



УКРАЇНА

(19) UA (11) 91662 (13) C2
(51) МПК (2009)
C21B 5/00
C22B 1/24 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) САМОФЛЮСУВАЛЬНІ КОТУНИ ДЛЯ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ І СПОСІБ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

1

(21) а200912723
(22) 25.04.2008
(24) 10.08.2010
(86) PCT/JP2008/058078, 25.04.2008
(31) 2007-123658
(32) 08.05.2007
(33) JP
(46) 10.08.2010, Бюл.№ 15, 2010 р.
(72) ЯСУДА ЄІСАКУ, JP, ХАСЕГАВА НОБУХІРО,
JP, МАЦУІ ЙОСІЮКІ, JP, КІТАЯМА СУДЗІ, JP
(73) КАБУСІКІ КАЙСЯ КОБЕ СЕЙКО СЕ, JP
(56) US, 5127490, 07.07.1992
JP, 11335746, 07.12.1999
Tekko Binran. The iron and steel of Japan. - Vol. II,
Seisen Seiko, third edition. - Maruzen Co., Ltd/ -
15.10.1979. - P. 158 - 160
(57) 1. Самофлюсувальні котуни для доменної
печі, які **відрізняються** тим, що мають відношен-
ня по масі CaO/SiO_2 0,8 або більше, відношення по
масі MgO/SiO_2 0,4 або більше, середній розмір від
10 до 13 мм, і розподіл по розмірах, у якому 6 мас.
% або менше котунів мають розміри частинок 4 мм

2

або більше, але менше 8 мм, і 7 мас. % або менше
котунів мають розміри частинок 15 мм або більше,
але менше 20 мм.
2. Спосіб виготовлення самофлюсувальних котунів
для доменної печі, що включає етап змішування
сировинних матеріалів, у тому числі таких як вто-
ринні сировинні матеріали, що містять CaO і MgO ,
з залізною рудою таким чином, щоб відношення по
масі CaO/SiO_2 досягало до 0,8 або більше й від-
ношення по масі MgO/SiO_2 досягало до 0,4 або
більше, етап гранулювання змішаних сировинних
матеріалів у невивалені котуни, що мають заданий
розподіл по розмірах, і етап випалу невивалених
котунів нагріванням при температурі від 1220 до
1300 °C для формування самофлюсувальних ко-
тунів, що мають середній розмір від 10 до 13 мм і
розподіл по розмірах, у якому 6 мас. % або менше
котунів мають розміри частинок 4 мм або більше,
але менше 8 мм, і 7 мас. % або менше котунів ма-
ють розміри частинок 15 мм або більше, але мен-
ше 20 мм.

Галузь техніки, до якої належить винахід
Даний винахід стосується самофлюсувальних
котунів (надалі названі просто «котунами») як залі-
зовмісного матеріалу для доменної печі, і способу
виготовлення самофлюсувальних котунів. Більш
конкретно, винахід стосується самофлюсувальних
котунів, що придатні для роботи доменної печі, у
яку інжектується велика кількість подрібненого
вугілля, і способу виготовлення самофлюсуваль-
них котунів.

Рівень техніки

З 70-х до 80-х років минулого століття заявник
даного винаходу працював над розвитком техно-
логій для модифікування самофлюсувальних ко-
тунів, використовуваних як залізовмісний матеріал
для доменних печей, і завершив її розробкою тех-
нології, що дає можливість робити самофлюсува-
льні котуни (самофлюсувальні доломітизовані ко-
туни, гранули), що мають відмінну здатність до
хімічного відновлення при високій температурі,
способом, що включає в себе змішування вапняку
й доломіту, як джерел CaO і MgO , із залізною ру-

дою таким чином, щоб відношення по масі
 CaO/SiO_2 становило 0,8 або більше й відношення
по масі MgO/SiO_2 становило 0,4 або більше; гра-
нулювання одержаної суміші в невивалені котуни
й випалення невивалених котунів (посилання на
Патентні документи 1 і 2).

У той же час поряд з розробкою технології для
модифікування самофлюсувальних котунів заяв-
ник даного винаходу створював технологію керу-
вання розподілом шихтових матеріалів для до-
менних печей і запропонував технологію
центрального завантаження коксу, що значно поліп-
шила газопроникність/рідинну проникність усере-
дині доменних печей (посилання на Непатентний
Документ 1).

Через використання самофлюсувальних до-
ломітизованих котунів, гранул і через застосуван-
ня технології центрального завантаження коксу з'яв-
илася можливість проводити стабільну операцію,
навіть якщо велика кількість подрібненого вугілля
інжектувалася у доменну піч із високим вмістом
котунів, і в доменній печі № 3 заводу Kobe Works

(13) C2

(11) 91662

(19) UA

заявником даного винаходу була реалізована технологія роботи печі повністю на котунах (посилання на Непатентний Документ 2).

Тим часом в останні роки, щоб упоратися зі швидким ростом попиту на сталь, треба було подальше підвищення виробництва доменного чавуну, і в результаті потрібні були підвищення продуктивності доменних печей і зростання виробництва котунів як сировинних матеріалів для доменних печей, і це термінові проблеми, які потрібно вирішувати.

Однак, щоб підвищити продуктивність доменних печей, потрібно ще більше поліпшити газопроникність усередині доменних печей. Тим часом, котуни виготовляються по процесу з комбінованою випалювальною піччю або по процесу з випалювальною піччю, що має пряму колосникову решітку. У кожному із цих процесів потрібне подальше поліпшення газопроникності шару котунів на решітці, щоб підвищити виробництво котунів.

Як засіб для поліпшення як газопроникності усередині доменної печі, так і газопроникності шару котунів на решітці, можна збільшити середній розмір котунів. Однак, коли середній розмір котунів збільшується, здатність їх хімічного відновлення зменшується (посилання на Непатентний Документ 3), що призводить до підвищення процентної частки прямого відновлення в доменній печі й до збільшення частки відновника, що є проблемою.

Крім того, як засіб для поліпшення газопроникності можна звузити розподіл котунів по розмірах частинок якнайбільше, щоб котуни по розмірах частинок могли б стати однаковими без збільшення розміру котунів (посилання на Непатентний документ 3). Однак коли розподіл котунів по розмірах частинок стає більше вузьким, ступінь виходу придатних котунів зменшується, і вартість їх виробництва підвищується. Тому така концепція майже не розглядалася, і розподіл самофлюсувальних доломітизованих котунів по розмірах, що придатні для доменних печей, які в останні роки працювали з використанням інжекції великої кількості подрібненого вугілля, в умовах забезпечення їх високої продуктивності, так і не було з'ясовано.

[Непатентний документ 1] Matsui і ін., Blast furnace operational technology and central gas flow intension for center coke charging