контейнером, яка може використовуватися, включають змішувач, що має в чані для перемішування обертові лопати (наприклад, лопатки).

Приклади компактора для формування агломерату суміші, який може використовуватися, включають гранулятор з обертовим диском (дисковий гранулятор), циліндричний гранулятор (барабанний гранулятор), двовалковий брикетувальник і т. п.

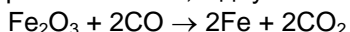
Форма агломерату особливо не обмежується, і може являти собою, наприклад, агрегати, зерна, брикети, котуни, прутки і т. п., і переважно являє собою брикети або котуни.

[Процес нагрівання]

У процесі нагрівання агломерат, отриманий в описаному вище процесі формування агломерату, вводиться в нагрівальну піч і нагрівається для відновлення оксиду заліза в агломераті, виробляючи тим самим спечене тіло, яке містить металеве залізо, яке має суміш, що включає частинки металевого заліза і шлак всередині зовнішньої оболонки, що включає металеве залізо і шлак, температура поверхні якої становить  $1000^\circ\text{C}$  або менше.

Автори даного винаходу брали до уваги структуру спеченого тіла, яке містить металеве залізо, і після вивчення кожної частини зовнішньої оболонки, що складає спечене тіло, яке містить металеве залізо, і суміші (включення), що знаходиться всередині зовнішньої оболонки (надалі також називається центральною частиною), на предмет поліпшення відділюваності при розділенні на (зернисте) металеве залізо і шлак, було знайдено, що форми частини зовнішньої оболонки і центральної частини змінюються таким чином.

При введенні в нагрівальну піч агломерат нагрівається зовнішнім тепловим випромінюванням, відбувається наступна реакція, і виробляється металеве залізо.



(Частина зовнішньої оболонки)

На початковій стадії нагрівання тепловим випромінюванням недостатньо, і таким чином поверхнева температура частини зовнішньої оболонки є низькою. У цей час при температурах, наприклад, нижче, ніж  $1250^\circ\text{C}$ , існує стан, в якому дрібнозернисте металеве залізо і шлак в напіврозплавленому стані змішуються (надалі також згадується як композиція А). Відповідно, розділюваність металевого заліза і шлаку є надзвичайно поганою. Ця форма спостерігається у випадках, коли тривалість нагрівання є недостатньою, а також в нижній частині агломерату (біля поду), де кількість тепла, що підводиться, є невеликою.

В міру нагрівання агломерату і підвищення поверхневої температури частини зовнішньої оболонки (наприклад, до температури  $1250^\circ\text{C}$  або вище, але нижче, ніж  $1330^\circ\text{C}$ ), металеве залізо спікається і стає сітчастим, розплавлений шлак стає трохи більше, і існує стан, в якому розплавлений шлак розсіюється в сітчастій формі металевого заліза (надалі також згадується як композиція В). Зростання розплавленого шлаку в цій формі недостатнє, і таким чином розділюваність металевого заліза і шлаку не може вважатися хорошою. Ця форма зокрема спостерігається на верхній частині зовнішньої оболонки агломерату.

В міру того, як нагрівання агломерату продовжується, і температура поверхні частини зовнішньої оболонки стає ще вищою (наприклад,  $1330^\circ\text{C}$  або вище), металеве залізо з'єднується в формі пластин, розплавленого шлаку стає більше, і існує стан, в якому металеве

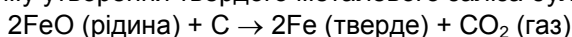
залізо розсіюється в розплавленому шлаку (надалі також згадується як композиція С). В цьому стані розплавлений шлак достатньо вирівняний, так що розділюваність металевого заліза і шлаку є хорошою. Ця форма, зокрема, спостерігається у верхній частині зовнішньої оболонки агломерату.

Композиція А і композиція В спостерігаються на всій зовнішній оболонці агломерату на ранніх стадіях нагрівання, але композиція С спостерігається тільки у верхній частині зовнішньої оболонки, де підвищення температури є високою, і споживання вуглецевого матеріалу є великим. Іншими словами, навіть якщо температура в межах печі підіймається до рівня, наприклад, 1300 °С або вище, розподіл температур в агломераті є неоднорідним, і утворюється перепад температур між верхньою і нижньою частинами агломерату. Відповідно, в той час як верхня частина зовнішньої оболонки часто стає композицією С, нижні частини зовнішньої оболонки часто стають тільки композицією А або композицією В.

(Центральна частина)

Центральна частина нагрівається за рахунок теплопередачі від частини зовнішньої оболонки, так що шлак плавиться після того, як металеве залізо утворює сітчасту форму. У цьому розплавленому шлаку практично відсутній FeO. Після цього, коли металеве залізо насититься вуглецем, металеве залізо стає гранульованим (надалі також згадується як композиція D).

З іншого боку, якщо температура підвищується в стані, в якому вуглець і FeO присутні у внутрішній частині агломерату, FeO і вуглець в розплавленому шлаку реагують, і дрібнозернисте металеве залізо виробляється в розплавленому шлаку (надалі також згадується як композиція E). Якщо FeO знаходиться в безпосередній близькості, коли шлак починає плавитися, FeO розчиняється в шлаку і знижує точку плавлення шлаку, таким чином збільшуючи кількість шлаку. Якщо в цьому стані вуглець знаходиться в безпосередній близькості, відбувається відновлення при плавленні згідно з наступним виразом, утворюючи надзвичайно дрібнозернисте металеве залізо. Цей стан являє собою композицію E. Ця композиція E спостерігається у внутрішності агломерату, де температура підвищилася в стані, в якому утворення твердого металевого заліза було повільним.



Якщо температура нагрівання задана високою, так що частина зовнішньої оболонки набула форми композиції С, і агломерат був раптово нагрітий, щоб поліпшити розділюваність металевого заліза і шлаку, центральна частина також швидко нагрівається, форма композиції стає композицією E. Відповідно, розплавлений шлак, який вирівняний до великого розміру, може бути добре видалений з частини зовнішньої оболонки, яка стала композицією С, але центральна частина, що стала композицією E, має надзвичайно дрібнозернисте металеве залізо, таким чином, розділюваність від шлаку стає поганою.

Для того, щоб перетворити центральну частину в композицію D, щоб поліпшити розділюваність між металевим залізом і шлаком, необхідно, щоб компонент пустої породи був розплавлений, але металеве залізо не було розплавлене. Розплавлений стан металевого заліза залежить від початкової температури науглецювання металевого заліза і кількості науглецювання. Якщо кількість включеного вуглецю є надмірною, науглецювання металевого заліза протікає навіть в тому випадку, якщо шлак недостатньо розплавлений, так що розплавлене металеве залізо може утворити дрібнозернисті сферичні гранули. Відповідно, рекомендується, щоб температура плавлення компонента пустої породи підтримувалася на рівні 1300 °С або нижче.

У даному винаході температура в положенні приблизно на 20 мм вище агломерату, введеного в нагрівальну піч, оцінюється як еквівалентна температурі всередині нагрівальної печі.

Як нагрівальна піч може використовуватися відома піч, і може використовуватися, наприклад, нагрівальна піч з рухомих подом. Нагрівальна піч з рухомих подом є нагрівальною піччю, в якій під переміщається через піч як стрічковий конвеєр, конкретним прикладом чого є піч з обертовим подом. Вищезазначена піч з обертовим подом є піччю, в якій під має вигляд кола (форми пончика), так що початкова точка і кінцева точка поду знаходяться в одному і тому ж положенні. Агломерат, що подається на під, відновлюється шляхом нагрівання при проходженні одного кола через піч, виробляючи тим самим (гранульоване) металеве залізо. Відповідно, піч з обертовим подом має засоби завантаження в найбільш далекому положенні проти напрямку обертання для подачі агломерату в піч, і засоби розвантаження в найбільш далекому положенні в напрямку обертання (що фактично є таким, що безпосередньо передують положенню завантаження завдяки обертовій структурі).

[Перший процес тонкого подрібнення]

Спечене тіло, яке містить металеве залізо, отримане у вищезазначеному процесі нагрівання, тонко подрібнюється в першому процесі тонкого подрібнення для того, щоб розділити його на частину зовнішньої оболонки спеченого тіла, яке містить металеве залізо, і частину включення. Іншими словами, тонке подрібнення повинно бути виконане в першому процесі тонкого подрібнення так, щоб частина зовнішньої оболонки і частина включення відділялися одна від одної без надмірної сили, що прикладається до частини зовнішньої оболонки спеченого тіла, яке містить металеве залізо, і щоб частина зовнішньої оболонки не подрібнювалася на дуже дрібні частинки.

Щокова дробарка, валковий прес, молоткова дробарка і т. п. можуть використовуватися в способі для тонкого подрібнення спеченого тіла, яке містить металеве залізо, у вищезазначеному першому процесі тонкого подрібнення.

У випадку використання валкового преса тонке подрібнення переважно виконується із зазором між валками, який встановлюється таким, що дорівнює 60-90% малої осі агломерату. Термін "мала вісь" агломерату означає середнє значення, обчислене шляхом вимірювання розміру зерна десяти агломератів. Потрібно зазначити, що при отриманні середнього значення, агломерати в розламаному стані і агломерати, деформовані на тонкі осколки, можуть бути усунені, і середнє значення, що отримується, ґрунтується на розмірі зерна агломератів, які мають правильну форму (наприклад, сферичну).

Якщо зазор між валками перевищує 90% малої осі агломерату, спечене тіло, що містить металеве залізо, практично не подрібнюється взагалі, і відповідно розділення на частини зовнішньої оболонки і частини включення стає складним. Відповідно, зазор між валками переважно становить 90% малої осі агломерату або менше, більш переважно 85% або менше, і ще більш переважно 80% або менше. Однак, якщо зазор між валками становить 60% малої осі агломерату або менше, до частини зовнішньої оболонки прикладається надмірна сила, частина зовнішньої оболонки також тонко подрібнюється, і її відділення від частини включення стає складним. Відповідно, зазор між валками переважно становить 60% малої осі агломерату або більше, більш переважно 65% або більше, і ще більш переважно 70% або більше.

Мала вісь агломерату може бути основана на значеннях, отриманих шляхом вимірювання малої осі щонайменше десяти агломератів, і їх усереднення.

У випадку використання молоткової дробарки переважне застосування настільки великої сили удару, наскільки це можливе, але немає ніякої потреби застосовувати таку силу удару, яка подрібнила б залізо, і достатньо застосувати таку силу удару, яка зруйнує один тільки шлак. Крім того, у випадку використання молоткової дробарки тонке подрібнення переважно виконується в стані без прут решета.

[Процес просіювання]

У процесі просіювання тонкоподрібнений матеріал, отриманий в першому процесі тонкого подрібнення, просівається з використанням грохота а і розділяється на частину зовнішньої оболонки і частину включення. Іншими словами, оскільки спечене тіло, яке містить металеве залізо, тонко подрібнюється в першому процесі тонкого подрібнення і розділяється на іншу частину оболонки і частину включення, воно розділяється на іншу частину оболонки і частину включення в цьому процесі просіювання після першого процесу тонкого подрібнення з використанням грохота а. При розділенні на іншу частину оболонки і частину включення, частина включення звичайно відносно менша, ніж частина зовнішньої оболонки, і таким чином розмір отворів грохота а може бути відрегульований так, щоб забезпечити розділення на іншу частину оболонки і частину включення.

Грохот а може бути грохотом, що має решето з розміром отворів менше, ніж 1 мм, але таке решето легко забивається, так що розмір отворів грохота переважно становить 1 мм або більше. Верхня межа розміру отворів грохота а переважно становить, наприклад, 8 мм або менше, більш переважно 5 мм або менше, і ще більш переважно 3,5 мм або менше.

Грубі зерна, що залишаються на грохоті а, додатково подрібнюються в описаному нижче другому процесі тонкого подрібнення.

З іншого боку, дрібні частинки, які пройшли через грохот а, можуть бути відсортовані на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується в магнітному сортувальникові, і речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана як металеве залізо.

Дрібні частинки, які пройшли через грохот а, переважно тонко подрібнюються перед сортуванням в магнітному сепараторові. Магнітний відбір після тонкого подрібнення дозволяє додатково підвищити значення Т. Fe речовини, яка магнітно притягується.

Також потрібно зазначити, що речовина, яка магнітно не притягується, відсортована магнітним сепаратором, може бути додатково відсортована на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується, в магнітному сепараторові, і речовина,



яка магнітно притягується, може бути зібрана як металеве залізо. Процес додаткового сортування речовини, яка магнітно притягується, і збирання металевого заліза може бути повторюваний багато разів в міру необхідності.

[Другий процес тонкого подрібнення]

У другому процесі тонкого подрібнення грубі частинки, що залишилися на грохоті а в процесі просіювання, додатково тонко подрібнюються. Грубі частинки, що залишилися на грохоті а, еквівалентні головним чином частині зовнішньої оболонки, яка створює спечене тіло, яке містить металеве залізо. У другому процесі тонкого подрібнення частина зовнішньої оболонки тонко подрібнюється для того, щоб розділити її на металеве залізо і шлак. У цей час, частини композиції В і композиції С зовнішньої оболонки, що створює спечене тіло, яке містить металеве залізо, складаються практично з металевого заліза, і відповідно розплющуються замість того, щоб бути подрібненими у другому процесі тонкого подрібнення. Відповідно, вони можуть бути зібрані як великі розплющені грудки металевого заліза в описаному нижче процесі збирання металевого заліза. З іншого боку, частини зовнішньої оболонки, що складаються з композиції А, містять велику кількість домішкового шлаку, і відповідно тонко подрібнюються у другому процесі тонкого подрібнення і розділяються на металеве залізо і шлак. Відповідно, шлак легко видаляється з тонкоподрібненого матеріалу в описаному нижче процесі збирання металевого заліза, і металеве залізо може бути ефективно зібране.

Валковий прес, молоткова дробарка і т. п. можуть використовуватися в способі для тонкого подрібнення спеченого тіла, яке містить металеве залізо, у вищезазначеному другому процесі тонкого подрібнення. Особливо переважним є використання валкового преса. Використання валкового преса дозволяє розплющити металеве залізо, включене в частину зовнішньої оболонки, і відповідно металеве залізо може бути зібране у великих формах. Що більше розмір металевого заліза, то більше поліпшується його розділюваність з шлаком, і, таким чином, то вище ефективність збирання металевого заліза.

У випадку використання валкового преса зазор між валками переважно встановлюється таким, що дорівнює 3 мм або менше для здійснення тонкого подрібнення. Зазор між валками може мінятися залежно від розміру частинок, і відповідно може бути встановлений таким, що дорівнює 0 мм.

У випадку використання молоткової дробарки у другому процесі тонкого подрібнення тонке подрібнення може бути виконане в стані або з присутніми прутками решета, або з відсутніми прутками решета. Периферійна швидкість молотка переважно становить від 30 до 40 м/с. В тому випадку, коли тонке подрібнення виконується з присутніми прутками решета, частинки з розміром більше, ніж інтервал між прутками решета, неодноразово тонко подрібнюються молотками, так що молотки переважно зупиняються після відповідного проміжку часу. Відповідно до досвіду авторів даного винаходу було знайдено, що переважною є зупинка молотків протягом 10 с.

[Процес збирання металевого заліза]

У процесі збирання металевого заліза шлак видаляється з тонкоподрібненого матеріалу, отриманого у другому процесі тонкого подрібнення, і металеве залізо збирається. Іншими словами, тонкоподрібнений матеріал, отриманий у другому процесі тонкого подрібнення, є сумішшю (тонкоподрібненим матеріалом) металевого заліза і шлаку, отриманого шляхом тонкого подрібнення частини зовнішньої оболонки спеченого тіла, яке містить металеве залізо, і шлак видаляється з цього тонкоподрібненого матеріалу в процесі збирання металевого заліза для збирання металевого заліза.

У той час як спосіб видалення шлаку з тонкоподрібненого матеріалу конкретно не обмежується, приклади, які можуть використовуватися, включають спосіб з використанням магнітного сепаратора і спосіб з використанням грохота.

[Магнітне розділення]

У випадку використання магнітного сепаратора тонкоподрібнений матеріал, отриманий у другому процесі тонкого подрібнення, може бути відсортований на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується, магнітним сепаратором, і речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана як металеве залізо.

Речовина, яка магнітно не притягується, відсортована в магнітному сепараторі, може бути додатково відсортована магнітним сепаратором, і речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана як металеве залізо. Речовина, яка магнітно не притягується, являє собою головним чином шлак, але в речовині, що магнітно не притягується, звичайно є деяка кількість домішки металевого заліза, так що рекомендується збирання металевого заліза з речовини, яка магнітно не притягується, для того, щоб поліпшити вихід металевого заліза. Потрібно зазначити, що

процес додаткового сортування речовини, яка магнітно не притягується, магнітним сепаратором і збирання металевго заліза може бути повторюваний багато разів в міру необхідності.

#### [Просіювання]

У випадку просіювання тонкоподрібнений матеріал, отриманий у другому процесі тонкого подрібнення, може бути просіаний з використанням грохота b, що має такий же розмір отворів, як і розмір отворів грохота a або більше, ніж розмір отворів грохота a, причому грубі частинки, що залишаються на грохоті b, збираються як металеве залізо.

Грохот b переважно має розмір отворів, наприклад, від 1 до 8 мм, більш переважно від 2 до 5 мм, і найбільш переважно від 2 до 3,5 мм. Якщо розмір отворів решета менше, ніж 1 мм, частина недостатньо подрібненої зовнішньої оболонки (зокрема, композиція A) включається в перший процес тонкого подрібнення, знижуючи таким чином вихід заліза. З іншого боку при виконанні просіювання з використанням грохота, розмір отворів якого становить 3,35 мм або більше, збільшує концентрацію Fe в грубих частках, що залишаються на грохоті, і таким чином може бути отриманий зібраний матеріал з більш високою концентрацією Fe. Однак, якщо розмір отворів решета встановлюється таким, що дорівнює 8 мм або більше, кількість грубих частинок, що залишаються на грохоті, є дуже маленькою, і таким чином металеве залізо не може бути зібране.

Потрібно зазначити, що розмір отворів решета, описаний вище, є значенням для малої осі котунів 19 мм перед відновленням, і якщо розмір котунів змінюється, то розмір отворів грохота також може бути змінений.

З іншого боку, дрібні частинки, які проходять через грохот b, можуть бути відсортовані на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується, магнітним сепаратором, і речовина, яка магнітно притягується, може бути зібрана як металеве залізо. Потрібно зазначити, що процес додаткового сортування речовини, яка магнітно не притягується, магнітним сепаратором і збирання металевго заліза може бути повторюваний багато разів в міру необхідності.

У той час як може використовуватися відомий магнітний сепаратор, переважно може використовуватися магнітний сепаратор з сухим барабаном. Використання магнітного сепаратора з мокрим барабаном може привести до того, що відновлене залізо буде окислюватися при контакті з водою, і таким чином чистота відновленого заліза може гіршати.

Як описано вище, четвертий винахід включає нагрівання агломерату, сформованого з суміші сировини, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, для отримання спеченого тіла, яке містить металеве залізо, в якому суміш, яка містить гранульоване металеве залізо і шлак, вміщена у зовнішню оболонку, що містить металеве залізо і шлак, в стані, в якому температура становить 1000 °C або нижче, і це спечене тіло, яке містить металеве залізо, обробляють комбінацією тонкого подрібнення і просіювання з використанням грохота. Відповідно, процент видалення шлаку зі спеченого тіла, яке містить металеве залізо, може бути збільшений, і може бути зроблене металеве залізо з невеликим вмістом шлаку.

Таким чином був описаний четвертий винахід.

Далі даний винахід буде додатково описаний за допомогою Прикладів. Потрібно відмітити однак, що даний винахід ніяким чином не обмежується наступними Прикладами, і що різні модифікації можуть бути зроблені і реалізовані без відступу від об'єму і суті даного винаходу, описаного в цьому документі, і всі вони також включені в об'єм даного винаходу.

Дана патентна заявка запитує пріоритет на основі Японської патентної заявки № 2012-173453, поданої 3 серпня 2012 р., Японської патентної заявки № 2012-173454, поданої 3 серпня 2012 р., Японської патентної заявки № 2013-110283, поданої 24 травня 2013 р., і Японської патентної заявки № 2013-90688, поданої 23 квітня 2013 р. Цей документ посилається на вищезазначені Японську патентну заявку № 2012-173453, Японську патентну заявку № 2012-173454, Японську патентну заявку № 2013-110283 і Японську патентну заявку № 2013-90688 у всій їх повноті.

#### ПРИКЛАДИ

Наступні Приклади 1-1 - 1-8 є прикладами першого винаходу, наступні Приклади 2-1 - 2-7 є прикладами другого винаходу, наступні Приклади 3-1 - 3-6 є прикладами третього винаходу, і наступні Приклад 4-1 і Приклад 4-2 є прикладами четвертого винаходу.

#### [Приклад 1-1]

У Прикладі 1-1 сухі котуни отримували на основі діаграми процесу, проілюстрованої на

Фіг. 1-1. Отримані сухі котуни нагрівали в печі з обертовим подом, тонко подрібнювали, магнітно розділяли і т. д. для отримання металевго заліза.

Отримували залізняки А і В, які мають різний склад, їх змішували з вугіллям, вапняком і зв'язувальною речовиною, і формували в агломерати, отримуючи, таким чином, агломерати (котуни). Таблиця 1-1 нижче ілюструє компонентні склади залізняків А і В. Компонентний склад вугілля ілюструється в Таблиці 1-2 нижче. Як зв'язувальну речовину використовували зв'язувальну речовину на основі крохмалю.

Котун А містив 76,3 мас.% залізняку А, 16,9 мас.% вугілля, 4,1 мас.% вапняку, 1,1 мас.% глинозему і 1,5 мас.% зв'язувальної речовини.

Котун В містив 71,8 мас.% залізняку В, 15,8 мас.% вугілля, 10,9 мас.% вапняку і 1,5 мас.% зв'язувальної речовини.

Чашовий згрудковувач 1 використовувався для виробництва котунів, у яких середня довжина головної осі становила 19 мм, і отримані котуни висушувалися одну годину при температурі 180 °С. Компонентні склади висушених котунів ілюструються в Таблиці 1-3 нижче.

Потім висушені котуни були вміщені в піч 2 з обертовим подом і нагріті. Безпосередньо перед вміщенням висушених котунів в піч 2 з обертовим подом на під печі з обертовим подом шаром товщиною 5 мм був вміщений вугільний порошок, що має діаметр зерна 3 мм або менше як матеріал покриття поду для захисту поду. Множину пальників встановлювали на бічних стінках печі 2 з обертовим подом, і висушені котуни, вміщені на під, нагрівали шляхом горіння природного газу з використанням цих пальників. Температуру в печі вимірювали вимірювальним щупом, встановленим в положенні на 60 см вище висушених котунів, причому керування температурою здійснювали на основі вимірювань, зроблених саме в цьому температурному положенні.

Потім, коли висушені котуни вміщували на під, і температура нагрівання ставала стабільною, зразок масою від 3 до 5 кг витягували, зменшували до 1-2 кг, просівали, тонко подрібнювали і піддавали магнітному розділенню, отримуючи, таким чином, металеве залізо. Це буде детально описане нижче.

По-перше, відновлений матеріал, вивантажений з печі 2 з обертовим подом, містить матеріал покриття поду, який знаходився на поду і відповідно був просіяний з використанням грохота 3. Як грохот 3 використовували грохот, що має розмір отворів 3,35 мм, еквівалентний вищеописаному грохоту а.

Як дробарка, яка застосовує ударний вплив в одному напрямку, використовувалася молоткова дробарка 4, для роздроблення матеріалу, зібраного як матеріал, який залишився на грохоті 3. Швидкість обертання молотків молоткової дробарки 4 встановлювали такою, що дорівнює 3600 об./хв. Грохот (вказаний як сито в Таблиці 1-4) приєднували до молоткової дробарки 4 як сепаратор, і після того, як заданий час тонкого подрібнення закінчився, було отримане розділення на три типу матеріалу: матеріал, що залишився на ситі, матеріал, який пройшов через сито, і дрібний порошок, який був відділений повітряним розділенням. Розмір отворів грохота, приєданого до молоткової дробарки 4, становив 7,9 мм.

Матеріал #1, що залишився на ситі, подрібнений молотковою дробаркою 4 і відділений на грохоті (ситі), являв собою металеве залізо і був зібраний як продукт.

Матеріал, який пройшов через сито, подрібнений молотковою дробаркою 4 і відділений на грохоті (ситі), просівали з використанням грохота 5 і розділяли на матеріал, що залишився на ситі, і матеріал, який пройшов через сито. Розмір отворів грохота 5 становив 3,35 мм.

Матеріал, що залишився на ситі, відділений на грохоті 5, магнітно відбирали/розділяли на речовину #2, що магнітно притягується, і речовину #3, що магнітно не притягується, в магнітному сепараторі 6. В результаті речовина #2, яка магнітно притягується, являла собою металеве залізо, що включає шлак, і була зібрана як продукт. З іншого боку, речовина #3, яка магнітно не притягується, являла собою шлак.

Матеріал, який пройшов через сито, відділений на грохоті 5, магнітно розділяли на речовину #4, що магнітно притягується, і речовину #5, що магнітно не притягується, в магнітному сепараторі 7. Речовина #4, що магнітно притягується, являла собою залізо, що включає шлак. З іншого боку, речовина #5, яка магнітно не притягується, являла собою шлак.

Відділений повітряним розділенням дрібний порошок (дрібний порошок перед циклонним сепаратором), що утворився від дроблення молотковою дробаркою 4, дрібно подрібнювали в чашовому млині 8, і після цього відбирали/розділяли на речовину #6, що магнітно притягується, і речовину #7, що магнітно не притягується, в магнітному сепараторі 9. В результаті речовина #6, яка магнітно притягується, являла собою металеве залізо, що включає шлак. З іншого боку, речовина #7, яка магнітно не притягується, являла собою шлак. Потрібно зазначити, що зернистість матеріалу, який пройшов через сито, відділеного на грохоті 5 без повітряного розділення, була відносно грубою, маса порошку з діаметром зерна 0,1 мм або більше становила 95% або більше.

Матеріал, зібраний як матеріал, який пройшов через сито, на грохоті 3, магнітно відбирали/розділяли на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується, з використанням магнітного сепаратора 10.

Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного відбору/розділення в магнітному сепараторі 10, тонко подрібнювали в чашовому млині 11, і після цього відбирали/розділяли на речовину #9, що магнітно притягується, і речовину #10, що магнітно не притягується, з використанням магнітного сепаратора 12.

Речовина #8, яка магнітно не притягується, отримана шляхом магнітного розділення в магнітному сепараторі 10, являла собою суміш матеріалу покриття поду і шлаку.

Таблиця 1-5 нижче ілюструє компонентний склад і масову частку відносно загальної маси фракцій #1-#10 при використанні котуна В. У Таблиці 1-5 нижче М.Фе являє собою кількість металевого заліза.

Таблиця 1-5 також ілюструє компонентний склад і масову частку відносно загальної маси фракцій #9 і #10 в об'єднаному стані.

Як можна зрозуміти з Таблиці 1-5, матеріал #1, який пройшов через сито, відділений в молотковій дробарці 4, містив 97,22% Т.Фе, а речовина #2, яка магнітно притягується, містила 96,79% Т.Фе. Матеріал #1, що залишився на ситі, і речовину #2, яка магнітно притягується, збирали як продукт (металеве залізо), і середній процент металізації становив 99,6%. Тонке подрібнення цього металевого заліза було зроблене з використанням чашового млина, який має велику силу дроблення, але вони практично не руйнувалися. У результаті було знайдено, що весь об'єм не потребує тонкого подрібнення в молотковій дробарці 4, оскільки частинки з розміром 3,35 мм або більше є високоякісним металевим залізом. Інакше кажучи, було знайдено, що для дроблення відновленого продукту, вивантаженого з печі з обертовим подом, переважною є молоткова дробарка, що має структуру, в якій дроблення виконують задану кількість часу в молотковій дробарці 4, яка є ударною дробаркою, і грубі частинки, що мають певний рівень розміру, вивантажують. Крім того, для грохота 5, на якому додатково просівають матеріал, що пройшов через грохот, передбачений в молотковій дробарці 4, було знайдено, що переважно вибирати грохот, який дає дроблений матеріал, в якому максимальний розмір зерен, які пройшли через сито, становить приблизно 3 мм.

З іншого боку, в матеріалі, який пройшов через грохот 5, речовина #4, що магнітно притягується, містить 90,55% Т.Фе. Крім того, дрібний порошок, відділений повітряним розділенням в молотковій дробарці 4, тонко подрібнювали в чашовому млині 8 і потім піддавали магнітному відбору/розділенню в магнітному сепараторі 9 для отримання речовини #6, яка магнітно притягується, яке показало високе значення для Т.Фе, що дорівнює 84,49%.

Далі, Таблиця 1-6 показує масові проценти матеріалу #1, що залишився на ситі, речовини #2, яка магнітно притягується, і речовини #4, яка магнітно притягується, як 100%, а також процента шлаку в кожному зразку.

Крім того, Таблиця 1-6 показує масові проценти речовини #6, яка магнітно притягується, і речовини #9, яка магнітно притягується, як 100%, а також процента шлаку в кожному зразку.

Аналітичні результати #1, #2 і #4 в Таблиці 1-6 показують, що продукт з невеликим процентом шлаку може бути зібраний просто способом розділення з використанням відмінності в розмірах частинок після дроблення, таким, як просіювання і повітряне розділення, і т. д. З іншого боку, аналітичні результати #6 і #9 показують, що навіть для отриманих після дроблення дрібних частинок і матеріалу, що пройшов через грохот а, для яких відділення шлаку є важким, виконання додаткового тонкого подрібнення дозволяє ефективно видаляти шлак.

[Таблиця 1-1]

Залізняка	Компонентний склад (мас.%)											Про- цент шлаку (%)
	T.Fe	FeO	T.C	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	S	P	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	
A	63,2	28,5	-	0,54	9,1	0,46	-	0,005	-	-	-	15,1
B	58	0,45	0,026	0,11	15,4	0,77	0,07	0,009	0,019	0,13	0,017	27,9

[Таблиця 1-2]

Аналітичне значення (мас.%)			Компонентний склад зольного компонента (мас.%)				
Зольний компонент	Леткий компонент	Вуглець	T.Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
6,8	15,84	77,34	10,21	44,41	25,43	5,19	1,60

[Таблиця 1-3]

Котун	Компонентний склад (мас.%)								
	T.Fe	FeO	T.C	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO/SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub>
A	47,3	-	16,6	2,65	7,33	1,58	-	0,36	0,21
B	42,5	2,2	15,2	6,27	10,97	0,92	0,11	0,57	0,08

[Таблиця 1-4]

Зразок	Процедура обробки				Особливість
#1	Матеріал, який залишився на ситі розміром 3,35 мм	Тонко подрібнено молотковою дробаркою	На ситі (розмір 7,9 мм)	-	Грубі частинки високочистого металевого заліза
#2	Матеріал, який залишився на ситі розміром 3,35 мм	Тонко подрібнено молотковою дробаркою	Матеріал, який залишився на ситі розміром 3,35 мм, під ситом з розміром 7,9 мм	Речовина, яка магнітно притягується	Частинки високочистого металевого заліза
#3	Матеріал, який залишився на ситі розміром 3,35 мм	Тонко подрібнено молотковою дробаркою	Матеріал, який залишився на ситі розміром 3,35 мм, під ситом з розміром 7,9 мм	Речовина, яка магнітно не притягується	Шлак, невелика кількість
#4	Матеріал, який залишився на ситі розміром 3,35 мм	Тонко подрібнено молотковою дробаркою	Матеріал, який пройшов через сито розміром 3,35 мм, під ситом з розміром 7,9 мм	Речовина, яка магнітно притягується	Металеве залізо з відносно низьким процентом шлаку
#5	Матеріал, який залишився на ситі розміром 3,35 мм	Тонко подрібнено молотковою дробаркою	Матеріал, який пройшов через сито розміром 3,35 мм, під ситом з розміром 7,9 мм	Речовина, яка магнітно не притягується	Шлак

Продовження таблиці 1-4

#6	Матеріал, який залишився на ситі розміром 3,35 мм	Тонко подрібнено молотковою дробаркою	Перед циклонним сепаратором	Речовина, яка магнітно притягується	Металеве залізо з високим процентом шлаку
#7	Матеріал, який залишився на ситі розміром 3,35 мм	Тонко подрібнено молотковою дробаркою	Перед циклонним сепаратором	Речовина, яка магнітно не притягується	Шлак, невелика кількість
#8	Матеріал, який пройшов через сито розміром 3,35 мм	Речовина, яка магнітно не притягується	-	-	Вуглецевий матеріал покриття поду
#9	Матеріал, який пройшов через сито розміром 3,35 мм	Речовина, яка магнітно притягується	Тонко подрібнено в чашовому млині	Речовина, яка магнітно притягується	Металеве залізо з високим процентом шлаку
#10	Матеріал, який пройшов через сито розміром 3,35 мм	Речовина, яка магнітно притягується	Тонко подрібнено в чашовому млині	Речовина, яка магнітно не притягується	Шлак, невелика кількість
#9+#10	Матеріал, який пройшов через сито розміром 3,35 мм	Речовина, яка магнітно притягується	-	-	Металеве залізо в матеріалі покриття поду

[Таблиця 1-5]

Зразок	Компонентний склад (мас.%)							Процент металізації (%)	Процент шлаку (%)	Масовий процент (%)
	T.Fe	M.Fe	T.C	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Розрахунковий FeO			
#1	97,22	96,90	2,07	0,40	0,03	0,20	0,41	99,67	0,44	19,7
#2	96,79	96,36	2,32	0,50	0,04	0,24	0,55	99,56	0,55	7,5
#3	12,29	12,24	0,28	56,48	4,43	27,87	0,07	99,56	495,61	0,1
#4	90,55	89,58	2,24	4,42	0,41	1,82	1,25	98,93	5,33	7,8
#5	10,61	10,50	0,92	57,14	4,48	28,20	0,15	98,93	580,80	5,4
#6	84,49	82,43	2,90	7,43	0,73	3,11	2,65	97,56	9,66	25,1
#7	14,86	14,50	1,90	52,02	4,42	26,46	0,47	97,56	379,82	1,8

Продовження таблиці 1-5

#8	2,22	2,13	65,15	20,40	1,73	10,38	0,11	95,98	997,08	24,1
#9	79,67	76,47	2,57	10,68	0,91	5,43	4,12	95,98	14,54	6,9
#10	6,78	6,51	3,03	56,39	4,79	28,68	0,35	95,98	902,32	1,5
Розрахунковий #9+#10	66,74	64,06	2,65	18,79	1,60	9,56	3,45	95,98	30,54	8,3

[Таблиця 1-6]

Зразок	Процент (мас.%)	Процент шлаку (%)
#1	56,24	0,44
#2	21,50	0,55
#4	22,26	5,27
Всього	100,00	1,54
#6	78,55	9,66
#9	21,45	14,54
Всього	100,00	10,71

[Приклад 1-2]

5 У Прикладі 1-2 вивчали вибір дробарки для дроблення вивантаженого з печі з обортовим подом відновленого продукту, що включає металеве залізо і шлак.

10 Сухі котуни В, показані в Таблиці 1-3, нагрівали при температурі 1430 °С протягом 11 хв. або при температурі 1460 °С протягом 12 хв. в печі з обортовим подом. Котуни, отримані при нагріванні до температури 1430 °С протягом 11 хв., являли собою відновлене залізо в формі зерен, в той час як котуни, отримані при нагріванні до температури 1460 °С протягом 12 хв., являли собою зерна металевих заліза. Зразки відновленого зернистого заліза або зразки зерен металевих заліза, отримані таким чином, магнітно розділяли, і процент шлаку в речовині, що магнітно притягується, вимірювали на основі Виразу (1), наведеного вище. Процент шлаку в зразках відновленого зернистого заліза становив 19,0%, в той час як процент шлаку в зразках зерен металевих заліза становив 11,9%. Результати для зразків відновленого зернистого заліза, отримані при нагріванні до температури 1430 °С, зображені білими стовпцями на стовпчастій діаграмі Фіг. 1-2, в той час як результати для зразків зерен металевих заліза, отримані шляхом нагрівання при температурі 1460 °С, зображені заштрихованими стовпцями на стовпчастій діаграмі Фіг. 1-2.

20 Зі зразків, вивантажених з печі з обортовим подом, збирали 1 кг частинок, які мають діаметр 3,35 мм або більше, і вміщували в кульову дробарку 30 см в діаметрі і 30 см довжиною, де дробили при швидкості 10 об./хв. протягом 20 хв. Кулі, вміщені в кульову дробарку, мали масу 20 кг. Подрібнений матеріал магнітно розділяли магнітним сепаратором, і процент шлаку в речовині, що магнітно притягується, вимірювали на основі вищезазначеного Виразу (1). Фіг. 1-2 ілюструє результати для зразків відновленого зернистого заліза, отримані шляхом нагрівання при температурі 1430 °С, і результати для зразків зерен металевих заліза, отримані шляхом нагрівання при температурі 1460 °С. У результаті процент шлаку для зразків зерен металевих заліза знижувався до 3,2%, в той час як процент шлаку для зразків відновленого зернистого заліза практично не знижувався (процент шлаку становив 15,9%). Причина цього приблизно полягає в тому, що металеве залізо деформується в стані, при якому істотного розділення шлаку не відбувається, і таким чином шлак, присутній всередині зразка, ставав важковіддільним.

35 Потім зразки відновленого зернистого заліза, отримані шляхом нагрівання при температурі 1430 °С, і зразки зерен металевих заліза, отримані шляхом нагрівання при температурі 1460 °С, подрібнювали з використанням молоткової дробарки. Фіг. 1-2 ілюструє результати для зразків відновленого зернистого заліза, отримані шляхом нагрівання при температурі 1430 °С, і результати для зразків зерен металевих заліза, отримані шляхом нагрівання при температурі

1460 °C. У результаті процент шлаку для зразків зерен металевого заліза знижувався до 2,4%, а процент шлаку для зразків відновленого зернистого заліза знижувався до 5,9%.

З вищенаведених результатів було знайдено, що дроблення з використанням молоткової дробарки є придатним для відділення металевого заліза від матеріалу, вивантаженого з печі з обертовим подом, діаметр зерен якого становить 3,35 мм або більше.

[Приклад 1-3]

Фіг. 1-3 являє собою схематичну діаграму, яка ілюструє приклад конфігурації, що використовується замість молоткової дробарки. Звичайна молоткова дробарка має решето (грохот), передбачене всередині дробарки як сепаратор, і дроблення виконується доти, поки розмір зерен матеріалу не стане таким, що дорівнює або менше, ніж розмір отворів грохота. З іншого боку, відновлений продукт, отриманий з нагрівальної печі з рухомим подом, містить тверде металеве залізо з великим розміром зерна, але завдання дробарки в даному винаході полягає в тому, щоб видалити шлак, прилиплий до металевого заліза, а не розділити металеве залізо і зменшити розмір його зерна. Відповідно, шляхом забезпечення грохота поза молотковою дробаркою, а не всередині, даний винахід дає можливість безперервного збирання продукту металевого заліза без зменшення розміру зерна.

Фіг. 1-3 ілюструє такий приклад конфігурації, в якому відновлений продукт вводиться в дробарку 21 і дробиться ударним впливом. Дробарка 21 не має всередині решета. Матеріал, подрібнений в дробарці 21, подається на грохот 22, де він просівається. Може використовуватися, наприклад, грохот 22, що має розмір отворів решета 2 мм.

Матеріал, який пройшов через грохот 22, є сумішшю металевого заліза і шлаку.

Матеріал, що залишився на грохоті 22, подається на грохот 23, де виконується друга стадія просіювання. Може використовуватися, наприклад, грохот 23, що має розмір отворів решета 8 мм. Матеріал, що має розмір зерна 8 мм або більше, міг бути недостатньо роздроблений на дробарці, і таким чином матеріал, що залишився на грохоті 23, може подаватися в дробарку 21 і піддаватися дробленню. З іншого боку, матеріал, який пройшов через грохот 23, є металевим залізом, що має розмір зерна приблизно від 2 до 8 мм.

[Приклад 1-4]

Фіг. 1-4 являє собою схематичну діаграму, яка ілюструє приклад конфігурації іншого процесу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу. Ті частини на Фіг. 1-4, які є тими ж самими, що і зображені на Фіг. 1-1, позначені тими ж самими посилальними позиціями, щоб уникнути зайвого опису.

На Фіг. 1-4, суміш, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, вуглецевмісний відновник і присадку, формується в агломерат з використанням чашового згрудковувача 1, отримуючи, таким чином, агломерат. Отриманий агломерат вводиться в піч 2 з обертовим подом і нагрівається. Відновлений продукт, отриманий шляхом нагрівання в печі 2 з обертовим подом, просівається з використанням грохота 3. Потрібно зазначити, що в той час як даний опис робиться відносно випадку використання чашового згрудковувача 1, даний винахід не обмежується цим, і може використовуватися інший згрудковувач, відмінний від чашового згрудковувача, брикетувальник, екструдер і т. п.

Матеріал, зібраний в грохоті 3 як матеріал, що залишився на ситі, подається в стрижневу дробарку 4а, яка є ударною дробаркою, і подрібнюється.

Матеріал, що залишився на ситі, отриманий дробленням в стрижневій дробарці 4а і просіюванням на грохоті, передбаченому поза стрижневою дробаркою, збирається як металеве залізо (#1).

Матеріал, який пройшов через сито, отриманий дробленням в стрижневій дробарці 4а і просіюванням на грохоті, передбаченому поза стрижневою дробаркою, подається до магнітного сепаратора 7 і розділяється на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується. Речовина #5, яка магнітно не притягується, відсортована в магнітному сепараторі 7, є шлаком.

Матеріал, зібраний в грохоті 3 як матеріал, який пройшов через сито, подається до магнітного сепаратора 10, розділяється на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується.

Речовина, яка магнітно притягується, відсортована в магнітному сепараторі 7, і речовина, яка магнітно притягується, відсортована в магнітному сепараторі 10, подається до кульової дробарки 11а і тонко подрібнюється, і тонкоподрібнений матеріал подається до магнітного сепаратора 12 і розділяється на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується. Речовина, яка магнітно притягується, відсортована в магнітному сепараторі 12, збирається як металеве залізо (#9). З іншого боку, речовина (#10), що магнітно не притягується,



відсортована в магнітному сепараторі 12, являє собою металеве залізо з високим процентом шлаку.

Речовина (#8), що магнітно не притягується, відсортована в магнітному сепараторі 10, майже цілком являє собою матеріал покриття поду.

5 [Приклад 1-5]

У Прикладі 1-5 металеве залізо отримували, слідуючи процесу виробництва металевого заліза, проілюстрованому на Фіг. 1-5, і вивчали умови дроблення в дробарці 34 і тип млина тонкого помелу, що відповідно використовується як млин 38 тонкого помелу.

10 Спочатку на основі Фіг. 1-5 будуть описані процеси виробництва металевого заліза. Агломерат формували з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, вуглецевмісний відновник і присадку, отримуючи, таким чином, агломерат. Отриманий агломерат вводили в нагрівальну піч 31 з рухомим подом і відновлювали шляхом нагрівання. Відновлений продукт, що включає металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі 31 з рухомим подом, розділяли на крупнозернистий матеріал і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота 32. Грубі частинки (матеріал, що залишився на ситі), отримані в грохоті 32, дробили з використанням ударної дробарки 34. Подрібнений матеріал, отриманий дробленням, розділяли на два типи з використанням сепаратора 35.

20 Як сепаратор 35 використовували грохот. Матеріал, що залишився на ситі, отриманий при просіюванні на грохоті, збирали з системи як продукт. З іншого боку, матеріал, який пройшов через сито, отриманий шляхом просіювання на грохоті, вводили в магнітний сепаратор 37. Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення в магнітному сепараторі 37, вводили в млин 38 тонкого помелу. Потрібно зазначити, що вищезазначений сепаратор 35 і вищезазначений магнітний сепаратор 37 можуть бути опущені.

25 Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в млині 38 тонкого помелу, вводили в магнітний сепаратор 39 і магнітно розділяли. Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення, збирали в точці 48 як металеве залізо. Якщо отримана речовина, яка магнітно притягується, потребувала подальшого відділення від шлаку, її передавали в млин тонкого помелу 40 замість того, щоб збирати як металеве залізо в точці 48.

30 Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в млині тонкого помелу 40, вводили в магнітний сепаратор 41, і виконували магнітне розділення. Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення, збирали в точці 49 як металеве залізо. Якщо отримана речовина, яка магнітно притягується, потребує подальшого відділення від шлаку, вона може знову неодноразово бути введена в млин тонкого помелу і тонко подрібнена і магнітно розділена замість того, щоб бути зібраною як металеве залізо в точці 49.

35 Речовину, яка магнітно притягується, отриману з магнітного сепаратора 41, подавали на машину 36 для формування агломерату (наприклад, брикетувальник), формували в агломерат і збирали як продукт 51. Потрібно зазначити, що машина 36 для формування агломерату може бути опущена. Крім того, Фіг. 1-5 не ілюструє шляху для вивантаження з системи речовини, яка магнітно не притягується, відсортованої магнітними сепараторами 37, 39 і 41.

40 Наступними в цьому прикладі вивчали умови дроблення в дробарці 34.

Як агломерат використовували котун В, показаний в Таблиці 1-3 вище. Цей агломерат вводили в нагрівальну піч 31 з рухомим подом і відновлювали шляхом нагрівання. Відновлення шляхом нагрівання в печі виконували при температурі від 1400 до 1450 °C.

45 Використовували грохот 32, що має розмір отворів решета 3,35 мм.

Як дробарку 34 використовували стрижневу дробарку. Внутрішній діаметр стрижневої дробарки становив 0,5 м, довжина становила 0,9 мм, і всередину вміщували 460 кг стрижнів, що служать подрібнювальним середовищем.

50 Кількість матеріалу, що складається з грубих частинок, введеного в стрижневу дробарку, становила 50 кг, умови дроблення включали швидкість обертання 40 об./хв. і тривалість дроблення 3 хв., 5 хв. і 10 хв. У результаті процент шлаку в дробленому продукті, отриманому дробленням протягом 3 хв., становив 10,2%, процент шлаку в дробленому продукті, отриманому дробленням протягом 5 хв., становив 9,8%, і процент шлаку в дробленому продукті, отриманому дробленням протягом 10 хв., становив 9,6%.

55 Процент шлаку означає процент загальної маси  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$  відносно маси  $\text{T.Fe}$ , що міститься в дробленому продукті:  $[(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{T.Fe} \times 100 \dots (1)]$ .

З вищеописаних результатів було знайдено, що час дроблення 3 хв. у дробарці 34 є достатнім.

Крім того, в даному Прикладі також вивчали тип млина тонкого помелу, що відповідно використовується як млин 38 тонкого помелу. Потрібно зазначити, що сепаратор 35 і магнітний сепаратор 37 були опущені.

Стрижнева дробарка або кліткова дробарка використовувалися як млин 38 тонкого помелу.

У випадку використання стрижневої дробарки тонке подрібнення виконували один раз (тривалість тонкого подрібнення - 15 хв.). У результаті процент шлаку становив 13,8% при використанні стрижневої дробарки як млина 38 тонкого помелу.

У випадку використання кліткової дробарки тонке подрібнення виконували три рази. Інакше кажучи, після одного проходу тонкого подрібнення частину матеріалу збирали, магнітно сортували, і вимірювали процент шлаку в отриманій речовині, що магнітно притягується. Залишок матеріалу піддавали другому проходу тонкого подрібнення. Після другого проходу тонкого подрібнення частину матеріалу збирали, магнітно сортували, і вимірювали процент шлаку в отриманій речовині, що магнітно притягується. Залишок матеріалу піддавали третьому проходу тонкого подрібнення, після якого його магнітно сортували, і вимірювали процент шлаку в отриманій речовині, що магнітно притягується. Використана кліткова дробарка мала чотири ряди з діаметром зовнішнього ряду 0,75 м і стрижні клітки, що стикаються з матеріалом, який подрібнюється, на максимальній швидкості 40 м/с. В результаті у випадку використання кліткової дробарки як млина 38 тонкого помелу перший прохід давав 9,8% шлаку, другий прохід давав 7,9% шлаку, і третій прохід давав 6,5% шлаку. Було знайдено, що у випадку використання кліткової дробарки процент шлаку може бути зменшений ще сильніше шляхом повторення тонкого подрібнення.

З вищеписаних результатів використання кліткової дробарки як млина 38 тонкого помелу було знайдено, що процент шлаку, що міститься в тонкоподрібненому матеріалі, був відносно нижче у випадку використання кліткової дробарки порівняно з використанням стрижневої дробарки.

[Приклад 1-6]

У Прикладі 1-6 металеве залізо отримували, слідуючи процесу виробництва металевого заліза, проілюстрованому на Фіг. 1-6, і вивчали кількість Т.Фе, включену в тонкоподрібнений матеріал, і вихід заліза.

Спочатку буде описаний процес виробництва металевого заліза, проілюстрований на Фіг. 1-6(a).

Агломерат формували з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, вуглецевмісний відновник і присадку, отримуючи, таким чином, агломерат. Отриманий агломерат вводили в нагрівальну піч 31 з рухомим подом і відновлювали шляхом нагрівання.

Відновлений продукт, що включає металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі 31 з рухомим подом, розділяли на крупнозернистий матеріал і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота 32. Матеріал, що складається з дрібних частинок (матеріал, який пройшов через сито), отриманий на грохоті 32, вводили в магнітний сепаратор 42 і магнітно розділяли. Речовину, яка магнітно не притягується, отриману шляхом магнітного розділення, вивантажували з системи в точці 43 і використовували як матеріал покриття поду для нагрівальної печі з рухомим подом. Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, мала значення Т.Фе 66,05%, і її вводили в млин 44 тонкого помелу і подрібнювали.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення в млині 44 тонкого помелу, розділяли на два типи з використанням сепаратора 45. На Фіг. 1-6(a) як сепаратор 45 використовували магнітний сепаратор 45.

У даному Прикладі як млин 44 тонкого помелу, показаний на Фіг. 1-6(a), використовували кульову дробарку, і речовину, яка магнітно притягується, відсортовану в магнітному сепараторі 42, тонко подрібнювала. Використовувалася кульова дробарка, що має внутрішній діаметр 0,5 м і довжину 0,5 м. Завантажували приблизно 40 кг матеріалу, що подрібнюється, 180 кг подрібнювального середовища у вигляді куль, і тонке подрібнення виконували при швидкості обертання 40 об./хв. при тривалості тонкого подрібнення 9 хв. Потрібно зазначити, що тривалість тонкого подрібнення встановлювали такою, що дорівнює 9 хв., тому що збільшення процента Т.Фе в речовині, яка магнітно притягується, яку відбирали, було складним при збільшенні тривалості тонкого подрібнення понад 9 хв.

Вимірювали кількість Т.Фе, що міститься в тонкоподрібненому матеріалі, отриманому шляхом тонкого подрібнення в млині 44 тонкого помелу, і вихід заліза. У результаті значення Т.Фе становило 84,5%, а вихід заліза становив 96,3%.

Далі буде описаний процес виробництва металевого заліза, проілюстрований на Фіг. 1-6(b). Процес виробництва металевого заліза, проілюстрований на Фіг. 1-6(b), являє собою

модифікацію описаного вище процесу виробництва металевого заліза, проілюстрованого на Фіг. 1-6 (a).

Процес виробництва металевого заліза, проілюстрований на Фіг. 1-6(b), є тим же, що і процес виробництва металевого заліза, проілюстрований на Фіг. 1-6(a), за винятком того, що додавали процес тонкого подрібнення речовини, яка магнітно притягується, отриманої за допомогою магнітного сепаратора 45, з використанням млина 46 тонкого помелу і магнітного сепаратора 52, що магнітно розділяє тонкоподрібнений матеріал, отриманий в млині 46 тонкого помелу. Потрібно зазначити, що сепаратор 45 (магнітний сепаратор 45) може бути опущений.

У даному Прикладі як млин 44 тонкого помелу і млин 46 тонкого помелу, проілюстрований на Фіг. 1-6(b), використовували кліткові дробарки. Інакше кажучи, речовину, яка магнітно притягується, відділену в магнітному сепараторі 42, тонко подрібнювали в клітковій дробарці 44, частину матеріалу збирали, і залишок вводили в кліткову дробарку 46 і тонко подрібнювали.

Умови тонкого подрібнення в клітковій дробарці були тими ж самими, що і умови, описані в Прикладі 1-5 вище.

Матеріал, зібраний з тонкоподрібненого матеріалу, отриманого шляхом тонкого подрібнення в клітковій дробарці 44 (наприклад, першого тонкого подрібнення), відділяли магнітним розділенням в непоказаному магнітному сепараторі. Значення Т.Fe в отриманій речовині, що магнітно притягується, становило 85,8%, а вихід заліза становив 97,7%. Матеріал, зібраний з тонкоподрібненого матеріалу, отриманого шляхом тонкого подрібнення в клітковій дробарці 44 (тобто, першого тонкого подрібнення), розділяли в непоказаному магнітному сепараторі, і отриману речовину, що магнітно притягується, просівали з використанням грохота з розміром отворів решета 0,3 мм для видалення дрібного порошку, що має розмір зерна 0,3 мм або менше. Дрібний порошок з розміром зерна 0,3 мм або менше містить велику кількість шлаку, але невелику кількість Т.Fe, так що в той час, як вихід заліза знижувався до 89,4%, кількість Т.Fe збільшилася до 93,6%, забезпечуючи залізному продукту ще більш високу цінність використання.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення в клітковій дробарці 46 (тобто, другого тонкого подрібнення), розділяли в магнітному сепараторі 52. Значення Т.Fe в отриманій речовині, що магнітно притягується, становило 88,7%, а вихід заліза становив 95,9%.

[Приклад 1-7]

У Прикладі 1-7 металеве залізо отримували, слідуючи процесам виробництва металевого заліза, проілюстрованим на Фіг. 1-7, і вивчали вплив, який тип млина 44 тонкого помелу здійснює на величину Т.Fe в тонкоподрібненому матеріалі, а також на вихід заліза.

Спочатку на основі Фіг. 1-7 будуть описані процеси виробництва металевого заліза.

Агломерат формували з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, отримуючи, таким чином, агломерат. Отриманий агломерат вводили в нагрівальну піч 31 з рухомим подом, і відновлювали шляхом нагрівання. Відновлений продукт, що включає металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі 31 з рухомим подом, розділяли на крупнозернистий матеріал і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота 32. Розмір отворів грохота, використаного як грохот 32, становив 3,35 мм.

Грубі частинки (матеріал, що залишився на ситі), отримані на грохоті 32, магнітно розділяли, і речовину, що магнітно притягується, збирали як продукт. Дрібнозернистий матеріал, отриманий з грохота 32 (матеріал, який пройшов через сито), вводили в магнітний сепаратор 42 і розділяли магнітним розділенням. Відділену речовину, що магнітно не притягується, вивантажували з системи в точці 43 і використовували як матеріал покриття поду для нагрівальної печі з рухомим подом. Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення, вводили в млин 44 тонкого помелу і подрібнювали.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення в млині 44 тонкого помелу, вводили в магнітний сепаратор 55 і розділяли магнітним розділенням.

Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом розділення в магнітному сепараторі 55, розділяли на два типи з використанням сепаратора 45. Фіг. 1-7 ілюструє приклад використання грохота 45 як сепаратора 45. Розмір отворів грохота становив 0,3 мм.

Матеріал, який пройшов через сито, просіяний в грохоті 45, що використовується як сепаратор 45, вивантажували з системи. Матеріал, що залишився на ситі, вводили в машину 53 для формування агломерату (наприклад, брикетувальник), формували в агломерат, що має форму, таку, як брикет і т. п., і збирали як продукт 54.

У тому випадку, якщо вихід заліза має пріоритет перед чистотою заліза в продукті, грохот 45 може бути опущений, а речовина, яка магнітно притягується, після магнітного сепаратора 55 може бути сформована і взята як продукт.

У даному Прикладі як млин 44 тонкого помелу, показаний на Фіг. 1-7, використовувалася кульова дробарка або кліткова дробарка.

Використовувалася кульова дробарка, що має внутрішній діаметр 0,5 м і довжину 0,5 м. Завантажували приблизно 40 кг матеріалу, що подрібнюється, 180 кг подрібнювального середовища у вигляді куль, і тонке подрібнення виконували при швидкості обертання 40 об./хв. при тривалості тонкого подрібнення 9 хв. Потрібно зазначити, що тривалість тонкого подрібнення встановлювали такою, що дорівнює 9 хв., тому що збільшення процента Т.Фе в речовині, що магнітно притягується, яка була відібрана, була складним при збільшенні тривалості тонкого подрібнення понад 9 хв.

Вимірювали кількість Т.Фе, що міститься в тонкоподрібненому матеріалі, отриманому шляхом тонкого подрібнення в млині 44 тонкого помелу, і вихід заліза. У результаті значення Т.Фе становило 84,46%, а вихід заліза становив 96,27%.

З іншого боку, у випадку використання кліткової дробарки, речовину, що магнітно притягується, відділену в магнітному сепараторі 42, тонко подрібнювали в клітковій дробарці 44. Після тонкого подрібнення в клітковій дробарці 44 (після першого тонкого подрібнення) зібраний матеріал розділяли магнітним розділенням в магнітному сепараторі 55. Значення Т.Фе в отриманій речовині, що магнітно притягується, становило 85,77%, а вихід заліза становив 97,7%.

Крім того, матеріал, що залишився на ситі, отриманий на грохоті 45, просівали з використанням грохотів, які мають розмір отворів решета 0,045 мм, 0,3 мм, 1,0 мм і 3,35 мм, для того, щоб розсортувати його на п'ять фракцій: 0,045 мм або менше, більш ніж 0,045 мм, але не більше, ніж 0,3 мм, більш ніж 0,3 мм, але не більше, ніж 1,0 мм, більш ніж 1,0 мм, але не більше, ніж 3,35 мм, і більш ніж 3,35 мм. Обчислювали значення Т.Фе в кожній фракції. У результаті значення Т.Фе у фракції 0,045 мм або менше становило 32,30%, кількість Т.Фе у фракції більш ніж 0,045 мм, але не більше, ніж 0,3 мм становила 45,27%, кількість Т.Фе у фракції більш ніж 0,3 мм, але не більше, ніж 1,0 мм становила 86,82%, кількість Т.Фе у фракції більш ніж 1,0 мм, але не більше, ніж 3,35 мм становила 96,18%, і кількість Т.Фе у фракції більш ніж 3,35 мм становила 96,20%. Як можна помітити з цих результатів, що дрібніше фракція порошку, то більше в ньому шлаку і менше значення Т.Фе. Відповідно, видалення дрібного порошку трохи зменшує вихід заліза, але вплив цього є невеликим. З іншого боку, середнє значення Т.Фе може бути підняте, і таким чином це є ефективним. Потрібно зазначити, що в той час, як для сортування дрібного порошку використовували грохот, у випадку сортування великої кількості дрібного порошку, що має діаметр зерна 2 мм або менше, замість грохота може використовуватися, наприклад, повітряний сепаратор.

Крім того, матеріал, зібраний з тонкоподрібненого матеріалу, отриманого шляхом тонкого подрібнення в клітковій дробарці 44 (тобто, першого тонкого подрібнення), розділяли в магнітному сепараторі 55, і отриману речовину, що магнітно притягується, просівали з використанням грохота з розміром отворів решета 0,3 мм для видалення дрібного порошку, що має розмір зерна 0,3 мм або менше. Дрібний порошок з розміром зерна 0,3 мм або менше містить велику кількість шлаку, але невелику кількість Т.Фе, так що в той час, як вихід заліза знижувався до 89,4%, кількість Т.Фе збільшилася до 93,6%, забезпечуючи залізному продукту ще більш високу цінність використання.

Крім того, після тонкого подрібнення в клітковій дробарці як перший прохід деяку частину знову повертають в кліткову дробарку, і виконують другий прохід тонкого подрібнення. Тонкоподрібнений матеріал потім вводять в магнітний сепаратор 55 і розділяють шляхом магнітного розділення так, щоб розсортувати його на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується. Речовину, яка магнітно не притягується, отриману шляхом сортування, просівають на решеті сепаратором 25. Обчислюють значення Т.Фе в матеріалі, що залишився на ситі, а також вихід заліза. У результаті значення Т.Фе становило 88,72%, а вихід заліза становив 95,9%.

З вищеописаних результатів можна помітити, що значення Т.Фе в отриманому тонкоподрібненому матеріалі і вихід заліза змінюються залежно від типу млина 44 тонкого помелу.

#### [Приклад 1-8]

У Прикладі 1-8 всі процеси способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу будуть описані з посиланням на Фіг. 1-8.

Агломерат формували з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, отримуючи, таким чином, агломерат. Отриманий агломерат вводили в нагрівальну піч 31 з рухомим подом, і відновлювали шляхом нагрівання.

Відновлений продукт, що включає металеве залізо і шлак, який вивантажували з нагрівальної печі 31 з рухомим подом, розділяли на крупнозернистий матеріал і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота 32. Грубі частинки (матеріал, що залишився на ситі), отримані на грохоті 32, магнітно розділяли з використанням магнітного сепаратора 33. Відділену речовину, що магнітно не притягується, вивантажували з системи непоказаним шляхом. Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення, подрібнювали з використанням ударної дробарки 34.

Подрібнений матеріал, отриманий шляхом дроблення, розділяли на два типи з використанням сепаратора 35. Як сепаратор 35 може використовуватися, наприклад, магнітний сепаратор, повітряний сепаратор, грохот b і т. п.

У випадку використання як сепаратора 35 магнітного сепаратора речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути введена в машину 36 для формування агломерату, а речовина, яка магнітно не притягується, може бути введена в магнітний сепаратор 37. У випадку використання як сепаратора 35 магнітного сепаратора магнітна сила переважно встановлюється так, щоб вона була більш слабкою, ніж в магнітному сепараторі 37, що використовується далі по схемі.

У випадку використання як сепаратора 35 повітряного сепаратора матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал з великою питомою масою, отримані шляхом повітряного розділення, можуть бути введені в машину 36 для формування агломерату, а матеріал, що складається з дрібних частинок, може бути завантажений в магнітний сепаратор 37.

У випадку використання як сепаратора 35 грохота b матеріал, що залишився на ситі, отриманий шляхом просіювання, може бути введений в машину 36 для формування агломерату, а матеріал, який пройшов через сито, може бути завантажений в магнітний сепаратор 37.

Речовина, яка магнітно не притягується, отримана шляхом магнітного розділення в магнітному сепараторі 37, може бути вивантажена з системи, а речовина, яка магнітно притягується, може бути завантажена в магнітний сепаратор 36. Якщо отримана речовина, яка магнітно притягується, потребує додаткового відділення від шлаку, речовина, яка магнітно притягується, може бути завантажена в млин 38 тонкого помелу.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в млині 38 тонкого помелу, може бути завантажений в магнітний сепаратор 39 і розділений магнітним розділенням. Речовина, яка магнітно не притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути вивантажена з системи, а речовина, яка магнітно притягується, може бути введена в машину 36 для формування агломерату. Якщо отримана речовина, яка магнітно притягується, потребує додаткового відділення від шлаку, речовина, яка магнітно притягується, може бути завантажена в млин 40 тонкого помелу.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в млині 40 тонкого помелу, може бути введений в магнітний сепаратор 41 і розділений магнітним розділенням. Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути введена в машину 36 для формування агломерату, а речовина, яка магнітно не притягується, може бути вивантажена з системи непоказаним шляхом.

У той час як на Фіг. 1-8 був проілюстрований приклад, в якому магнітний сепаратор 37, магнітний сепаратор 39 і магнітний сепаратор 41 забезпечуються окремо, їх може замінити єдиний магнітний сепаратор. Крім того, в той час як на Фіг. 1-8 був проілюстрований приклад, в якому млин 38 тонкого помелу і млин 40 тонкого помелу забезпечуються окремо, їх може замінити єдиний млин тонкого помелу. Кількість повторень магнітного розділення і тонкого подрібнення не обмежується кількістю разів, показаною на Фіг. 1-8, і може дорівнювати одному, як само собою зрозуміло.

Подальший опис буде зроблений, повертаючись до грохота a 32.

Матеріал, що складається з дрібних частинок (матеріал, який пройшов через сито), отриманий на грохоті 32, завантажується в магнітний сепаратор 42 і розділяється шляхом магнітного розділення. Потрібно зазначити, що замість магнітного сепаратора 42 може використовуватися повітряний сепаратор.

Речовина, яка магнітно не притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути вивантажена з системи в точці 43 і знову використана, наприклад, як матеріал покриття поду. Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути завантажена з магнітного сепаратора 42 в машину 36 для формування агломерату або може бути завантажена з магнітного сепаратора 42 в млин 44 тонкого помелу і подрібнена.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення в млині 44 тонкого помелу, розділяється на два типи з використанням сепаратора 45. Як сепаратор 45 може

використовуватися, наприклад, магнітний сепаратор, повітряний сепаратор, і т. п. У випадку використання як сепаратора 45 магнітного сепаратора речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути завантажена в млин 46 тонкого помелу, а речовина, яка магнітно не притягується, може бути вивантажена з системи в точці 47. У випадку

використання як сепаратора 45 повітряного сепаратора матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал з великою питомою масою, отримані шляхом повітряного розділення, можуть бути завантажені в млин 46 тонкого помелу, а матеріал, що складається з дрібних частинок, може бути вивантажений з системи в точці 47. Як сепаратор 45 можуть використовуватися як магнітний сепаратор, так і повітряний сепаратор.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення в млині 46 тонкого помелу, вводили в магнітний сепаратор 56 і розділяли шляхом магнітного розділення для видалення речовини, яка магнітно не притягується. Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути введена в машину 36 для формування агломерату, сформована, наприклад, в брикети і т. п., і може використовуватися як джерело заліза.

Потрібно зазначити, що млин 44 тонкого помелу і млин 46 тонкого помелу можуть бути млинами тонкого помелу різних типів, і у випадку матеріалу, в якому шлак легко відділяється, млин 46 тонкого помелу може бути опущений, а кількість стадій тонкого подрібнення може бути такою, що дорівнює 1.

#### [Приклад 2-1]

У Прикладі 2-1 вивчали залежність між зернистістю і зовнішнім виглядом матеріалу, вивантаженого з нагрівальної печі з рухомим подом, коли агломерат, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, нагрівають в нагрівальній печі з рухомим подом.

Спочатку суміш залізняку, вугілля, вапняку і зв'язувальної речовини формували в агломерати, отримуючи, таким чином, агломерати (котуни). Як зв'язувальну речовину використовували зв'язувальну речовину на основі крохмалю. Чашовий згрудковувач використовували для виробництва котунів, виробляючи сферичні котуни, середній діаметр яких становив 19 мм, і отримані сферичні котуни сушили одну годину при температурі 180 °С. Компонентні склади висушених котунів проілюстровані в Таблиці 2-1 нижче.

Потім висушені котуни вміщували в піч з обертовим подом, нагрівали протягом 10 хв. при температурі приблизно 1450 °С і розплавляли, щоб сформувати розплавлене металеве залізо і розплавлений шлак. У печі також утворювався відновлений продукт. Отриману суміш охолоджували засобами охолодження, передбаченими на виході печі з обертовим подом, і отриману тверду речовину вивантажували з печі з обертовим подом і додатково охолоджували.

Вивантажений матеріал, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який вивантажували з печі з обертовим подом, просівали з використанням грохота, що має розмір отворів 2,5 мм.

Матеріал, який пройшов через сито, отриманий шляхом просіювання, сортували і магнітно розділяли з використанням магнітного сепаратора на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується. Речовину, що магнітно притягується, збирали як металеве залізо. Речовина, яка магнітно не притягується, являла собою головним чином матеріал покриття поду, і відповідно була перероблена.

З іншого боку, матеріал, що залишився на ситі, отриманий при просіюванні, являв собою металеве залізо, яке може бути зібране як продукт і розсортоване на чотири типи на основі зовнішньої форми. Обчислювали масовий процент кожного з чотирьох типів металевого заліза відносно загальної кількості, а також обчислювали масовий процент кожної фракції для кожного металевого заліза. Результати показані в Таблиці 2-2 нижче. Компонентні склади чотирьох типів металевого заліза також були виміряні, і результати показані в Таблиці 2-3 нижче.

На основі Таблиці 2-2 і Таблиці 2-3 можуть бути зроблені наступні спостереження.

(Металеве залізо А)

Зовнішня форма металевого заліза А була зернистою. Масовий процент металевого заліза відносно загальної кількості становив 60,5%. Як можна помітити з Таблиці 2-2, металеве залізо головним чином мало діапазон гранулярності від 5 до 15 мм, і являло собою високоякісне гранульоване металеве залізо, що містить мало шлаку, як можна помітити з Таблиці 2-3.

(Металеве залізо В)

Зовнішня форма металевого заліза В була сплюсненою, такою, що складається з множини шматочків металевого заліза, прилиплих один до одного. Масовий процент металевого заліза В відносно загальної кількості становив 13,8%. Як можна помітити з Таблиці 2-2, металеве залізо

В мало широкий діапазон гранулярності, від 5 до 25,4 мм, і являло собою металеве залізо, що містить трохи більше шлаку, ніж металеве залізо А, як можна помітити з Таблиці 2-3.

(Металеве залізо С)

Зовнішня форма металевого заліза С являла собою множину великих грудок металевого заліза, об'єднаних разом, з великою кількістю шлаку між ними. Масовий процент металевого заліза С відносно загальної кількості становив 10,6%. Як можна помітити з Таблиці 2-2, металеве залізо С головним чином мало діапазон гранулярності від 15 до 25,4 мм, і являло собою металеве залізо, що містить більше шлаку, ніж металеве залізо А і В, як можна помітити з Таблиці 2-3.

(Металеве залізо D)

Зовнішня форма металевого заліза D являла собою суміш металевого заліза в формі зовнішньої оболонки і сферичних котунів. Масовий процент металевого заліза D відносно загальної кількості становив 15,1%. Як можна помітити з Таблиці 2-2, металеве залізо D головним чином мало діапазон гранулярності від 15 до 19 мм, і являло собою металеве залізо, яке з усіх чотирьох типів металевого заліза містило найбільше шлаку, як можна помітити з Таблиці 2-3. Фіг. 2-1 показує фотографію до діаграми, на якій сфотографована зовнішня форма металевого заліза D.

[Таблиця 2-1]

Котун	Компонентний склад (мас.%)					
	T.Fe	FeO	T.C	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
a	45,8	0,4	14,6	6,7	4,8	0,6

[Таблиця 2-2]

Металеве залізо	Процент (%)	Розмір зерна (мм)			
		5-10	10-15	15-19	19-25,4
A	60,5	12,1	38,2	5,1	5,1
B	13,8	4	6,4	1,1	2,3
C	10,6	0	0,5	3,4	6,7
D	15,1	1,4	9,0	3,9	0,8
Смесь	100	17,5	54,1	13,5	14,9

[Таблиця 2-3]

Металеве залізо	Процент (%)	Компонентний склад (мас.%)					
		C	T.Fe	FeO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
A	60,5	2,65	96,20	0,29	0,18	0,17	0,02
B	13,8	1,56	94,27	0,31	1,59	1,25	0,19
C	10,6	1,16	87,27	0,75	5,37	4,22	0,65
D	15,1	1,88	85,75	1,34	5,70	4,19	0,69
Середнє	100	2,22	93,39	0,50	1,77	1,36	0,21

Потім вивчали спосіб розділення металевого заліза і шлаку в металевому залізі D, яке містить найбільшу кількість шлаку і має низьку якість.

Металеве залізо D тонко подрібнювали в дисковій дробарці, яка є вібраційний типом дробарки. Конкретно, 112 г металевого заліза D вміщували в дискову дробарку, тонко подрібнювали протягом 30 с, просівали з використанням грохота з розміром отворів решета 1 мм, і матеріал, що залишився на ситі, додатково тонко подрібнювали протягом 3 хв.

Вивчали гранулометричний розподіл тонкоподрібненого матеріалу, отриманого шляхом тонкого подрібнення протягом 3,5 хв. матеріалу, що залишився на ситі, і результати показані в Таблиці 2-4 нижче. Як можна помітити з Таблиці 2-4, грубі частинки, що мають діапазон гранулярності 3,35 мм або більше, становили 46,92% від загальної кількості. Ці грубі частинки являли собою металеве залізо, і відповідно їх було важко зробити дрібніше.

Потім тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення протягом 3,5 хв. матеріалу, що залишився на ситі, магнітно розділяли, і вимірювали масовий процент речовини, яка магнітно притягується, і речовини, яка магнітно не притягується. Результати вимірювання показані в Таблиці 2-5 нижче. У Таблиці 2-5 М.Fe означає кількість металевого заліза. Як можна помітити з Таблиці 2-5, при магнітному розділенні видаляли 12,71% речовини, яка магнітно не притягується. Кількість шлаку ( $\text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ ), що міститься в речовині, яка магнітно не притягується, становила 77%.

Для речовини, яка магнітно притягується, обчислювали процент металізації, загальна сума  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , процент шлаку і процент видалення шлаку, результати чого проілюстровані в Таблиці 2-6 нижче.

Процент металізації (%) =  $(\text{M.Fe}/\text{T.Fe}) \times 100$

Процент шлаку (%) =  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{T.Fe} \times 100$

Процент видалення шлаку (%) =  $[1 - (\text{кількість шлаку в речовині, що магнітно притягується, після тонкого подрібнення} / \text{кількість шлаку в матеріалі перед тонким подрібненням})] \times 100$ .

Потрібно зазначити, що кількість шлаку для обчислення процента видалення шлаку означає загальну суму  $\text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ .

Як можна помітити з Таблиці 2-6, процент металізації становив 94,99%, тобто, був високим, процент шлаку поменшав з 5,69% до 4,81%, а процент видалення шлаку становив 56,63%. Таким чином було знайдено, що металеве залізо, що має процент шлаку 4,81%, може бути зроблене навіть з низькосортного металевого заліза D шляхом тонкого подрібнення і магнітного розділення.

[Таблиця 2-4]

	Розмір зерна (мм)							Всього
	3,35 або більше	3,35-1,0	1,0-0,500	0,500-0,300	0,300-0,106	0,106-0,045	Менше 0,045	
Маса (г)	52,01	10,78	12,55	8,51	10,81	6,63	9,55	110,84
Масовий процент (%)	46,92	9,73	11,32	7,68	9,75	5,98	8,62	100,00

[Таблиця 2-5]

	Процент (мас.%)	Компонентний склад (мас.%)						
		T.Fe	FeO	M.Fe	T.C	$\text{SiO}_2$	CaO	$\text{Al}_2\text{O}_3$
Речовина, яка магнітно притягується	87,29	87,76	3,50	83,36	1,23	3,52	4,18	0,70
Речовина, яка магнітно не притягується	12,71	10,75	11,35	1,32	4,25	32,01	38,84	5,84
Середнє	-	85,70	4,74	80,32	1,70	7,27	8,73	1,38

[Таблиця 2-6]

Речовина, яка магнітно притягується			
Процент металізації (%)	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (мас.%)	Процент шлаку (%)	Процент видалення шлаку(%)
94,99	4,22	4,81	56,63

[Приклад 2-2]

Як проілюстровано у вищеописаному Прикладі 2-1, доцільно просівати вивантажений матеріал, що містить металеве залізо і шлак, який вивантажується з печі з обертовим подом, потім розділяти матеріал, що залишився на ситі, на основі зовнішньої форми, тонко подрібнювати те металеве залізо, в якому кількість шлаку, що міститься, є найбільшою, і магнітно розділяти отриманий тонкоподрібнений матеріал для збирання металевого заліза. Однак, з промислової точки зору, існують випадки, в яких придатний спосіб розділення недоступний для вибору.



Відповідно, в Прикладі 2-2 вивчали спосіб для тонкого подрібнення змішаного матеріалу в Таблиці 2-2 (суміш металевого заліза А-D, яка є матеріалом, що залишився на ситі, отриманим шляхом просіювання вивантаженого матеріалу, що містить металеве залізо і шлак, який вивантажували з печі з обертовим подом), магнітного відбору і витягання металевого заліза.

5 Для дроблення змішаного матеріалу використовувалася молоткова дробарка, здатна до ударного впливу. Швидкість обертання молотків становила 1200 об./хв., а інтервал між прутками решета був встановлений таким, що дорівнює 10 мм. У дробарку завантажували 2,4 кг змішаного матеріалу і дробили протягом приблизно 40 с. Це було повторювано двічі, після чого був вимірний гранулометричний розподіл. Результати показані в Таблиці 2-7 нижче.

10 Гранулометричний розподіл перед дробленням також показаний в Таблиці 2-7.  
Як можна помітити з Таблиці 2-7, частка порошку, розмір зерна якого становив 5,66 мм або більше, становила 90,7% перед дробленням, але після дроблення частка порошку, розмір зерна якого становив 5,66 мм або більше, поменшала до 66,8%, а процент порошку, що має розмір зерна менше, ніж 5,66 мм, збільшився.

15 Порошок після дроблення розділяли вручну з використанням магніту, і вивчали гранулометричний розподіл речовини, яка магнітно притягується, і речовини, яка магнітно не притягується. Результати цього проілюстровані на Фіг. 2-2. На Фіг. 2-2 гранулометричний розподіл речовини, яка магнітно притягується, визначено квадратами, а гранулометричний розподіл речовини, яка магнітно не притягується, позначений трикутниками. Гранулометричний розподіл порошку перед дробленням також показаний на Фіг. 2-2 і позначений ромбиками.

20 З Фіг. 2-2 можна помітити, що дрібнозернистий матеріал, отриманий внаслідок дроблення, є речовиною, що магнітно не притягується.

Компонентні склади речовини, яка магнітно притягується, і речовини, яка магнітно не притягується, ілюструються в Таблиці 2-8 нижче. Таблиця 2-8 також ілюструє компонентний склад порошку після дроблення, але перед магнітним розділенням (обчислене значення). Як можна помітити з Таблиці 2-8 нижче, речовина, що магнітно не притягується, містить 12,14% Т.Фе, а все інше практично є шлаком.

Для порошку після дроблення, але перед магнітним розділенням, а також для речовини, яка магнітно притягується, обчислювали Т.Фе, основність ( $\text{CaO/SiO}_2$ ), процент шлаку, і Т.С, результати чого показані в Таблиці 2-9 нижче. У той час як порошок після дроблення, але перед магнітним розділенням мав процент шлаку 1,69%, він меншав до 0,72% для речовини, яка магнітно притягується.

На Фіг. 2-3 показана фотографія для діаграми, на якій сфотографована речовина, яка магнітно притягується. Можна помітити, що дроблення з використанням молоткової дробарки витирало поверхню частинок, і що шлак був відділений і видалений, як проілюстровано на Фіг. 2-3.

[Таблиця 2-7]

	Розмір зерна (мм)						
	0,177 або менше	0,177-0,5	0,5-1	1-2,38	2,38-3,36	3,36-5,66	5,66 або більше
Процент перед подрібненням (%)	0,9	0,6	1,0	1,7	1,2	3,9	90,7
Процент після подрібнення (%)	1,9	2,4	3,2	6,0	4,9	14,7	66,8

[Таблиця 2-8]

	Процент (%)	Компонентний склад (мас.%)						
		T.Fe	FeO	M.Fe	T.C	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Перед магнітною сепарацією (розрахункове значення)	-	93,39	0,50	-	2,22	1,36	1,77	0,21
Речовина, яка магнітно притягується	95,53	96,16	0,48	95,57	2,35	0,59	0,48	0,10
Речовина, яка магнітно не притягується	4,47	12,14	8,17	4,63	2,47	32,41	36,04	5,86

[Таблиця 2-9]

	T.Fe (%)	CaO/SiO <sub>2</sub> (-)	Процент шлаку (%)	T.C (%)
Перед магнітною сепарацією	93,53	1,30	1,69	2,22
Речовина, яка магнітно притягується	96,16	0,80	0,72	2,35

## 5 [Приклад 2-3]

У Прикладі 2-3 вивчали спосіб збирання металевго заліза з матеріалу, який пройшов через сито, отриманого просіюванням вивантаженого матеріалу, що включає металеве залізо і шлак, вивантаженого з печі з обертовим подом у вищеописаному Прикладі 2-1, з використанням грохота, що має розмір отворів 2,5 мм.

10 Таблиця 2-10 нижче показує гранулометричний розподіл речовини, яка магнітно притягується, отриманої шляхом магнітного розділення з використанням магнітного сепаратора матеріалу, який пройшов через сито, при просіюванні з використанням грохота, що має розмір отворів 2,5 мм. Порошок, що має розмір зерна менш ніж 1,0 мм, становив 53,38% всієї речовини, яка магнітно притягується, як можна помітити з Таблиці 2-10.

15 Крім того, Таблиця 2-11 нижче показує компонентний склад речовини, яка магнітно притягується, отриманої шляхом магнітного розділення з використанням магнітного сепаратора матеріалу, який пройшов через сито, при просіюванні з використанням грохота, що має розмір отворів 2,5 мм. Процент металізації був високим і становив 98,5%  $(=73,87/74,97 \times 100)$ , але процент шлаку був також високим і становив 13,6%  $[(8,43+1,73)/74,97 \times 100]$ , як можна помітити з Таблиці 2-11.

20 Відповідно, речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення з використанням магнітного сепаратора матеріалу, який пройшов через сито, при просіюванні з використанням грохота, що має розмір отворів 2,5 мм, тонко подрібнювали, і отриманий тонкоподрібнений матеріал знову піддавали магнітному розділенню, і металеве залізо збирали.

25 Інакше кажучи, речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення з використанням магнітного сепаратора матеріалу, який пройшов через сито, при просіюванні з використанням грохота, що має розмір отворів 2,5 мм, тонко подрібнювали шляхом вміщення 1,4 кг речовини (матеріалу), що магнітно притягується, в циліндричний контейнер, що має діаметр 305 мм і довжину 305 мм, разом з 20 кг сталевих куль, і обертати зі швидкістю 68 об./хв.

30 Тривалість тонкого подрібнення становила 0 хв. (без подрібнення), 5 хв., 15 хв. і 30 хв. Отриманий тонкоподрібнений матеріал магнітно розділяли в магнітному сепараторові, і для кожної з речовини, яка магнітно притягується, і речовини, яка магнітно не притягується, вивчали гранулометричні розподіли. Результати показані в Таблиці 2-12 нижче. Таблиця 2-12 також показує процент речовини, яка магнітно притягується, і процент речовини, яка магнітно не притягується.

35

Для речовини, яка магнітно притягується, обчислювали процент шлаку, результати чого показані в Таблиці 2-12, а також взаємозв'язок між тривалістю тонкого подрібнення і процентом шлаку ілюструються на Фіг. 2-4. У речовині, що магнітно притягується, отриманій при тривалості дроблення 5 хв., процент шлаку становив 9,44%, тоді як в речовині, що магнітно притягується, отриманій при тривалості дроблення 30 хв., процент шлаку знижувався до 5,89%, як можна помітити з Таблиці 2-12 і Фіг. 2-4. Відповідно, можна помітити, що більш тривалий час тонкого подрібнення дозволяє зменшити процент шлаку і зібрати високоякісне металеве залізо. Однак після 15 хв. тонкого подрібнення скорочення процента шлаку було невеликим, і основний ефект тонкого подрібнення був отриманий за 15 хв.

Фіг. 2-5 показує гранулометричний розподіл речовини, яка магнітно притягується, і речовини, яка магнітно не притягується. На Фіг. 2-5 чорні ромби представляють результати для речовини, яка магнітно притягується, при тривалості тонкого подрібнення 0 хв., білі ромби представляють результати для речовини, яка магнітно не притягується, при тривалості тонкого подрібнення 0 хв., чорні квадрати представляють результати для речовини, яка магнітно притягується, при тривалості тонкого подрібнення 5 хв., білі квадрати представляють результати для речовини, яка магнітно не притягується, при тривалості тонкого подрібнення 5 хв., чорні трикутники представляють результати для речовини, яка магнітно притягується, при тривалості тонкого подрібнення 15 хв., білі трикутники представляють результати для речовини, яка магнітно не притягується, при тривалості тонкого подрібнення 15 хв., чорні кружки представляють результати для речовини, яка магнітно притягується, при тривалості тонкого подрібнення 30 хв., і білі кружки представляють результати для речовини, яка магнітно не притягується, при тривалості тонкого подрібнення 30 хв.

З Таблиці 2-12 і Фіг. 2-5 можна помітити, що гранулометричний розподіл речовини, яка магнітно притягується, трохи змінюється навіть при збільшенні часу тонкого подрібнення, але при збільшенні часу тонкого подрібнення, в речовині, що магнітно не притягується, кількість дрібного порошку, що має розмір зерна 0,50 мм або менше, збільшується.

[Таблиця 2-10]

	Розмір зерна (мм)						Всього
	4,75 або більше	4,75-3,35	3,35-2,36	2,36-1,70	1,70-1,0	Менш ніж 1,0	
Речовина, яка магнітно притягується (г)	2950	2565	2900	3310	5745	20000	37470
Речовина, яка магнітно притягується (%)	7,87	6,85	7,74	8,83	15,33	53,38	100

[Таблиця 2-11]

Компонентний склад (мас.%)						
T.Fe	FeO	M.Fe	T.C	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
74,97	0,74	73,87	2,90	9,62	8,43	1,73

[Таблиця 2-12]

Розмір зерна (мм)	Час подрібнення							
	0 хв.		5 хв.		15 хв.		30 хв.	
	Речовина, яка магнітно притягується (%)	Речовина, яка магнітно не притягується (%)	Речовина, яка магнітно притягується (%)	Речовина, яка магнітно не притягується (%)	Речовина, яка магнітно притягується (%)	Речовина, яка магнітно не притягується (%)	Речовина, яка магнітно притягується (%)	Речовина, яка магнітно не притягується (%)
1,0 або більше	42,78	13,62	34,66	8,91	33,77	5,11	33,28	1,01
1,00-0,710	11,57	2,24	9,00	9,10	7,56	1,45	7,07	0,42
0,710-0,50	9,93	47,32	9,36	27,55	8,94	4,01	7,92	0,59
0,50-0,21	24,86	26,93	32,45	28,35	31,28	41,89	30,72	25,71
0,21-0,106	7,32	5,63	9,93	13,73	12,16	25,88	13,55	33,82
0,106-0,075	1,70	2,11	2,20	6,07	3,00	10,94	3,48	18,04
Менше, ніж 0,075	1,85	2,16	2,40	6,29	3,29	10,72	3,97	20,41
Всього	100	100	100	100	100	100	100	100
Процент (%)	97,50	2,50	89,94	10,06	84,40	15,60	83,37	16,63
Процент шлаку (%)	13,54	-	9,44	-	6,44	-	5,89	-

5

## [Приклад 2-4]

У Прикладі 2-4 металеве залізо отримували, слідуючи процесам виробництва металевого заліза, проілюстрованим на Фіг. 2-6, і вивчали умови дроблення в дробарці 34 і тип млина тонкого помелу, що відповідно використовували як млин 38 тонкого помелу.

10

Спочатку на основі Фіг. 2-6 будуть описані процеси виробництва металевого заліза. Агломерат формував з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, отримуючи, таким чином, агломерат. Отриманий агломерат вводили в нагрівальну піч 31 з рухомим подом і нагрівали так, щоб агломерат плавився і сформував розплавлене металеве залізо, розплавлений шлак і відновлений продукт. Отриману суміш охолоджували, і тверду речовину, отриману шляхом охолодження, вивантажували з нагрівальної печі 31 з рухомим подом. Вивантажений матеріал, що містить металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який вивантажували з нагрівальної печі 31 з рухомим подом, розділяли на крупнозернистий матеріал і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота 32. Грубі частинки (матеріал, що залишився на ситі), отримані на грохоті 32, дробили з використанням ударної дробарки 34. Подрібнений матеріал, отриманий дробленням, розділяли на два типи з використанням сепаратора 35.

20

Як сепаратор 35 використовували грохот. Матеріал, що залишився на ситі, отриманий шляхом просіювання на грохоті, збирали з системи як продукт. З іншого боку, матеріал, який пройшов через сито, отриманий шляхом просіювання на грохоті, вводили в магнітний сепаратор 37. Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення в магнітному сепараторі 37, вводили в млин 38 тонкого помелу. Потрібно зазначити, що вищезазначений сепаратор 35 і вищезазначений магнітний сепаратор 37 можуть бути опущені.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в млині 38 тонкого помелу, вводили в магнітний сепаратор 39 і магнітно розділяли. Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення, збирали в точці 48 як металеве залізо. Якщо отримана речовина, яка магнітно притягується, потребувала додаткового відділення від шлаку, її завантажували в млин 40 тонкого помелу замість того, щоб збирати як металеве залізо в точці 48.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в млині 40 тонкого помелу, вводили в магнітний сепаратор 41, і виконували магнітне розділення. Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення, збирали в точці 49 як металеве залізо. Якщо отримана речовина, яка магнітно притягується, потребує додаткового відділення від шлаку, її можна знову неодноразово вводити в млин тонкого помелу, тонко подрібнити і магнітно розділяти, замість того, щоб збирати як металеве залізо в точці 49.

Речовину, яка магнітно притягується, отриману з магнітного сепаратора 41, вводили в машину 36 для формування агломерату (наприклад, брикетувальник), формували в агломерат і збирали як продукт 51. Потрібно зазначити, що машина 36 для формування агломерату може бути опущена. Крім того, Фіг. 2-6 не ілюструє шляху для вивантаження з системи речовини, яка магнітно не притягується, відсортованої магнітними сепараторами 37, 39 і 41.

Потім в цьому Прикладі вивчали умови дроблення в дробарці 34.

Як агломерат використовували котун, показаний в Таблиці 2-13 нижче. Цей агломерат вводили в нагрівальну піч 31 з рухомим подом і відновлювали шляхом нагрівання. Відновлення шляхом нагрівання в печі виконували при температурі від 1400 до 1450 °C.

[Таблиця 2-13]

Котун	Компонентний склад (мас. %)								
	T.Fe	FeO	T.C	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO/SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub>
A	42,5	2,2	15,2	6,27	10,97	0,92	0,11	0,57	0,08

Використовували грохот 32 з розміром отворів решета 3,35 мм.

Як дробарку 34 використовували стрижневу дробарку. Внутрішній діаметр стрижневої дробарки становив 0,5 м, довжина становила 0,9 м, і всередину вміщували 460 кг стрижнів, що служать середовищем тонкого подрібнення.

Кількість матеріалу, що складається з грубих частинок, введенного в стрижневу дробарку, становила 50 кг, умови дроблення включали швидкість обертання 40 об./хв. і тривалість дроблення 3 хв., 5 хв. і 10 хв. У результаті процент шлаку в продукті, отриманому дробленням протягом 3 хв., становив 10,2 %, процент шлаку в продукті, отриманому дробленням протягом 5 хв., становив 9,8 %, і процент шлаку в продукті, отриманому дробленням протягом 10 хв., становив 9,6 %. Потрібно зазначити, що процент шлаку в матеріалі, що складається з грубих частинок, введенному в стрижневу дробарку, становив 28,0 %.

Процент шлаку вказує на процент загальної маси SiO<sub>2</sub> і Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> відносно маси T.Fe, що міститься в крупнозернистому матеріалі або роздробленому продукті  $[(SiO_2 + Al_2O_3)/T.Fe \times 100 \dots (1)]$ .

З вищенаведеного було знайдено, що тривалість дроблення 3 хв. в дробарці 34 є достатньою.

Крім того, в даному Прикладі також вивчали тип млина тонкого помелу, що відповідно використовується як млин 38 тонкого помелу. Потрібно зазначити, що сепаратор 35 і магнітний сепаратор 37 були опущені.

Як млин 38 тонкого помелу використовувалися стрижнева дробарка або кліткова дробарка.

У випадку використання стрижневої дробарки тонке подрібнення виконували один раз (тривалість тонкого подрібнення - 15 хв.). У результаті процент шлаку становив 13,8 % з використанням стрижневої дробарки як млина 38 тонкого помелу.

У випадку використання кліткової дробарки тонке подрібнення виконували три рази. Інакше кажучи, після одного проходу тонкого подрібнення частину матеріалу збирали, його магнітно

відбирали, і вимірювали процент шлаку в отриманій речовині, що магнітно притягується. Залишок матеріалу піддавали другому проходу тонкого подрібнення. Після другого проходу тонкого подрібнення збирали частину матеріалу, його магнітно відбирали, і вимірювали процент шлаку в отриманій речовині, що магнітно притягується. Залишок матеріалу піддавали третьому проходу тонкого подрібнення, після якого його магнітно відбирали, і вимірювали процент шлаку в отриманій речовині, що магнітно притягується. Використана кліткова дробарка мала чотири ряди з діаметром зовнішнього ряду 0,75 м і стрижні клітки, що стикаються з матеріалом, що подрібнюється, на максимальній швидкості 40 м/с. В результаті, у випадку використання кліткової дробарки як млина 38 тонкого помелу перший прохід давав 9,8 % шлаку, другий прохід давав 7,9 % шлаку, і третій прохід давав 6,5 % шлаку. Було знайдено, що у випадку використання кліткової дробарки процент шлаку може бути зменшений ще сильніше шляхом повторення тонкого подрібнення.

З вищеописаних результатів було знайдено, що процент шлаку, що міститься в тонкоподрібненому матеріалі, був відносно нижче у випадку використання кліткової дробарки порівняно з використанням стрижневої дробарки як млина 38 тонкого помелу.

#### [Приклад 2-5]

У Прикладі 2-5 металеве залізо отримували, слідуючи процесу виробництва металевого заліза, проілюстрованому на Фіг. 2-7, і вивчали кількість Т.Фе, включеного в тонкоподрібнений матеріал, а також вихід заліза.

Спочатку буде описаний процес виробництва металевого заліза, проілюстрований на Фіг. 2-7(a).

Агломерат формували з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, отримуючи, таким чином, агломерат. Отриманий агломерат вводили в нагрівальну піч 31 з рухомим подом і нагрівали, і агломерат розплавляли для того, щоб сформувати розплавлене металеве залізо, розплавлений шлак і відновлені агломерати. Отриману суміш охолоджували, і тверду речовину, отриману шляхом охолодження, вивантажували з нагрівальної печі 31 з рухомим подом.

Відновлений продукт, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який вивантажували з нагрівальної печі 31 з рухомим подом, розділяли на крупнозернистий матеріал і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота 32. Матеріал, що складається з дрібних частинок (матеріал, який пройшов через сито), отриманий на грохоті 32, вводили в магнітний сепаратор 42 і магнітно розділяли. Речовину, яка магнітно не притягується, отриману шляхом магнітного розділення, вивантажували з системи в точці 43 і використовували як матеріал покриття поду для нагрівальної печі з рухомим подом. Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, мала 66,05 % Т.Фе, і вводили в млин 44 тонкого помелу і подрібнена.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення в млині 44 тонкого помелу, розділяли на два типи з використанням сепаратора 45. На Фіг. 2-7(a) як сепаратор 45 використовували магнітний сепаратор 45.

У даному Прикладі як млин 44 тонкого помелу, показаний на Фіг. 2-7(a), використовувалася кульова дробарка, і речовину, яка магнітно притягується, відсортовану в магнітному сепараторі 42, тонко подрібнювали. Використовувалася кульова дробарка, що має внутрішній діаметр 0,5 м і довжину 0,5 м. Завантажували приблизно 40 кг матеріалу, що подрібнюється, 180 кг подрібнювального середовища у вигляді куль, і тонке подрібнення виконували при швидкості обертання 40 об./хв. при тривалості тонкого подрібнення 9 хв. Потрібно зазначити, що тривалість тонкого подрібнення встановлювали такою, що дорівнює 9 хв., тому що збільшення процента Т.Фе в речовині, що магнітно притягується, яка була відібрана, було складним при збільшенні тривалості тонкого подрібнення понад 9 хв.

Вимірювали кількість Т.Фе, що міститься в тонкоподрібненому матеріалі, отриманому шляхом тонкого подрібнення в млині 44 тонкого помелу, і вихід заліза. У результаті значення Т.Фе становило 84,5 %, а вихід заліза становив 96,3 %.

Далі буде описаний процес виробництва металевого заліза, проілюстрований на Фіг. 2-7(b). Процес виробництва металевого заліза, проілюстрований на Фіг. 2-7(b), являє собою модифікацію описаного вище процесу виробництва металевого заліза, проілюстрованого на Фіг. 2-7(a).

Процес виробництва металевого заліза, проілюстрований на Фіг. 2-7 (b), є тим же самим, що і процес виробництва металевого заліза, проілюстрований на Фіг. 2-7(a), за винятком того, що додані процес тонкого подрібнення речовини, яка магнітно притягується, отриманої за допомогою магнітного сепаратора 45, з використанням млина 46 тонкого помелу, і магнітний

сепаратор 52, що магнітно розділяє тонкоподрібнений матеріал, отриманий в млині 46 тонкого помелу. Потрібно зазначити, що сепаратор 45 (магнітний сепаратор 45) може бути опущений.

У даному Прикладі як млин 44 тонкого помелу і млин 46 тонкого помелу, проілюстрований на Фіг. 2-7 (b), використовували кліткові дробарки. Інакше кажучи, речовину, яка магнітно притягується, відділену в магнітному сепараторі 42, тонко подрібнювали в клітковій дробарці 44, частину матеріалу збирали, і залишок вводили в кліткову дробарку 46 і тонко подрібнювали.

Умови тонкого подрібнення в клітковій дробарці були тими ж самими, що і умови, описані в Прикладі 2-5 вище.

Матеріал, зібраний з тонкоподрібненого матеріалу, отриманого шляхом тонкого подрібнення в клітковій дробарці 44 (наприклад, першого тонкого подрібнення), відділяли магнітним розділенням в непоказаному магнітному сепараторі. Значення Т.Fe в отриманій речовині, що магнітно притягується, становило 85,8 %, а вихід заліза становив 97,7 %. Матеріал, зібраний з тонкоподрібненого матеріалу, отриманого шляхом тонкого подрібнення в клітковій дробарці 44 (тобто, першого тонкого подрібнення), розділяли в непоказаному магнітному сепараторі, і отриману речовину, що магнітно притягується, просівали з використанням грохота з розміром отворів решета 0,3 мм для видалення дрібного порошку, що має розмір зерна 0,3 мм або менше. Дрібний порошок з розміром зерна 0,3 мм або менше містить велику кількість шлаку, але невелику кількість Т.Fe, так що в той час, як вихід заліза впав до 89,4 %, кількість Т.Fe збільшилася до 93,6 %, забезпечуючи залізному продукту ще більш високу цінність використання.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення в клітковій дробарці 46 (тобто, другого тонкого подрібнення), розділяли в магнітному сепараторі 52. Значення Т.Fe в отриманій речовині, що магнітно притягується, становило 88,7 %, а вихід заліза становив 95,9 %.

[Приклад 2-6]

У Прикладі 2-6 металеве залізо отримували, слідуючи процесам виробництва металевого заліза, проілюстрованим на Фіг. 2-8, і вивчали вплив, який тип млина 44 тонкого помелу здійснює на величину Т.Fe в тонкоподрібненому матеріалі, а також на вихід заліза.

Спочатку на основі Фіг. 2-8 будуть описані процеси виробництва металевого заліза.

Агломерат формували з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, отримуючи, таким чином, агломерат. Отриманий агломерат вводили в нагрівальну піч 31 з рухомим подом і нагрівали так, щоб агломерат плавився, щоб сформувати розплавлене металеве залізо, розплавлений шлак і відновлені агломерати. Отриману суміш охолоджували, і тверду речовину, отриману шляхом охолодження, вивантажували з нагрівальної печі 31 з рухомим подом. Відновлений продукт, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який вивантажували з нагрівальної печі 31 з рухомим подом, розділяли на крупнозернистий матеріал і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота 32. Розмір отворів грохота становив 3,35 мм.

Грубі частинки (матеріал, що залишився на ситі), отримані на грохоті 32, магнітно розділяли, і речовину, що магнітно притягується, збирали як продукт. Дрібнозернистий матеріал, отриманий з грохота 32 (матеріал, який пройшов через сито), вводили в магнітний сепаратор 42 і магнітно розділяли. Магнітно відділену речовину, що магнітно не притягується, вивантажували з системи в точці 43 і використовували як матеріал покриття поду для нагрівальної печі з рухомим подом. Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення, вводили в млин 44 тонкого помелу і подрібнювали.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення в млині 44 тонкого помелу, вводили в магнітний сепаратор 55 і магнітно розділяли.

Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом розділення в магнітному сепараторі 55, розділяли на два типи з використанням сепаратора 45. Фіг. 2-8 ілюструє приклад використання грохота 45 як сепаратора 45. Розмір отворів грохота становив 0,3 мм.

Матеріал, що пройшов через грохот 45, що використовується як сепаратор 45, вивантажували з системи. Матеріал, що залишився на ситі, вводили в машину 53 для формування агломерату (наприклад, брикетувальник), формували в агломерат, що має таку форму, як брикет і т. п., і збирали як продукт 54.

У тому випадку, якщо вихід заліза має пріоритет перед чистотою заліза в продукті, грохот 45 може бути опущений, а речовина, яка магнітно притягується, після магнітного сепаратора 55 може бути сформована і взята як продукт.

У даному Прикладі як млин 44 тонкого помелу, показаний на Фіг. 2-8, використовувалася кульова дробарка або кліткова дробарка.

Використовувалася кульова дробарка, що має внутрішній діаметр 0,5 м і довжину 0,5 м. Завантажували приблизно 40 кг матеріалу, що подрібнюється, 180 кг подрібнювального середовища у вигляді куль, і тонке подрібнення виконували при швидкості обертання 40 об./хв. при тривалості тонкого подрібнення 9 хв. Потрібно зазначити, що тривалість тонкого

подрібнення встановлювали такою, що дорівнює 9 хв., тому що збільшення процента Т.Фе в речовині, що магнітно притягується, яка була відібрана, було складним при збільшенні тривалості тонкого подрібнення понад 9 хв.

Вимірювали кількість Т.Фе, що міститься в тонкоподрібненому матеріалі, отриманому шляхом тонкого подрібнення в млині 44 тонкого помелу, і вихід заліза. У результаті значення

Т.Фе становило 84,46 %, а вихід заліза становив 96,27 %.

З іншого боку, у випадку використання кліткової дробарки, що магнітно притягується, речовину, відділену в магнітному сепараторі 42, тонко подрібнювали в клітковій дробарці 44. Після тонкого подрібнення в клітковій дробарці 44 (після першого тонкого подрібнення) зібраний матеріал розділяли магнітним розділенням в магнітному сепараторі 55. Значення Т.Фе в отриманій речовині, що магнітно притягується, становило 85,77 %, а вихід заліза становив 97,7 %.

Крім того, речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення в магнітному сепараторі 55, просівали з використанням грохотів, що мають розмір отворів решета 0,045 мм, 0,3 мм, 1,0 мм і 3,35 мм для того, щоб розсортувати його на п'ять фракцій: 0,045 мм або менше, більш ніж 0,045 мм, але не більше, ніж 0,3 мм, більш ніж 0,3 мм, але не більше, ніж 1,0 мм, більш ніж 1,0 мм, але не більше, ніж 3,35 мм, і більш ніж 3,35 мм. Обчислювали значення Т.Фе в кожній фракції. У результаті значення Т.Фе у фракції 0,045 мм або менше становило 32,30 %, кількість Т.Фе у фракції більш ніж 0,045 мм, але не більше, ніж 0,3 мм становила 45,27 %, кількість Т.Фе у фракції більш ніж 0,3 мм, але не більше, ніж 1,0 мм становила 86,82 %, кількість Т.Фе у фракції більш ніж 1,0 мм, але не більше, ніж 3,35 мм становила 96,18 %, і кількість Т.Фе у фракції більш ніж 3,35 мм становила 96,20 %. Як можна помітити з цих результатів, що дрібніше фракція порошку, то більше в ньому шлаку і менше значення Т.Фе. Відповідно, видалення дрібного порошку трохи зменшує вихід заліза, але вплив цього є невеликим. З іншого боку, середнє значення Т.Фе може бути підняте, і таким чином це є ефективним. Потрібно зазначити, що в той час, як для сортування дрібного порошку використовували грохот, у випадку сортування великої кількості дрібного порошку, що має діаметр зерна 2 мм або менше, замість грохота може використовуватися, наприклад, повітряний сепаратор.

Крім того, матеріал, зібраний з тонкоподрібненого матеріалу, отриманого шляхом тонкого подрібнення в клітковій дробарці 44 (тобто, першого тонкого подрібнення), розділяли в магнітному сепараторі 55, і отриману речовину, що магнітно притягується, просівали з використанням грохота з розміром отворів решета 0,3 мм для видалення дрібного порошку, що має розмір зерна 0,3 мм або менше. Дрібний порошок з розміром зерна 0,3 мм або менше містить велику кількість шлаку, але невелику кількість Т.Фе, так що в той час, як вихід заліза знижувався до 89,4 %, кількість Т.Фе збільшилася до 93,6 %, забезпечуючи залізнаму продукту ще більш високу цінність використання.

Крім того, після тонкого подрібнення в клітковій дробарці як перший прохід деяку частину знову повертають в кліткову дробарку, і виконують другий прохід тонкого подрібнення. Тонкоподрібнений матеріал потім вводять в магнітний сепаратор 55 і розділяють шляхом магнітного розділення так, щоб розсортувати його на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується. Речовину, яка магнітно не притягується, отриману шляхом сортування, просівають на решеті сепаратором 25. Обчислюють значення Т.Фе в матеріалі, що залишився на ситі, а також вихід заліза. У результаті значення Т.Фе становило 88,72 %, а вихід заліза становив 95,9 %.

З вищеописаних результатів можна помітити, що значення Т.Фе в отриманому тонкоподрібненому матеріалі і вихід заліза змінюються залежно від типу млина 44 тонкого помелу.

#### [Приклад 2-7]

У Прикладі 2-7 всі процеси способу виробництва металевого заліза відповідно до даного винаходу будуть описані з посиланням на Фіг. 2-9.

Агломерат формували з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, отримуючи, таким чином, агломерат. Отриманий агломерат вводили в нагрівальну піч 31 з рухомим подом і нагрівали для розплавлення агломерату і формування розплавленого заліза, розплавленого шлаку і відновленого агломерату. Отриману суміш



охолюдували, і тверду речовину, отриману шляхом охолоджування, вивантажували з нагрівальної печі 31 з рухомим подом.

Відновлений продукт, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який вивантажували з нагрівальної печі 31 з рухомим подом, розділяли на крупнозернистий матеріал і матеріал, що складається з дрібних частинок, з використанням грохота 32. Грубі частинки (матеріал, що залишився на ситі), отримані на грохоті 32, магнітно розділяли з використанням магнітного сепаратора 33. Відділену речовину, що магнітно не притягується, вивантажували з системи непоказаним шляхом. Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом магнітного розділення, подрібнювали з використанням ударної дробарки 34.

Подрібнений матеріал, отриманий шляхом дроблення, розділяли на два типи з використанням сепаратора 35. Як сепаратор 35 може використовуватися, наприклад, магнітний сепаратор, повітряний сепаратор, грохот b і т. п.

У випадку використання як сепаратора 35 магнітного сепаратора речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути введена в машину 36 для формування агломерату, а речовина, яка магнітно не притягується може бути введена в магнітний сепаратор 37. У випадку використання як сепаратора 35 магнітного сепаратора магнітна сила переважно встановлюється так, щоб вона була більш слабкою, ніж в магнітному сепараторі 37, що використовується далі по схемі.

У випадку використання як сепаратора 35 повітряного сепаратора матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал з великою питомою масою, отримані шляхом повітряного розділення, можуть бути введені в машину 36 для формування агломерату, а матеріал, що складається з дрібних частинок, може бути завантажений в магнітний сепаратор 37.

У випадку використання як сепаратора 35 грохота b матеріал, що залишився на ситі, отриманий шляхом просіювання, може бути введений в машину 36 для формування агломерату, а матеріал, який пройшов через сито, може бути завантажений в магнітний сепаратор 37.

Речовина, яка магнітно не притягується, отримана шляхом магнітного розділення в магнітному сепараторі 37, може бути вивантажена з системи, а речовина, яка магнітно притягується, може бути завантажена в магнітний сепаратор 36. Якщо отримана речовина, яка магнітно притягується, потребує додаткового відділення від шлаку, речовина, яка магнітно притягується, може бути завантажена в млин 38 тонкого помелу.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в млині 38 тонкого помелу, може бути завантажений в магнітний сепаратор 39 і розділений магнітним розділенням. Речовина, яка магнітно не притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути вивантажена з системи, а речовина, яка магнітно притягується, може бути введена в машину 36 для формування агломерату. Якщо отримана речовина, яка магнітно притягується, потребує додаткового відділення від шлаку, речовина, яка магнітно притягується, може бути завантажена в млин 40 тонкого помелу.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий в млині 40 тонкого помелу, може бути введений в магнітний сепаратор 41 і розділений магнітним розділенням. Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути введена в машину 36 для формування агломерату, а речовина, яка магнітно не притягується, може бути вивантажена з системи непоказаним шляхом.

У той час як на Фіг. 2-9 був проілюстрований приклад, в якому магнітний сепаратор 37, магнітний сепаратор 39 і магнітний сепаратор 41 забезпечуються окремо, їх може замінити єдиний магнітний сепаратор. Крім того, в той час як на Фіг. 2-9 був проілюстрований приклад, в якому млин 38 тонкого помелу і млин 40 тонкого помелу забезпечуються окремо, їх може замінити єдиний млин тонкого помелу. Кількість повторень магнітного розділення і тонкого подрібнення не обмежується кількістю разів, показаною на Фіг. 2-9, і може дорівнювати одному, як само собою зрозуміло.

Подальший опис буде зроблений, повертаючись до грохота a 32.

Матеріал, що складається з дрібних частинок (матеріал, який пройшов через сито), отриманий на грохоті 32, завантажують у магнітний сепаратор 42 і розділяють шляхом магнітного розділення. Потрібно зазначити, що замість магнітного сепаратора 42 може використовуватися повітряний сепаратор.

Речовина, яка магнітно не притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути вивантажена з системи в точці 43 і знову використана, наприклад, як матеріал покриття поду. Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути завантажена з магнітного сепаратора 42 в машину 36 для формування агломерату, або може бути завантажена з магнітного сепаратора 42 в млин 44 тонкого помелу і подрібнена.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення в млині 44 тонкого помелу, розділяється на два типи з використанням сепаратора 45. Як сепаратор 45 може використовуватися, наприклад, магнітний сепаратор, повітряний сепаратор, і т. п. У випадку використання як сепаратора 45 магнітного сепаратора речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути завантажена в млин 46 тонкого помелу, а речовина, яка магнітно не притягується, може бути вивантажена з системи в точці 47. У випадку використання як сепаратора 45 повітряного сепаратора матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал з великою питомою масою, отримані шляхом повітряного розділення, можуть бути завантажені в млин 46 тонкого помелу, а матеріал, що складається з дрібних частинок, може бути вивантажений з системи в точці 47. Як сепаратор 45 можуть використовуватися як магнітний сепаратор, так і повітряний сепаратор.

Тонкоподрібнений матеріал, отриманий шляхом тонкого подрібнення в млині 46 тонкого помелу, вводять у магнітний сепаратор 56 і розділяють шляхом магнітного розділення для видалення речовини, яка магнітно не притягується. Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, може бути введена в машину 36 для формування агломерату, сформована, наприклад, в брикети і т. п., і може використовуватися як джерело заліза.

Потрібно зазначити, що млин 44 тонкого помелу і млин 46 тонкого помелу можуть бути млинами тонкого помелу різних типів, і у випадку матеріалу, в якому шлак легко відділяється, млин 46 тонкого помелу може бути опущений, а кількість стадій тонкого подрібнення може бути такою, що дорівнює 1.

#### [Приклад 3-1]

Після нагрівання агломерату, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник, в нагрівальній печі з рухомим подом і просіювання відновленого продукту, вивантаженого з нагрівальної печі, з використанням грохота с, що має розмір отворів решета від 15 до 20 мм, виконували просіювання матеріалу с, який пройшов через сито, із використанням грохота, що має розмір отворів решета 3,35 мм (еквівалентного вищеописаному грохоту b). Суміш вище грохота b дробили з використанням дробарки, і шлак, прилиплий до металевому заліза або оточений металевим залізом, був відділений. Умови під час дроблення суміші на грохоті вивчали в Прикладі 3-1.

Котуни, що містять вуглецевий матеріал (середній діаметр: 19 мм), отримували як агломерат, котуни, що містять вуглецевий матеріал, вводили в нагрівальну піч і нагрівали протягом 11 хв. при температурі 1450 °С. Компонентний склад котунів, що містять вуглецевий матеріал, показаний в Таблиці 3-1 нижче.

Після просіювання вивантаженого з нагрівальної печі відновленого продукту з використанням грохота с, що має розмір отворів решета від 15 до 20 мм, виконували просіювання матеріалу с, який пройшов через сито, із використанням грохота, що має розмір отворів решета 3,35 мм (еквівалентного вищеописаному грохоту b). Відновлений продукт містив металеве залізо, відновлені котуни (тобто суміш металевому заліза і шлаку), шлак, матеріал покриття поду і т. д.

Суміш, отримана як матеріал, що залишився на ситі, була роздроблена з використанням дробарки. Як дробарка використовувалася молоткова дробарка з горизонтальним валом, така, як проілюстровано на Фіг. 3-2. Технічні характеристики молоткової дробарки були наступними:

Швидкість обертання молотків: 3600 об./хв.

Ширина кінця лопаті молотка: 4,8 мм

Максимальна довжина ротора: 254 мм

Швидкість кінця лопаті молотка: 48 м/с

Розмір отворів решета, передбаченого в молотковій дробарці: 7,8 мм

1 кг суміші, отриманої як матеріал, що залишився на ситі, вводили в молоткову дробарку, і дроблення виконували протягом 5 с і 10 с. У результаті у випадку, коли тривалість дроблення становила 10 с, поверхня частинок, що залишилися на решеті, передбаченому в молотковій дробарці, мала металевий блиск, і таким чином було встановлено, що шлак відділений в достатній мірі.

Крім того, у випадку, коли тривалість дроблення становила 5 с, поверхня частинок, що залишилися на решеті, передбаченому в молотковій дробарці, також мала металевий блиск, як і у випадку, коли тривалість дроблення становила 10 с. Таким чином було знайдено, що тривалість дроблення, яка дорівнює 5 с, є достатньою.

Гранулометричний розподіл (кумулятивна зернистість) вимірювали для порошку, отриманого шляхом дроблення в молотковій дробарці. Результати вимірювання ілюструються на Фіг. 3-5. На Фіг. 3-5 ромби представляють порошок, що залишився на решеті, передбаченому

в молотковій дробарці, квадрати представляють порошок, який пройшов через решето, передбачене в молотковій дробарці, і трикутники представляють порошок, понесений газом, що виходить з молоткової дробарки, і зібраний циклонним сепаратором, з'єднаним з молотковою дробаркою.

5 З Фіг. 3-5 можна помітити, що градієнт сукупної гранулярності змінюється між розміром зерна 2 мм і 3 мм для порошку, який пройшов через решето, передбачене в молотковій дробарці (квадрати на Фіг. 3-5). Відповідно, порошок, який пройшов через решето, передбачене в молотковій дробарці (квадрати на Фіг. 3-5), просівали з використанням грохота, що має розмір отворів 3,35 мм. Процент шлаку  $[(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{T.Fe}]$  в порошку, що залишився на грохоті (в подальшому позначеному як +3,35 мм) і в порошку, який пройшов через грохот (в подальшому позначеному як -3,35 мм), обчислювали на основі даних хімічного аналізу. У результаті було знайдено, що процент шлаку у фракції +3,35 мм становив 7,1 %, тоді як процент шлаку у фракції -3,35 мм становив 240,7 %, так що різниця в проценті шлаку між матеріалом, що залишився на ситі, і матеріалом, який пройшов крізь сито, є великою.

15 Таким чином, як можна помітити за результатами Прикладу 3-1, порошок з великим розміром зерна, що залишається на грохоті, що має розмір отворів решета 3,35 мм, містить велику кількість металевго заліза, в той час як порошок з маленьким розміром зерна, який пройшов через грохот, що має розмір отворів 3,35 мм, містить велику кількість шлаку. Відповідно було знайдено, що металеве залізо і шлак мають різні гранулометричний розподіли.

20 [Приклад 3-2]

Дроблення виконували в Прикладі 3-2 при різних умовах дроблення молотковою дробаркою з використанням того ж самого типу обладнання, що і молоткова дробарка, використана в описаному вище Прикладі 3-1, але з різними технічними характеристиками. Швидкість обертання молотків, ширина кінця лопаті молотка, максимальна довжина ротора, швидкість лез молотків, розмір отворів решета, передбаченого в молотковій дробарці, і тривалість дроблення ілюструються в Таблиці 3-2 нижче як умови дроблення в молотковій дробарці. Результати № 1, показані в Таблиці 3-2 нижче, означають результати вищеописаного Прикладу 3-1.

Процент отриманого шляхом дроблення молотковою дробаркою порошку, розмір зерна якого становив 5 мм або менше, процент порошку, розмір зерна якого становив 3 мм або менше, і процент порошку, розмір зерна якого становив 1 мм або менше, отримували з гранулометричний розподілу. Результати також показані в Таблиці 3-2 нижче.

Крім того, індекси дроблення обчислювали на основі швидкості руху лез молотків, розміру отворів решета, передбаченого в молотковій дробарці, і тривалість дроблення, яка також показана в Таблиці 3-2.

35 На основі Таблиці 3-2 може бути зроблене наступне спостереження.

№ 1 являє собою приклад, що задовольняє попереднім умовам, передбаченим в даному винаході, і в той час як процент частинок, розмір зерна яких перевищує 5 мм, становив 53,7 %, процент частинок, розмір зерна яких становить 3 мм або менше, становив 33,2 %. 66,8 % частинок, розмір зерна яких перевищує 3 мм, мав металевий блиск, і таким чином можна передбачити, що металеве залізо і шлак були відповідно розділені.

Швидкість кінця лопаті в № 2 повільніше, ніж в № 1, але навіть коли швидкість кінця лопаті молотка становить 30 м/с, відбувається надмірне дроблення, якщо індекс дроблення перевищує 2000, і весь об'єм стає частинками, що мають розмір зерна 5 мм або менше. Частинки після дроблення не мали металевий блиск, і таким чином можливо, що розділення металевго заліза і шлаку було недостатнім.

45 Що стосується № 3, швидкість кінця лопаті молотка становила 105 м/с, і індекс дроблення набагато перевищував 2000, що так матеріал, який пройшов через сито, отриманий шляхом просіювання з використанням грохота, що має розмір отворів 1 мм, становив 100 %, вказуючи на те, що не тільки шлак, а також і металеве залізо було роздроблене. Відповідно, можна помітити, що умови дроблення, використані в № 3, приводять до надмірного дроблення.

З вищенаведених результатів можна передбачити, що умови, при яких швидкість кінця лопаті є великою, а індекс подрібнення є невеликим, є придатними для дроблення суміші металевго заліза і шлаку. Придатними можна вважати швидкість кінця лопаті від 30 до 60 м/с, і індекс дроблення від 800 до 2000.

55

[Таблиця 3-1]

Компонентний склад (мас. %)					
T.Fe	FeO	T.C	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
48,19	20,47	16,37	2,90	7,71	1,87

[Таблиця 3-2]

№	Швид- кість обертання (об./хв.)	Ширина кінця леза (мм)	Макс. довжина ротора (мм)	Швид- кість леза (м/с)	Розмір отворів сита (м)	Час подрібне- ння (с)	Зернистість (%)			Індекс подрібнення
							-5 мм	-3 мм	-1 мм	
1	3600	4,8	254	48	0,0078	5	46,3	33,2	22,5	1215
2	1200	43,0	460	30	0,0060	40	100	66,9	36,7	2449
3	3600	9,5	559	105	0,0100	60	0	0	100	8133

## 5 [Приклад 3-3]

У Прикладі 3-3 відновлений продукт, вивантажений з нагрівальної печі у вищеописаному Прикладі 3-1, просівали з використанням грохота, що має розмір отворів 3,35 мм (еквівалентно вищеописаному грохоту b), і суміш отриманого матеріалу, який пройшов через сито, була магнітно розділена з використанням магніту. Речовина, яка магнітно притягується, отримана шляхом магнітного розділення, являла собою головним чином дрібнозернисте металеве залізо і шлак, в той час як матеріал покриття поду становив велику частину речовини, яка магнітно не притягується.

Відповідно, в даному Прикладі вивчали підвищення сорту заліза речовини, яка магнітно притягується, отриманої шляхом магнітного розділення. Інакше кажучи, суміш, яка пройшла через сито, тонко подрібнювали з використанням кульової дробарки в представленому варіанті здійснення для підвищення сорту заліза речовини, яка магнітно притягується, і вивчали розділюваність металевих заліза і шлаку. Це буде більш детально описане нижче.

У вищезазначеному Прикладі 3-1 відновлений продукт, який є матеріалом, вивантаженим з нагрівальної печі, просівали з використанням грохота, що має розмір отворів 3,35 мм (еквівалентно вищеописаному грохоту b), і суміш отриманого матеріалу, який пройшов через сито, магнітно розділяли з використанням барабанного магнітного сепаратора. Потрібно зазначити, що в даному Прикладі компонентний склад котунів, що містять вуглецевий матеріал, змінювали, і отримували відновлені продукти (A і B), що містять різну кількість шлаку. Кількість шлаку, що міститься у відновленому продукті A, становила приблизно 8 %, а кількість шлаку, що міститься у відновленому продукті B, становила приблизно 18 %. Що стосується отриманої речовини, яка магнітно притягується, 20 кг куль і 1,4 кг суміші, що пройшла через сито (матеріал A або матеріал B), вміщували в кульову дробарку (304 мм в діаметрі і 304 мм довжиною), і тонке подрібнення виконували при швидкості обертання 68 об./хв. з різною тривалістю тонкого подрібнення. Тривалість тонкого подрібнення становила 0 хв., 10 хв., 20 хв. і 30 хв. Тонкоподрібнений матеріал розділяли вручну з використанням магніту, і обчислювали процент речовини, яка магнітно не притягується. Процент речовини, яка магнітно не притягується, обчислювався як масовий процент речовини, яка магнітно не притягується, відносно маси тонкоподрібненого матеріалу. Фіг. 3-6 ілюструє співвідношення між тривалістю тонкого подрібнення і процентом речовини, яка магнітно не притягується.

На основі Фіг. 3-6 може бути зроблене наступне спостереження. Тривалість тонкого подрібнення 0 хв. означає, що тонке подрібнення з використанням кульової дробарки не виконували, і таким чином процент речовини, яка магнітно не притягується, в матеріалі A становив приблизно 8 %, а процент речовини, яка магнітно не притягується, в матеріалі B становив приблизно 18 %. Той факт, що речовину, що магнітно не притягується, включали в матеріал, який не був тонко подрібнений, означає, що речовина, яка магнітно не притягується, включена у відновлений продукт, не була достатньо відділена в барабанному магнітному сепараторі. У той час як матеріал A і матеріал B показують різні проценти речовини, яка

магнітно не притягується, перед тонким подрібненням з використанням кульової дробарки, процент речовини, яка магнітно не притягується, збільшувався за допомогою виконання тонкого подрібнення, і після тонкого подрібнення протягом 20 хв. процент речовини, яка магнітно не притягується, був приблизно тим же. Порівняння тривалості тонкого подрібнення 20 хв. і 30 хв. показує, що після 20 хв. швидкість збільшення процента речовини, яка магнітно не притягується, стає невеликою і майже обнуляється. Відповідно, достатньо встановити тривалість тонкого подрібнення такою, що дорівнює приблизно 20 хв. Тепер, що стосується матеріалу В, процент речовини, яка магнітно не притягується, після тонкого подрібнення протягом 20 хв., як видно на Фіг. 3-6, становить 33 %, і таким чином обчислення збільшення процента речовини, яка магнітно не притягується, на основі наступного виразу дає приблизно 84 %. Таким чином, відповідно до даного винаходу, процент речовини, яка магнітно не притягується, може бути збільшений приблизно на 84 % шляхом виконання тонкого подрібнення з використанням кульової дробарки.

[(процент речовини, яка магнітно не притягується, при тривалості тонкого подрібнення 20 хв. - процент речовини, яка магнітно не притягується, при тривалості тонкого подрібнення 0 хв.) / процент речовини, яка магнітно не притягується, при тривалості тонкого подрібнення 0 хв.]  $\times$  100=84 (%)

[Приклад 3-4]

У вищезазначеному Прикладі 3-1 відновлений продукт, який є матеріалом, вивантаженим з нагрівальної печі, просівали з використанням грохота, що має розмір отворів 3,35 мм (еквівалентно вищеописаному грохоту b), і суміш, отримана на решеті, була грубо роздроблена молотковою дробаркою. Умови попереднього дроблення співпадали з умовами, наведеними у вищеописаному Прикладі 3-1.

Подрібнений матеріал просівали з використанням грохота, що має розмір отворів 4,8 мм, суміш, що пройшла через сито, збирали і магнітно розділяли з використанням барабанного магнітного сепаратора. Речовину, що магнітно притягується, тонко подрібнювали з використанням кульової дробарки для підвищення сорту заліза речовини, яка магнітно притягується, отриманої магнітним розділенням. Що стосується тонкого подрібнення отриманої речовини, яка магнітно притягується, 20 кг куль і 1,4 кг речовини, яка магнітно притягується, вміщували в кульову дробарку (304 мм в діаметрі і 304 мм довжиною), і тонке подрібнення виконували при швидкості обертання 68 об./хв. з різною тривалістю тонкого подрібнення. Тривалість тонкого подрібнення становила 0 хв., 10 хв., 20 хв. і 30 хв.

Тонкоподрібнену речовину, що магнітно притягується, розділяли вручну з використанням магніту, і обчислювали процент речовини, яка магнітно не притягується. Співвідношення між тривалістю тонкого подрібнення і процентом речовини, яка магнітно не притягується, показане на Фіг. 3-7.

На основі Фіг. 3-7 може бути зроблене наступне спостереження. Причина того, що значення процента речовини, яка магнітно не притягується, становило 12 % або 19 % при тривалості тонкого подрібнення 0 хв. означає, що речовина, яка магнітно не притягується, яка не могла бути відділена магнітним розділенням з використанням барабанного магнітного сепаратора, була відділена вручну шляхом виконання магнітного розділення з використанням магніту. Це означає, що металеве залізо і шлак вже були розділені навіть без тонкого подрібнення. Задання тривалості тонкого подрібнення, що дорівнює 10 хв., підвищує процент збільшення процента речовини, яка магнітно не притягується, на 10-25 %, але подальше збільшення тривалості тонкого подрібнення має тенденцію зменшувати процент речовини, яка магнітно не притягується. Це явище, як вважають, відбувається завдяки тому, що тонкоподрібнений шлак знову прилипає до металевого заліза. Відповідно, можна помітити, що при тонкому подрібненні з використанням кульової дробарки тривалість тонкого подрібнення переважно знаходиться в межах 10 хв.

[Приклад 3-5]

Приклад 3-5 виконували так само, як і вищеописаний Приклад 3-4, але відрізнявся виконанням грубого дроблення з використанням кліткової дробарки замість молоткової дробарки, а також використанням кульової дробарки або стрижневої дробарки для тонкого подрібнення речовини, яка магнітно притягується. Інакше кажучи, у вищеописаному Прикладі 3-1 відновлений продукт, який вивантажували з нагрівальної печі, просівали з використанням грохота, що має розмір отворів 3,35 мм (еквівалентно вищеописаному грохоту b), і суміш, отриману на решеті, грубо дробили клітковою дробаркою. Умови грубого дроблення полягали в тому, що у клітці було чотири ряди (діаметр зовнішнього ряду становив 745 мм, а діаметр внутрішнього ряду становив 610 мм), швидкість обертання становила 1000 об./хв., об'єм завантаження становив 10 тонн на годину при одноразовому завантаженні в 13 кг.

Дроблений продукт просівали з використанням грохота, що має розмір отворів 3,35 мм, суміш, що пройшла через сито, збирали і магнітно розділяли з використанням барабанного магнітного сепаратора. Речовину, що магнітно притягується, тонко подрібнювали з використанням кульової дробарки або стрижневої дробарки для підвищення сорту заліза речовини, яка магнітно притягується, отриманої магнітним розділенням.

(Кульова дробарка)

Тонке подрібнення речовини, яка магнітно притягується, виконували шляхом завантаження 180 кг куль і 38 кг речовини, яка магнітно притягується, в кульову дробарку (525 мм діаметром × 450 мм довжиною), швидкість обертання встановлювали такою, що дорівнює 41 об./хв., і тривалість тонкого подрібнення встановлювали такою, що дорівнює 0 хв., 3 хв., 6 хв., 9 хв. і 12 хв.

(Стрижнева дробарка)

Тонке подрібнення речовини, яка магнітно притягується, виконували шляхом завантаження 460 кг стрижнів і 42 кг речовини, яка магнітно притягується, в стрижневу дробарку (525 мм діаметром × 900 мм довжиною), швидкість обертання встановлювали такою, що дорівнює 41 об./хв., а тривалість тонкого подрібнення встановлювалася такою, що дорівнює 0 хв., 3 хв., 6 хв., 9 хв. і 12 хв.

Речовину, що магнітно притягується, що розпилюється, магнітно розділяли вручну з використанням магніту, і отримували процент речовини, яка магнітно не притягується.

Співвідношення між тривалістю тонкого подрібнення і процентом речовини, яка магнітно не притягується, показане на Фіг. 3-8. Ромби на Фіг. 3-8 представляють результати тонкого подрібнення з використанням кульової дробарки, а квадрати представляють результати тонкого подрібнення з використанням стрижневої дробарки.

На основі Фіг. 3-8 може бути зроблене наступне спостереження. Процент речовини, яка магнітно не притягується, становить 10 %, коли тривалість тонкого подрібнення становить 0 хв., незалежно від того, чи використовувалася для тонкого подрібнення кульова дробарка або стрижнева дробарка. Це означає, що речовина, яка магнітно не притягується, яка не могла бути відділена магнітним розділенням з використанням барабанного магнітного сепаратора, була відділена вручну шляхом виконання магнітного розділення з використанням магніту. Тонке подрібнення з використанням кульової дробарки і тонке подрібнення з використанням стрижневої дробарки показують дуже схожі результати. Можна помітити, що процент речовини, яка магнітно не притягується, є найбільшим при тривалості тонкого подрібнення 6 хв., а збільшення тривалості тонкого подрібнення зменшує процент речовини, яка магнітно не притягується. Можна також помітити, що величина зменшення більше при тонкому подрібненні з використанням кульової дробарки.

За результатами вищеописаного можна помітити, що процент речовини, яка магнітно не притягується, збільшується приблизно на 54 % шляхом тонкого подрібнення речовини, яка магнітно притягується, протягом 6 хв. з використанням кульової дробарки або стрижневої дробарки, і що сорт металевго заліза поліпшується.

[Приклад 3-6]

Фіг. 3-9 являє собою схематичну діаграму, що ілюструє інший процес виробництва металевго заліза відповідно до даного винаходу. На Фіг. 3-9 суміш, що включає матеріал, який містить оксид заліза, вуглецевмісний відновник і присадку, формують в агломерат з використанням чашового згрудковувача 1, отримуючи, таким чином, агломерат. Отриманий агломерат вводять в піч 2 з обертовим подом і нагрівають. Відновлений продукт, отриманий шляхом нагрівання в печі 2 з обертовим подом, просівають з використанням грохота 3, що має розмір отворів решета 3,35 мм (еквівалентно грохоту b).

Матеріал, зібраний в грохоті 3 як матеріал, що залишився на ситі, подають в стрижневу дробарку 4а, яка є ударною дробаркою, і подрібнюють. Матеріал, що залишився на ситі, отриманий шляхом дроблення в стрижневій дробарці 4а і просіювання в грохоті (еквівалентному грохоту а), передбаченому ззовні стрижневої дробарки, збирають як металеве залізо. З іншого боку, матеріал, який пройшов через сито, отриманий шляхом дроблення в стрижневій дробарці 4а і просіювання в грохоті (еквівалентному грохоту а), передбаченому ззовні стрижневої дробарки, подають в магнітний сепаратор 10 і розділяють на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується. Матеріал, зібраний в грохоті 3 як матеріал, який пройшов через сито, подають в магнітний сепаратор 10 і розділяють на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується.

Речовину, яка магнітно притягується, відсортовану в магнітному сепараторові 10, збирають як металеве залізо. Речовину, яка магнітно не притягується, відсортовану в магнітному сепараторові 10, подають в кульову дробарку 11а і тонко подрібнюють, і тонкоподрібнений

матеріал подають в магнітний сепаратор 12 і розділяють на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується.

Речовину, яка магнітно притягується, відсортовану в магнітному сепараторі 12, збирають як металеве залізо. З іншого боку, речовина, яка магнітно не притягується, відсортована в магнітному сепараторі 12, практично повністю є шлаком.

Як описано вище, металеве залізо також може бути зроблене за допомогою прикладу конфігурації, проілюстрованого на Фіг. 3-9.

[Приклад 4-1]

Агломерат, сформований з суміші сирого матеріалу, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевий матеріал, нагрівали в нагрівальній печі, і оксид заліза в агломераті відновлювали, отримуючи, таким чином, спечене тіло, яке містить металеве залізо.

Залізняк, що має компонентний склад, показаний в Таблиці 4-1 нижче, використовували як матеріал, що містить оксид заліза. У цій таблиці Т.Фе означає повну кількість заліза. Вугілля, що має компонентний склад, показаний в Таблиці 4-2 нижче, використовували як вуглецевий матеріал. Із залізняка і вугілля була сформована суміш сировини, до якої далі додавали порошок вапняку і  $Al_2O_3$  як речовину для керування точкою плавлення і борошно як зв'язувальну речовину, до якої була додана невелика кількість води, і в обертовому грануляторі отримували котуни, що містять вуглецевий матеріал, які мають малу вісь 19 мм.

Отримані котуни, що містять вуглецевий матеріал, сушили при температурі 180 °С, отримуючи, таким чином, сухі котуни (агломерат). Таблиця 4-3 нижче показує компонентний склад сухих котунів. Основність ( $CaO/SiO_2$ ) і відношення  $Al_2O_3$  і  $SiO_2$  ( $Al_2O_3/SiO_2$ ) обчислювали на основі компонентного складу сухих котунів, показаного в Таблиці 4-3, і показані в тій же таблиці.

Горизонтальна електрична піч була підготовлена як нагрівальна піч, і сухі котуни нагрівали протягом в загальній складності 11 хв. в горизонтальній електричній печі, температура якої підвищувалася ступінчасто до 1200 °С, 1350 °С і 1370 °С, щоб викликати реакцію відновлення. Після цього сухі котуни витягували в зону охолодження і охолоджували до кімнатної температури, отримуючи, таким чином, спечені тіла, які містять металеве залізо. Атмосфера всередині горизонтальної електричної печі і атмосфера в зоні охолодження являли собою газову атмосферу з суміші вуглекислого газу і азоту в об'ємному відношенні 75 % на 25 %.

Стан отриманих спечених тіл, які містять металеве залізо, являв собою суміш, що містить гранульоване металеве залізо і шлак, вміщений всередині оболонки, що містить металеве залізо і шлак, а їх поверхнева температура становила 1000 °С або нижче. Середня мала вісь спечених тіл, які містять металеве залізо, становила 15 мм.

Отримані спечені тіла, які містять металеве залізо, тонко подрібнювали, і шлак видаляли для отримання металевого заліза. Фіг. 4-2 являє собою принципову схему цього процесу. Подальший опис буде зроблений з посиланням на Фіг. 4-2. Потрібно зазначити, що частини, відповідні Фіг. 4-1, позначені тими ж самими посилальними позиціями.

Після того, як спечені тіла 1 (9 кг), які містять металеве залізо, тонко подрібнювали з використанням щоклової дробарки, позначеної посилальною позицією 2 на Фіг. 4-2 (перший процес тонкого подрібнення), тонкоподрібнений матеріал просівали з використанням грохота, позначеного посилальною позицією 3 на Фіг. 4-2 (процес просіювання). Як грохот а використовували грохот, що має розмір отворів 1 мм.

Дрібні частинки, які пройшли через грохот а, сортували на речовину 11, що магнітно притягується, і речовину 12, що магнітно не притягується, з використанням магнітного сепаратора 7, і речовину 11, що магнітно притягується, збирали як металеве залізо. Маса речовини, яка магнітно притягується, становила 2,38 кг, а значення Т.Фе становило 72,8 %.

З іншого боку, грубі частинки, що залишилися на грохоті а, подавали у валковий прес 4а з використанням вібраційного подавального механізму зі швидкістю подачі 0,1 кг/хв., і після тонкого подрібнення з використанням валкового преса 4а (зазор між валками був встановлений таким, що дорівнює 1 мм) (другий процес тонкого подрібнення) магнітний сепаратор 5а використовували для того, щоб розсортувати їх на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується.

Речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом сортування в магнітному сепараторі 5а, піддавали трикратному тонкому подрібненню у валкових пресах 4b-4d і розділенню в магнітних сепараторах 5b-5d, і речовину, що магнітно притягується, збирали як металеве залізо (процес збирання металевого заліза). Інакше кажучи, речовину, яка магнітно притягується, відсортовану в магнітному сепараторі 5а, тонко подрібнювали з використанням валкового преса 4b (зазор між валками був встановлений таким, що дорівнює 0,15 мм), і після цього сортували на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не

притягується, з використанням магнітного сепаратора 5b. Речовину, яка магнітно притягується, відсортовану в магнітному сепараторі 5b, тонко подрібнювали з використанням валкового преса 4с (зазор між валками був встановлений таким, що дорівнює 0,15 мм), і після цього сортували на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується, з використанням магнітного сепаратора 5с. Речовину, яка магнітно притягується, відсортовану в магнітному сепараторі 5с, тонко подрібнювали з використанням валкового преса 4d (зазор між валками був встановлений таким, що дорівнює 0,15 мм), і після цього сортували на речовину, що магнітно притягується, і речовину, що магнітно не притягується, з використанням магнітного сепаратора 5d. Речовину, яка магнітно притягується, відсортовану в магнітному сепараторі 5d, збирали як металеве залізо. Маса речовини, яка магнітно притягується, відсортованої в магнітному сепараторі 5d, становила 3,9 кг, а значення Т.Fe становило 88,1 %.

Речовина, яка магнітно не притягується, відсортована в магнітних сепараторах 5а, 5b, 5с і 5d, була розсортована на речовину 9, що магнітно притягується, і речовину 10, що магнітно не притягується, в ручному магнітному сепараторі 6, і речовину 9, що магнітно притягується, збирали як металеве залізо. Маса речовини 9, яка магнітно притягується, становила 1,23 кг, а значення Т.Fe становило 75,9 %.

Згідно з вищенаведеними результатами, відповідно до даного винаходу із загальної маси спечених тіл (9 кг), які містять металеве залізо, 83,4 %  $[(2,38+3,9+1,23)/9 \times 100]$  збирали як металеве залізо.

[Таблиця 4-1]

Компонентний склад залізняка (мас. %)										
T.Fe	FeO	T.C	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	S	P	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
65,17	25,63	0,04	0,22	8,61	0,03	0,25	0,007	0,013	0,067	0,18

[Таблиця 4-2]

Компонентний склад вугілля (мас. %)			Компонентний склад зольного компонента (мас. %)				
Леткий компонент	Зольний компонент	Зв'язаний вуглець	T.Fe	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
17,95	9,43	72,62	5,12	6,06	45,93	29,24	2,24

[Таблиця 4-3]

Компонентний склад сухого котуна (мас. %)							CaO/SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub>
T.Fe	FeO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	T.C		
49,33	20,64	2,19	7,56	0,61	0,23	16,81	0,290	0,081

## [Приклад 4-2]

Спечені тіла, які містять металеве залізо, отримані у вищеописаному Прикладі 4-1, тонко подрібнювали іншими засобами, і шлак видаляли для отримання металевого заліза. Фіг. 4-3 являє собою принципову схему цього процесу. Подальший опис буде зроблений з посиланням на Фіг. 4-3. Потрібно зазначити, що частини, відповідні Фіг. 4-1 і Фіг. 4-2, позначені тими ж самими посилальними позиціями. На Фіг. 4-3 посилальна позиція 13 позначає барабанний магнітний сепаратор, посилальна позиція 14 позначає засіб тонкого подрібнення, посилальна позиція 15 позначає магнітний сепаратор, і посилальна позиція 18 позначає речовину, що магнітно не притягується.

Після того, як спечені тіла 1 (34,5 кг), які містять металеве залізо, тонко подрібнювали з використанням валкового преса, позначеного посилальною позицією 2 на Фіг. 4-3 (перший процес тонкого подрібнення), тонкоподрібнений матеріал просівали з використанням грохота а, позначеного посилальною позицією 3 на Фіг. 4-3 (процес просіювання). Як грохот а використовували грохот, що має розмір отворів 1 мм.

Дрібні частинки, які пройшли через грохот а, тонко подрібнювали в дисковій дробарці 16, і після цього сортували на речовину 11, що магнітно притягується, і речовину 12, що магнітно не



притягується, з використанням магнітного сепаратора 7, і речовину 11, що магнітно притягується, збирали як металеве залізо. Маса речовини 11, яка магнітно притягується, магнітно відділеної в магнітному сепараторові 7, становила 6,28 кг, а значення Т.Фе становило 75,25 %.

5 У випадку сортування дрібних частинок, які пройшли через грохот а, на речовину 11, що магнітно притягується, і речовину 12, що магнітно не притягується, з використанням магнітного сепаратора 7, оскільки вони не були тонко подрібнені в дисковій дробарці 16 і речовина 11, яка магнітно притягується, була зібрана як металеве залізо, значення Т.Фе речовини 11, яка магнітно притягується, відсортованої магнітним сепаратором 7, становило 71,26 %. Таким

10 чином можна помітити, що значення Т.Фе в речовині, що магнітно притягується, підвищилося на 4 % за рахунок тонкого подрібнення в дисковій дробарці 16.

З іншого боку, грубі частинки, що залишилися на грохоті а, подавали в молоткову дробарку 4 і тонко подрібнювали, і грохот 5а (який має розмір отворів решета 2,38 мм), використовували для того, щоб розсортувати їх на грубі частинки, що залишаються на грохоті 5а, і дрібні частинки, що проходять через грохот 5а.

15 Грубі частинки, що залишилися на грохоті 5а, подавали в роздільник 17 і зберігали, в той час як їх частину повертали до молоткової дробарки 4 і знову тонко подрібнювали, а частину подавали на грохот 5b і сортували на грубі частинки, що залишаються на грохоті 5b, і дрібні частинки, що проходять через грохот 5b, з використанням грохота 5b (розмір отворів решета

20 4,76 мм).

Грубі частинки, що залишилися на грохоті 5b, повертали в молоткову дробарку 4 і знову тонко подрібнювали. Процес повернення грубих частинок, що залишилися на грохоті 5b, в молоткову дробарку 4 і повторного тонкого подрібнення повторювали три рази. У результаті маса дрібних частинок, отриманих при проходженні через грохот 5b перший раз, становила 7,0

25 кг, процент речовини, яка магнітно не притягується, що міститься в цих дрібних частках, становив 2,5 %, і процент шлаку становив 17,8 %. Маса дрібних частинок, отриманих при проходженні через грохот 5b другий раз, становила 2,0 кг, і процент речовини, яка магнітно не притягується, що міститься в цих дрібних частинках, становив 1,5 %, і процент шлаку становив 16,4 %. Маса дрібних частинок, отриманих при проходженні через грохот 5b третій раз,

30 становила 1,1 кг, і процент речовини, яка магнітно не притягується, що міститься в цих дрібних частинках, становив 1,0 %, і процент шлаку становив 14,7 %.

Дрібні частинки, які пройшли через грохот 5b, подавали на грохот 5с, і грохот 5с (з розміром отворів решета 2,38 мм) використовували для того, щоб розсортувати їх на грубі частинки, що залишаються на грохоті 5с, і дрібні частинки, що проходять через грохот 5с. Грубі частинки 8, що залишилися на грохоті 5с, збирали як металеве залізо. Маса грубих частинок 8 становила 15,7 кг, а значення Т.Фе становило 78 %.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

40 1. Спосіб виробництва металевого заліза, який включає:  
процес формування агломерату суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;  
процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання;

45 процес дроблення з використанням дробарки відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом;  
процес розділення шляхом просіювання з використанням грохота а відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, на матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал, що складається з дрібних частинок;

50 процес дроблення з використання ударної дробарки отриманого матеріалу, що складається з грубих частинок; і

процес сортування з використанням сепаратора і збирання металевого заліза, при цьому об'ємна густина матеріалу, що складається з грубих частинок, становить від 1,2 до 3,5 кг/л.

2. Спосіб виробництва за п. 1, в якому як дробарку використовують ударну дробарку.

55 3. Спосіб виробництва за п. 1, в якому як дробарку використовують молоткову дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку, кульову дробарку, валкову дробарку або стрижневу дробарку.

4. Спосіб виробництва за п. 3, в якому як дробарку використовують дробарку, яка застосовує вплив в одному напрямку.

5. Спосіб виробництва за п. 1, в якому матеріал, що складається з грубих частинок, магнітно розділяють із використанням магнітного сепаратора перед дробленням матеріалу, що складається з грубих частинок, збирають речовину, що магнітно притягується, і дроблять зібрану речовину, що магнітно притягується.
- 5 6. Спосіб виробництва за п. 1, в якому як сепаратор використовують магнітний сепаратор.
7. Спосіб виробництва за п. 1, в якому як сепаратор використовують повітряний сепаратор.
8. Спосіб виробництва за п. 1, в якому як сепаратор використовують грохот b.
9. Спосіб виробництва за п. 8, в якому розділення шляхом просіювання виконують із використанням грохота b, після чого матеріал, який пройшов через сито, розділяють з
- 10 використанням магнітного сепаратора і збирають металеве залізо.
10. Спосіб виробництва за п. 8, в якому як грохот b використовують грохот, що має розмір отворів від 1 до 8 мм.
11. Спосіб виробництва за будь-яким з пп. 6 або 9, який додатково включає:  
процес тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу речовини, яка магнітно притягується, отриманої шляхом відбору з використанням магнітного відбірника.
- 15 12. Спосіб виробництва за п. 11, в якому тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, знову тонко подрібнюють з використанням млина тонкого помелу.
13. Спосіб виробництва за п. 11, в якому тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, розділяють із використанням магнітного відбірника і збирають речовину,
- 20 що магнітно притягується.
14. Спосіб виробництва за п. 13, в якому зібрану речовину, що магнітно притягується, формують в агломерат.
15. Спосіб виробництва за п. 11, в якому як млин тонкого помелу використовують кульову дробарку, стрижневу дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку або валкову дробарку.
- 25 16. Спосіб виробництва металевих заліз, який включає:  
процес формування агломерату з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;  
процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання;
- 30 процес розділення з використанням грохота a відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на матеріал, що складається з грубих частинок, і матеріал, що складається з дрібних частинок;  
процес тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу матеріалу, що складається з дрібних частинок; і
- 35 процес сортування з використанням сепаратора отриманого матеріалу, що складається з дрібних частинок, і збирання металевих заліз, при цьому  
металеве залізо, що міститься в отриманому тонкоподрібненому матеріалі, збирають з використанням сепаратора.
- 40 17. Спосіб виробництва за п. 16, в якому як сепаратор використовують магнітний сепаратор, і речовину, яка магнітно притягується, отриману шляхом відбору магнітним сепаратором, збирають як металеве залізо.
18. Спосіб виробництва за п. 16, в якому тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу, знову тонко подрібнюють з використанням млина тонкого помелу.
- 45 19. Спосіб виробництва за п. 16, в якому як млин тонкого помелу використовують кульову дробарку, стрижневу дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку або валкову дробарку.
20. Спосіб виробництва за будь-яким із пп. 16-19, в якому матеріал, що складається з дрібних частинок, магнітно розділяють із використанням магнітного сепаратора перед дробленням з використанням млина тонкого помелу матеріалу, що складається з дрібних частинок, і збирають речовину, що магнітно притягується, отриману шляхом відбору магнітним сепаратором.
- 50 21. Спосіб виробництва за п. 17, в якому зібрану речовину, що магнітно притягується, формують в агломерат.
22. Спосіб виробництва за будь-яким із пп. 1 або 16, в якому як грохот a використовують грохот, що має розмір отворів від 2 до 8 мм.
- 55 23. Спосіб виробництва металевих заліз, який включає:  
процес формування агломерату суміші, що включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевий відновник;  
процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і відновлення шляхом нагрівання;

- процес дроблення з використанням дробарки відновленого продукту, що містить металеве залізо і шлак, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом;
- процес сортування з використанням сепаратора і збирання металевого заліза, в якому процес відновлення нагрівання є процесом, в якому агломерат, сформований в процесі формування агломерату, вводять в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівають, і плавлять агломерат для того, щоб сформувати розплавлене металеве залізо, розплавлений шлак і відновлений агломерат, причому спосіб додатково включає:
- процес охолодження суміші, отриманої в цьому процесі; і
- процес вивантаження твердої речовини, отриманої шляхом охолодження, з нагрівальної печі з рухомим подом;
- процес розділення шляхом просіювання з використанням грохота а вивантаженого матеріалу, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, на матеріал, що залишився на ситі, і матеріал, який пройшов через сито;
- процес дроблення отриманого матеріалу, що залишився на ситі, з використанням дробарки; причому в процесі дроблення матеріал, що включає металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом, дроблять з використанням дробарки, а отриманий подрібнений матеріал сортують з використанням сепаратора і збирають металеве залізо.
24. Спосіб виробництва за п. 23, в якому як дробарку використовують молоткову дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку, кульову дробарку, валкову дробарку або стрижневу дробарку.
25. Спосіб виробництва за п. 23, в якому матеріал, що залишився на ситі, містить 95 % або більше заліза в еквіваленті до залізного компонента.
26. Спосіб виробництва за п. 23, в якому матеріал, що залишився на ситі, магнітно розділяють із використанням магнітного сепаратора перед дробленням матеріалу, що залишився на ситі, збирають речовину, що магнітно притягується, і дроблять зібрану речовину, що магнітно притягується.
27. Спосіб виробництва за п. 23, в якому як сепаратор використовують магнітний сепаратор.
28. Спосіб виробництва за п. 23, в якому як сепаратор використовують повітряний сепаратор.
29. Спосіб виробництва за п. 23, в якому як сепаратор використовують грохот б.
30. Спосіб виробництва за п. 29, в якому розділення шляхом просіювання виконують із використанням грохота б, після чого матеріал, який пройшов через сито, розділяють з використанням магнітного сепаратора і збирають металеве залізо.
31. Спосіб виробництва за п. 29, в якому як грохот б використовують грохот, що має розмір отворів від 1 до 8 мм.
32. Спосіб виробництва за п. 30, який додатково включає:
- процес тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу речовини, яка магнітно притягується, отриманої шляхом відбору з використанням магнітного відбірника.
33. Спосіб виробництва за п. 32, в якому тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, знову тонко подрібнюють із використанням млина тонкого помелу.
34. Спосіб виробництва за п. 32, в якому тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення, розділяють із використанням магнітного відбірника і збирають речовину, що магнітно притягується.
35. Спосіб виробництва за п. 34, в якому зібрану речовину, що магнітно притягується, формують в агломерат.
36. Спосіб виробництва за п. 32, в якому як млин тонкого помелу використовують кульову дробарку, стрижневу дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку або валкову дробарку.
37. Спосіб виробництва металевого заліза, який включає:
- процес формування агломерату з суміші, яка включає матеріал, який містить оксид заліза, і вуглецевмісний відновник;
- процес введення отриманого агломерату в нагрівальну піч з рухомим подом і нагрівання таким чином, щоб агломерат плавився, для того, щоб сформувати розплавлене металеве залізо, розплавлений шлак і відновлений агломерат;
- процес охолодження отриманої суміші;
- процес вивантаження твердої речовини, отриманої шляхом охолодження, з нагрівальної печі з рухомим подом;

процес розділення шляхом просіювання з використанням грохота а матеріалу, що містить металеве залізо, шлак і матеріал покриття поду, який був вивантажений з нагрівальної печі з рухомим подом; при цьому

5 матеріал, який пройшов через сито, отриманий в процесі розділення шляхом просіювання, сортують з використанням магнітного сепаратора як сепаратора, і речовину, що магнітно притягується, отриману шляхом відбору магнітним сепаратором, тонко подрібнюють з використанням млина тонкого помелу, отриманий тонко подрібнений матеріал розділяють з використанням сепаратора і збирають металеве залізо.

38. Спосіб виробництва за п. 37, який додатково включає:

10 процес тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу щонайменше частини матеріалу, який пройшов через сито, отриманого в процесі розділення шляхом просіювання.

39. Спосіб виробництва за п. 38, в якому тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу, магнітно розділяють з використанням магнітного сепаратора і збирають отриману речовину, що магнітно притягується.

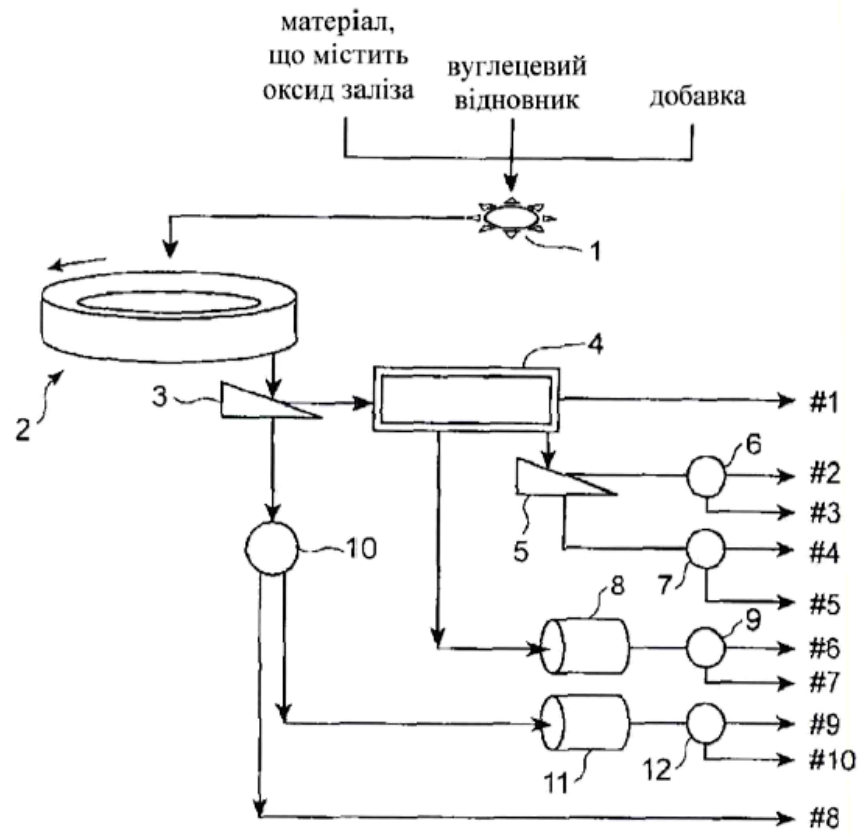
15 40. Спосіб виробництва за п. 38, в якому тонкоподрібнений матеріал, отриманий в процесі тонкого подрібнення з використанням млина тонкого помелу, знову тонко подрібнюють з використанням млина тонкого помелу.

41. Спосіб виробництва за п. 37, в якому зібране металеве залізо або зібрану речовину, яка магнітно притягується, формують в агломерат.

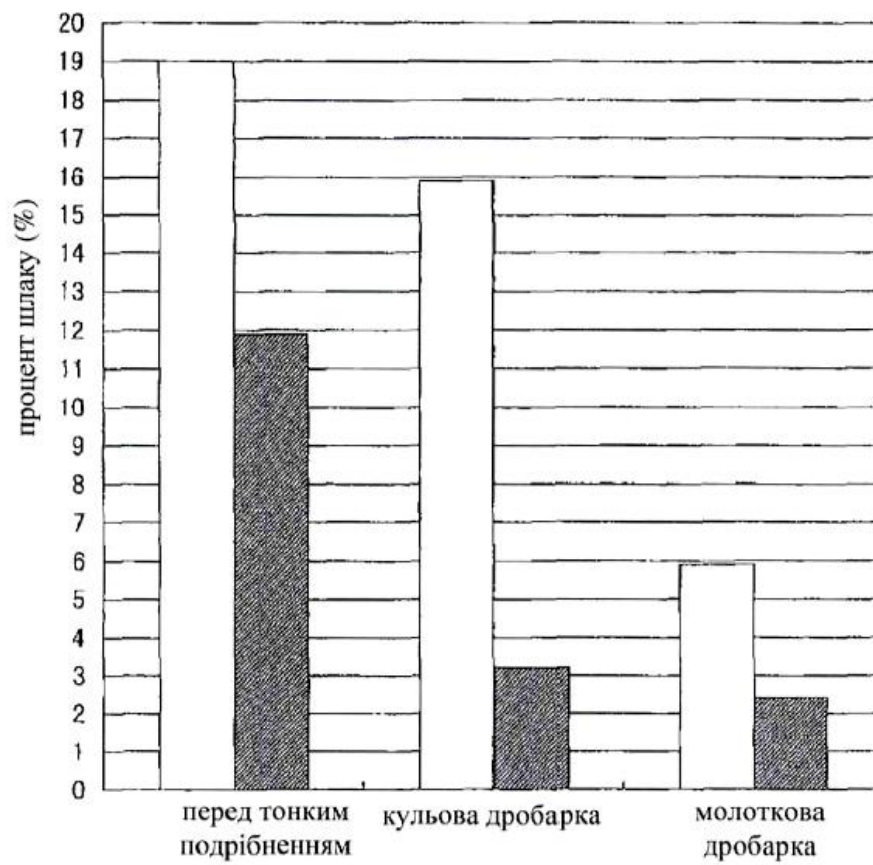
20 42. Спосіб виробництва за п. 37, в якому млин тонкого помелу застосовує до речовини, яка магнітно притягується, щонайменше один вплив, вибраний з групи, що складається із сили удару, сили тертя і сили стиснення.

43. Спосіб виробництва за п. 42, в якому як млин тонкого помелу використовують кульову дробарку, стрижневу дробарку, кліткову дробарку, роторну дробарку або валкову дробарку.

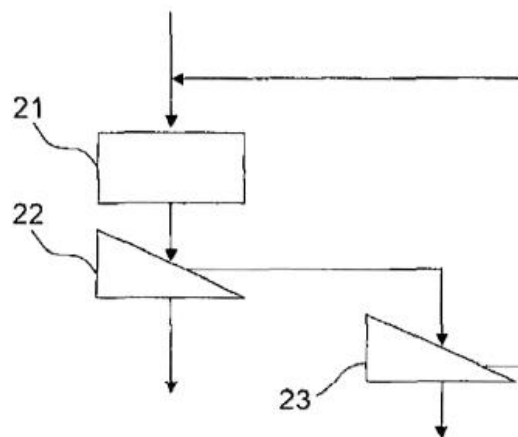
25 44. Спосіб виробництва за будь-яким з пп. 23 або 37, в якому як грохот а використовують грохот, що має розмір отворів від 2 до 8 мм.



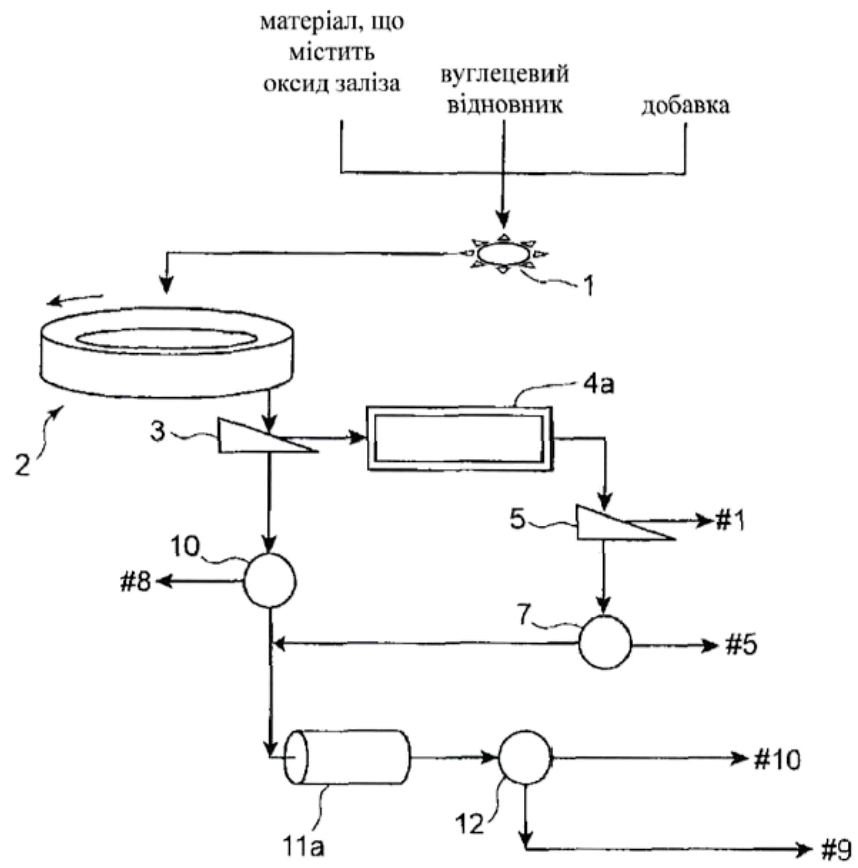
Фіг. 1-1



Фіг. 1-2



Фіг. 1-3



Фіг. 1-4

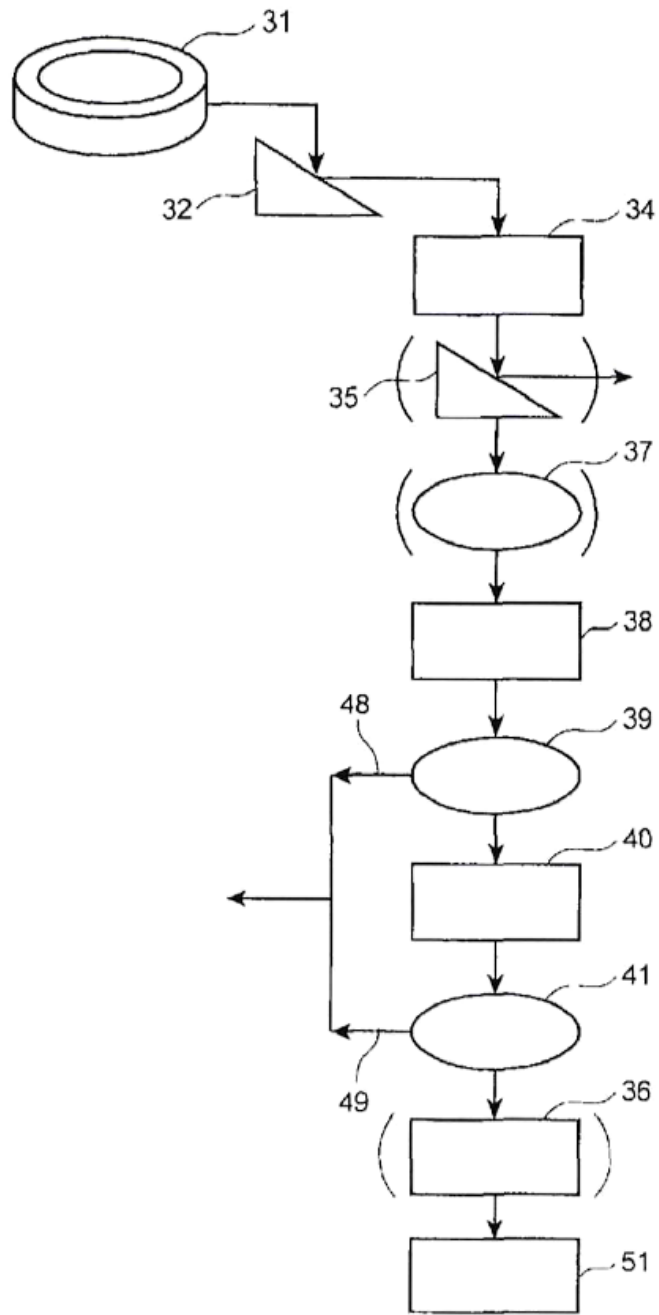
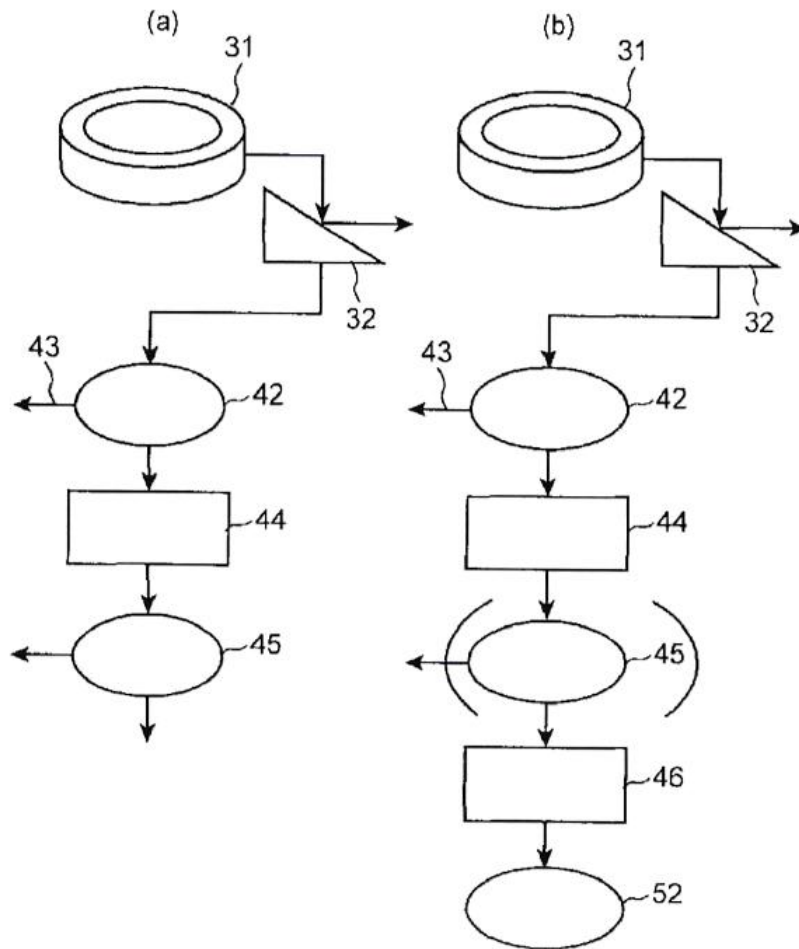


Fig. 1-5





Фиг. 1-6

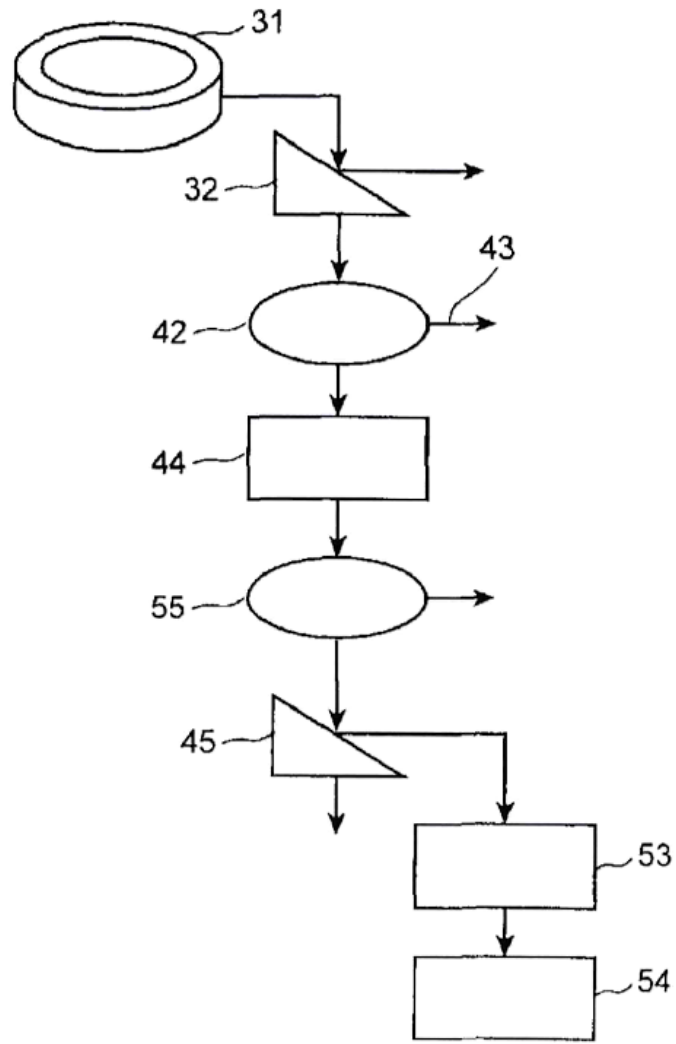


Fig. 1-7

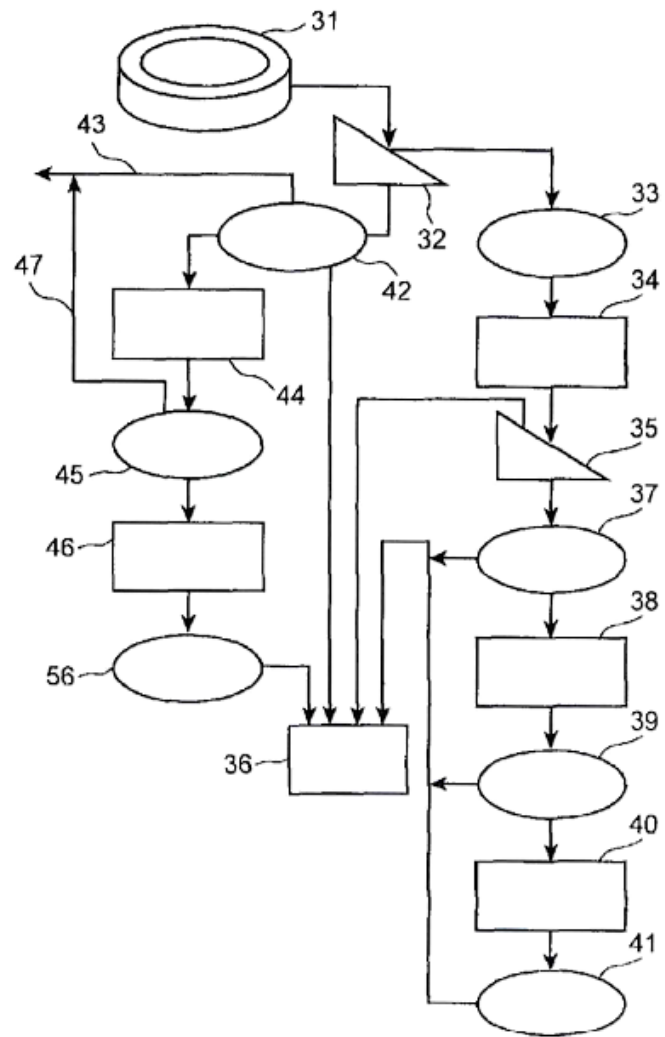


Fig. 1-8

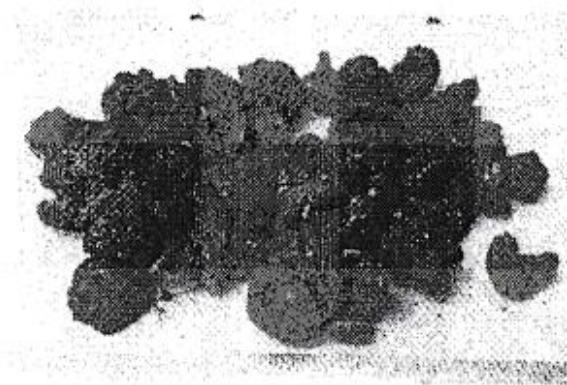


Fig. 2-1

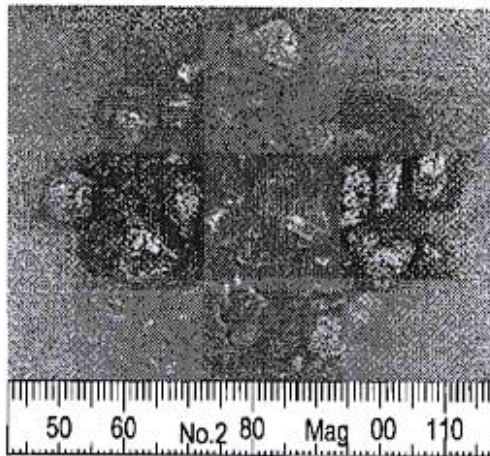
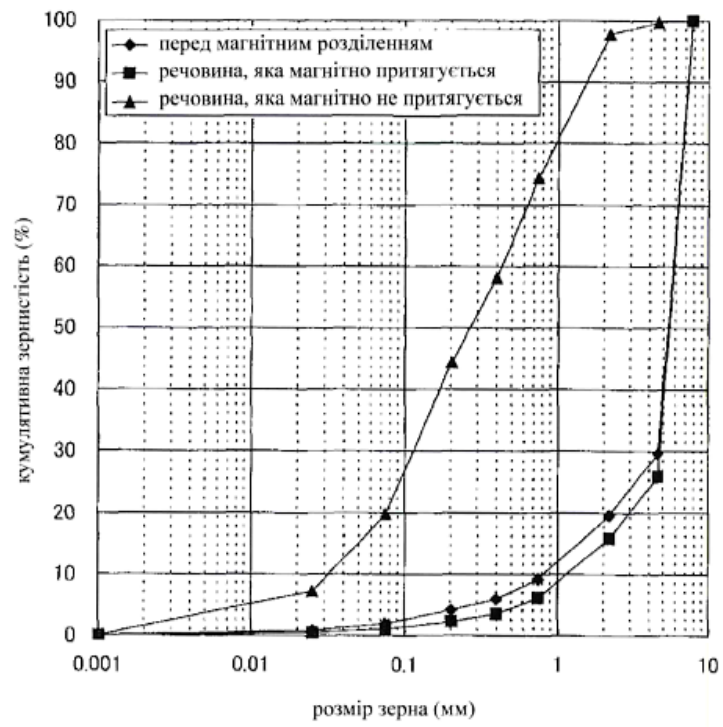
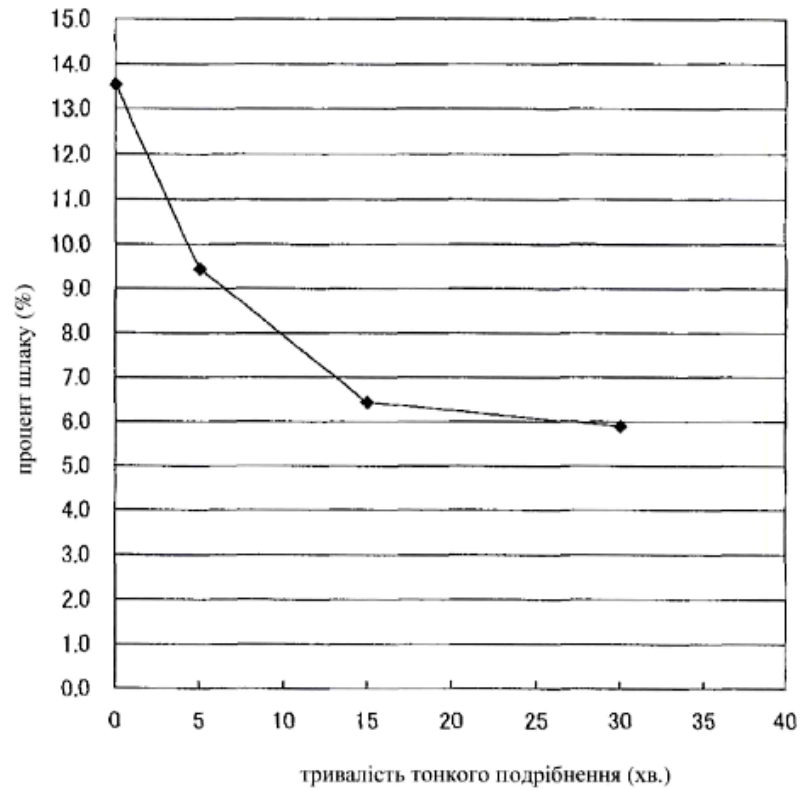


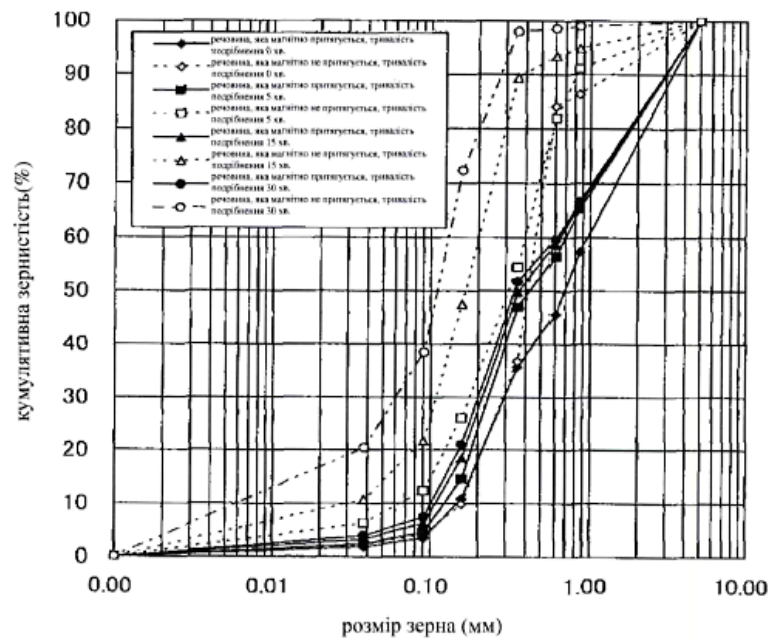
Fig. 2-3



Фіг. 2-2



Фіг. 2-4



Фіг. 2-5

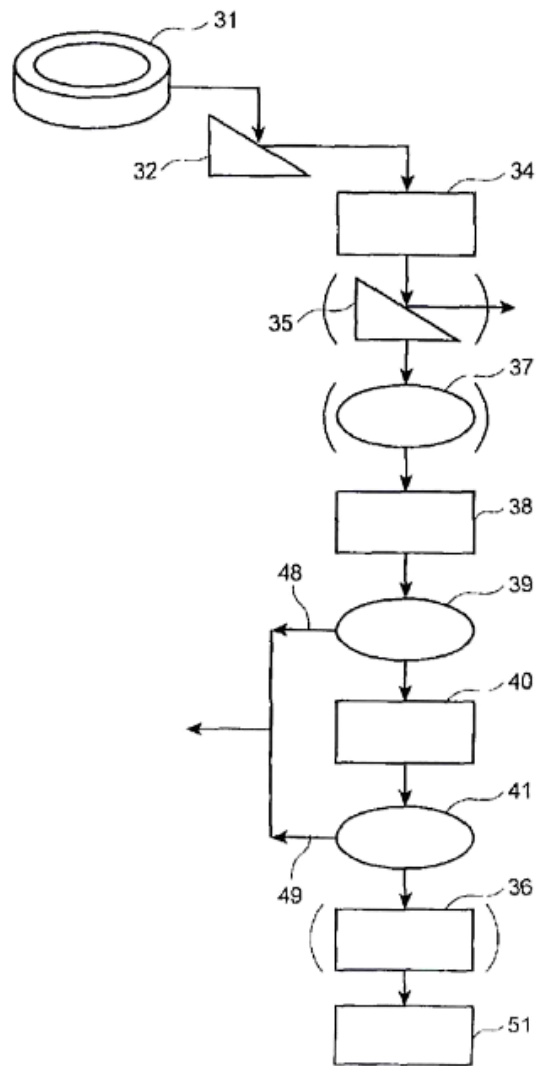


Fig. 2-6

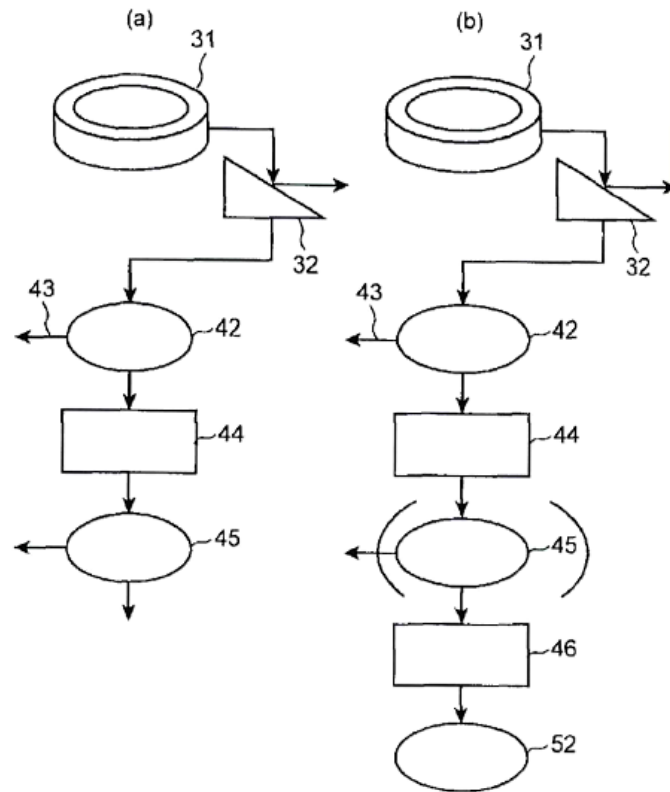


Fig. 2-7



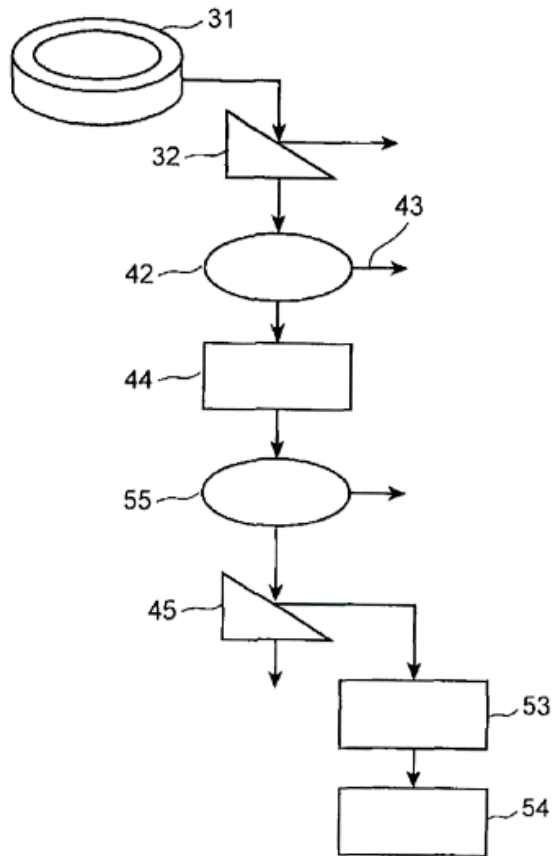


Fig. 2-8

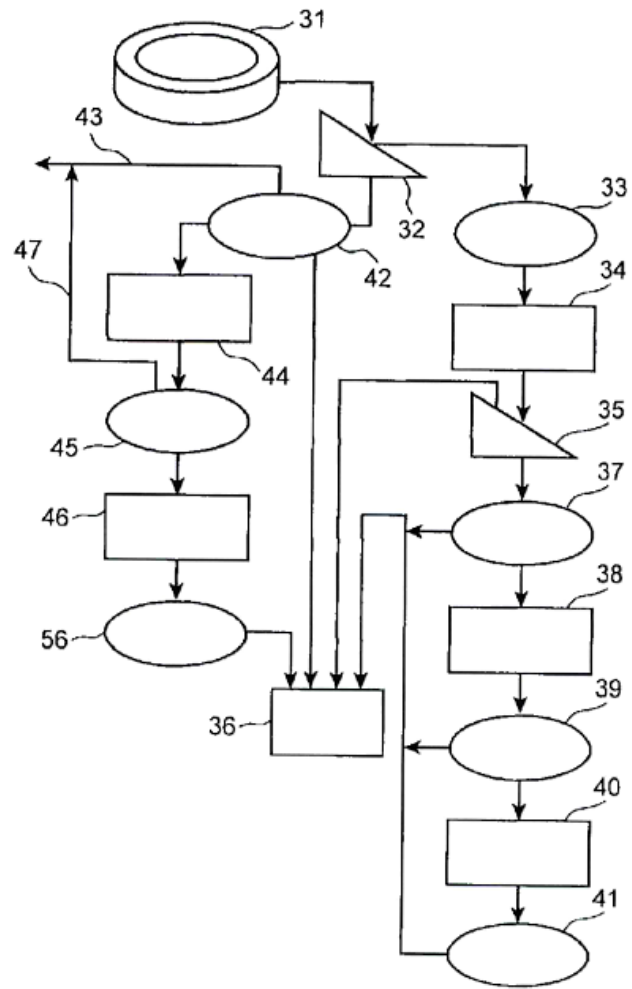


Fig. 2-9

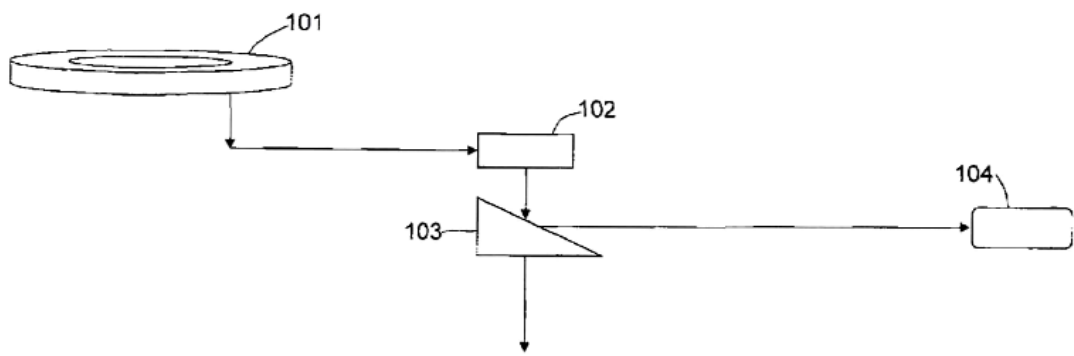


Fig. 3-1

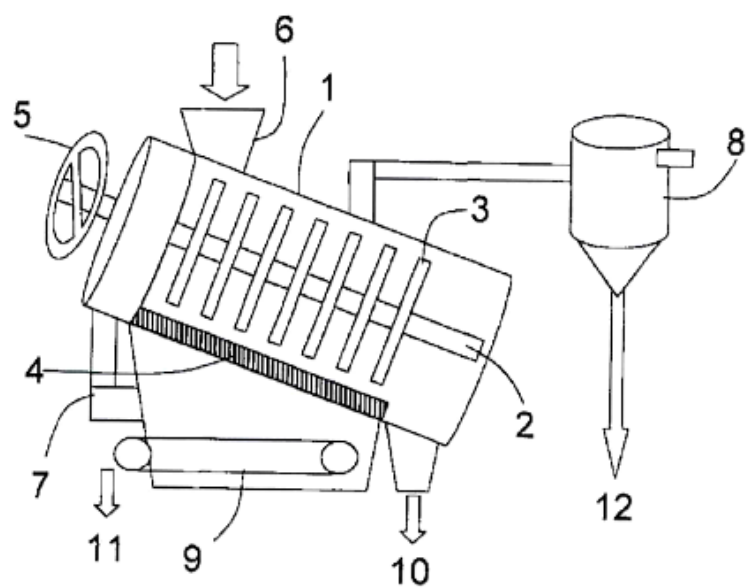


Fig. 3-2

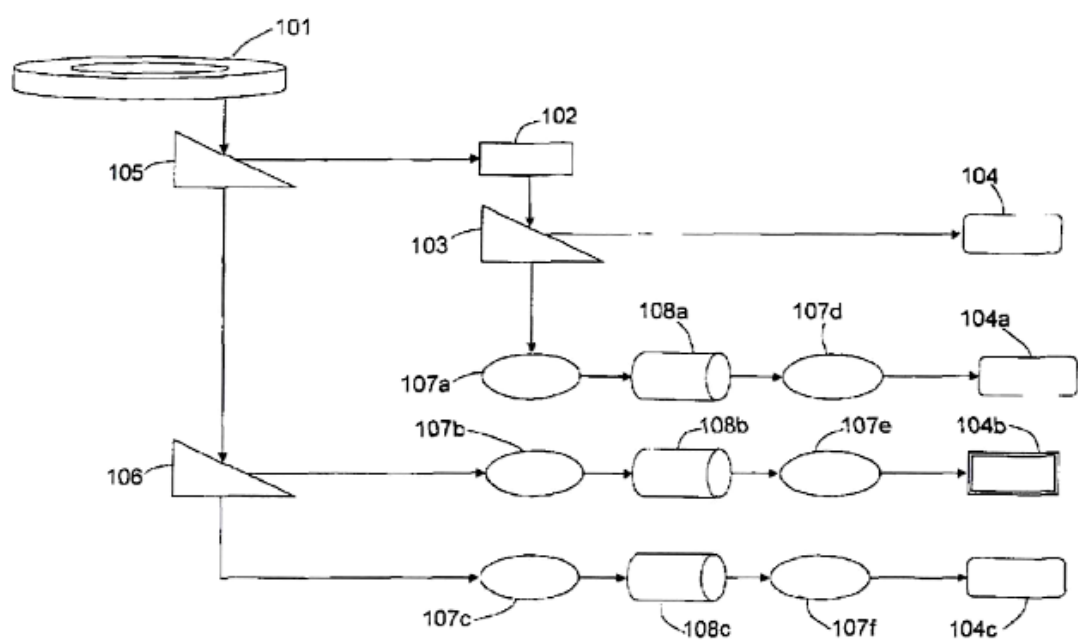
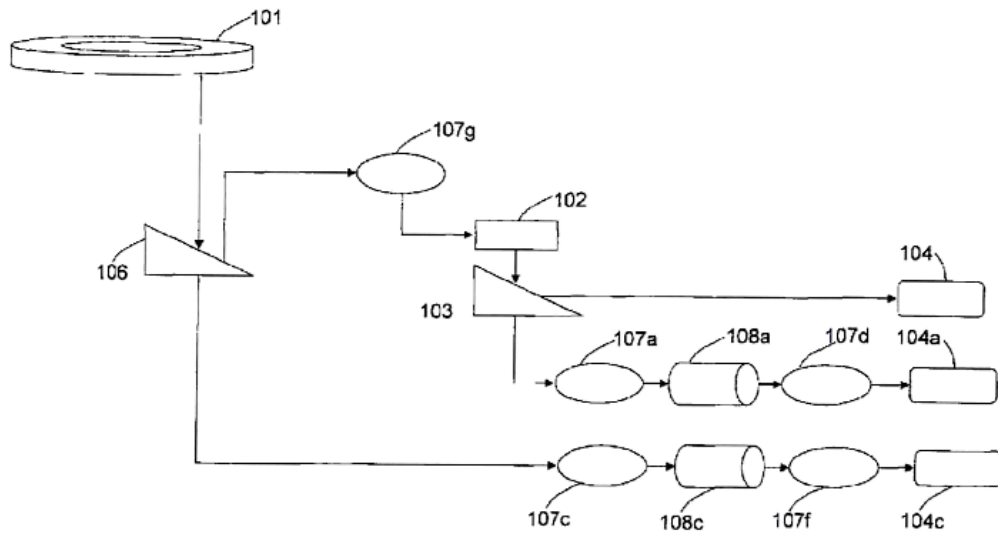
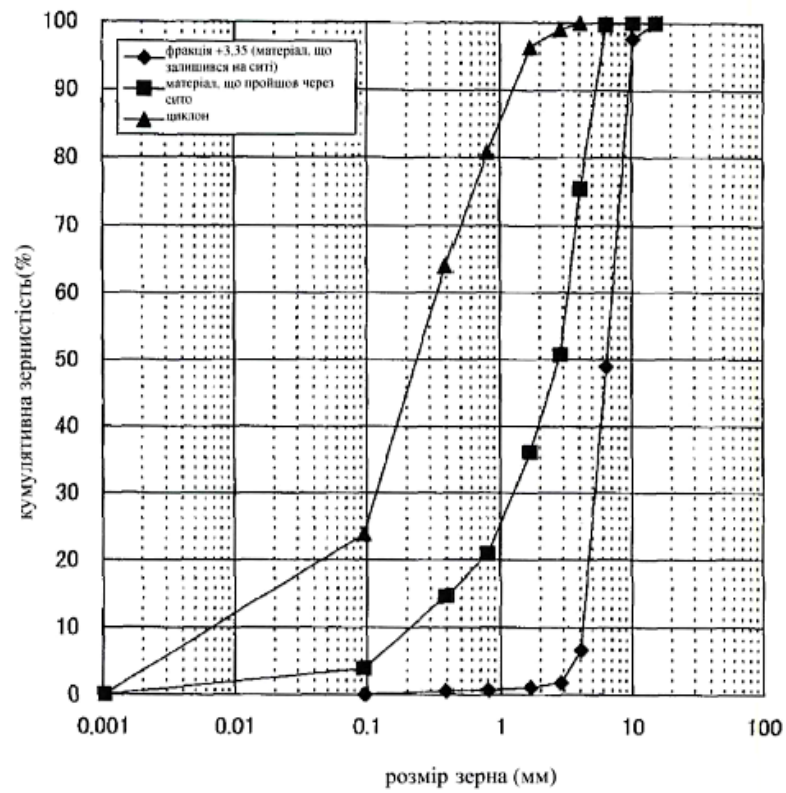


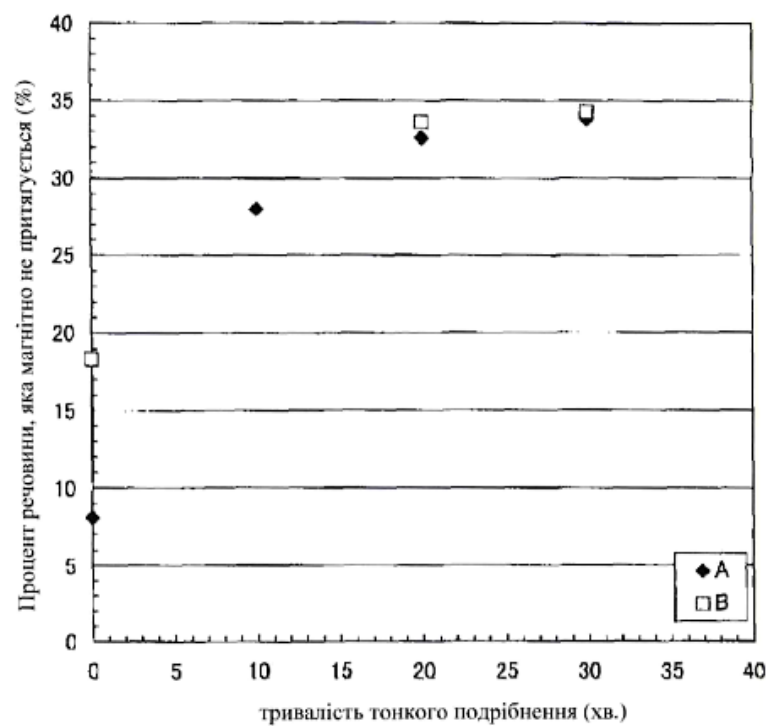
Fig. 3-3



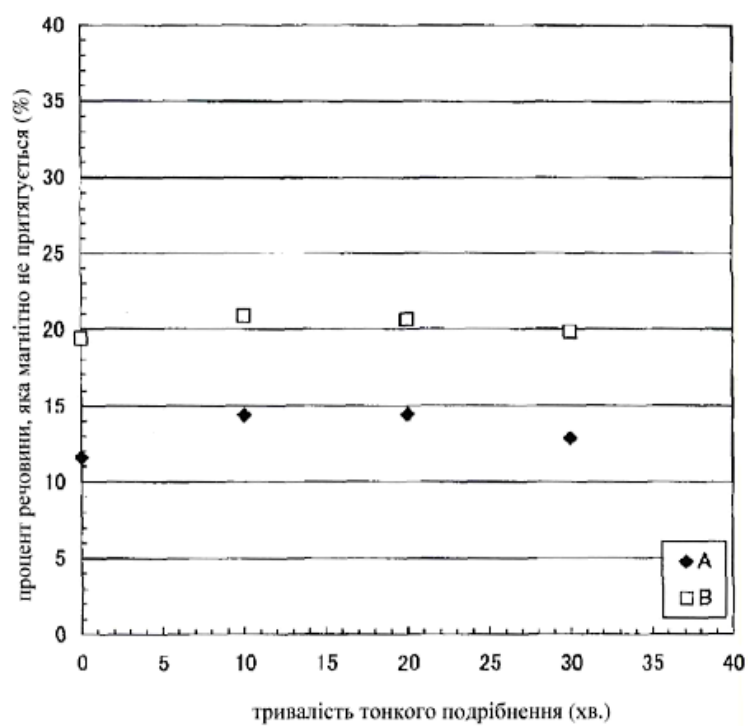
Фіг. 3-4



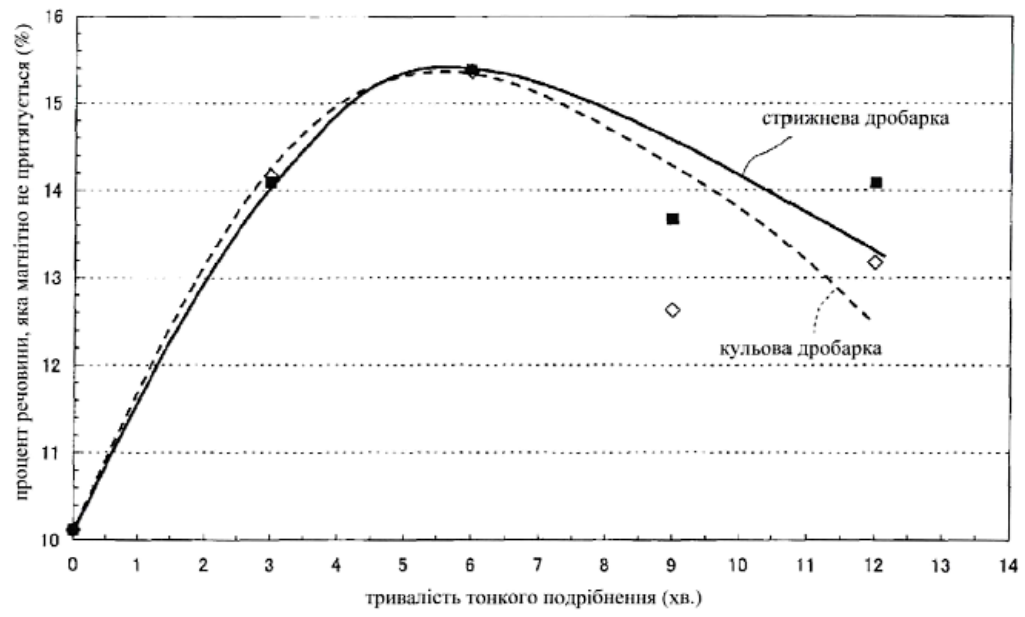
Фіг. 3-5



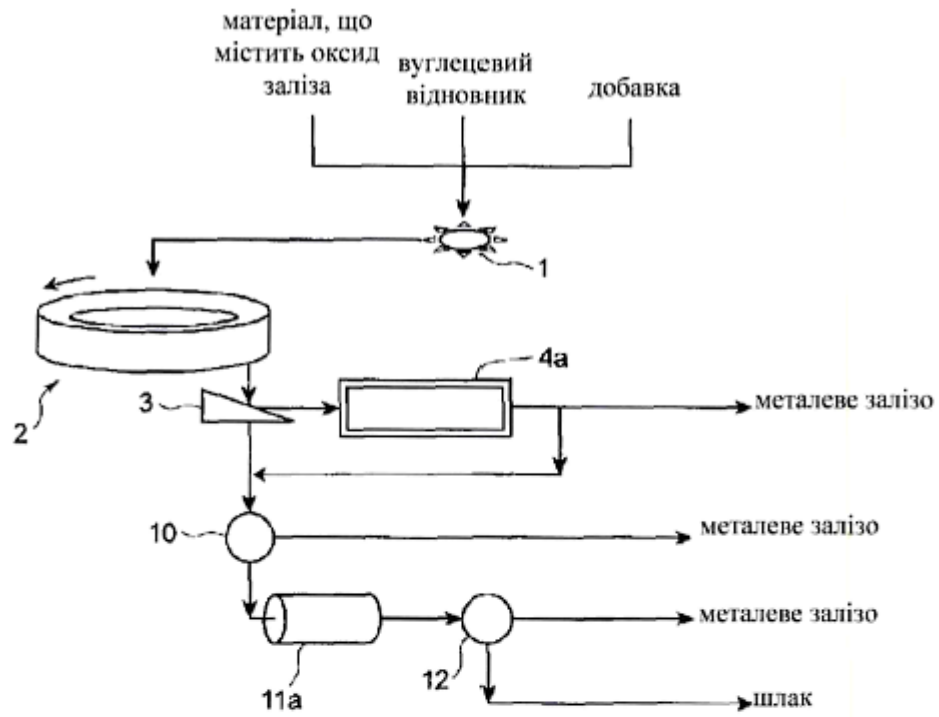
Фіг. 3-6



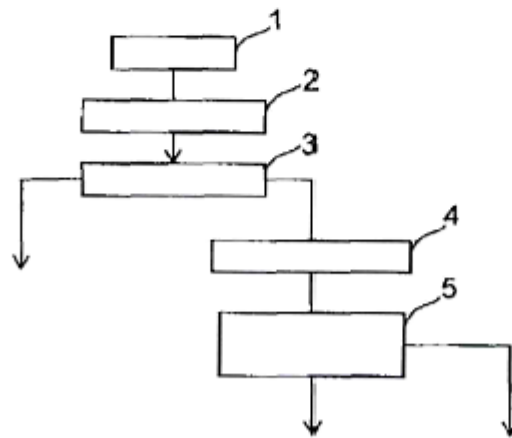
Фіг. 3-7



Фіг. 3-8



Фіг. 3-9



Фіг. 4-1

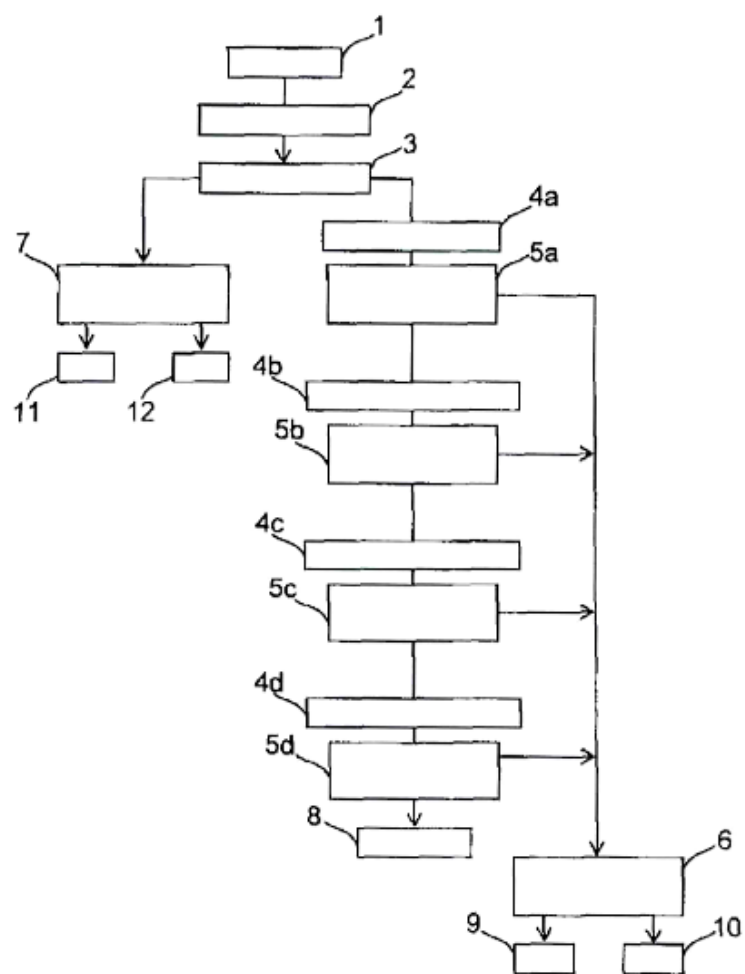
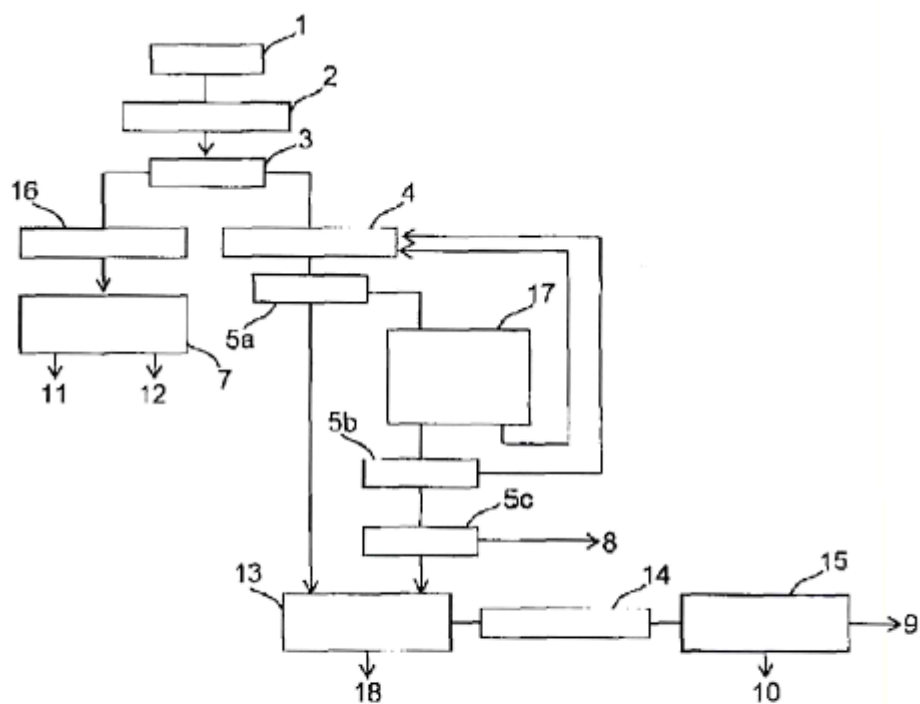


Fig. 4-2





Фіг. 4-3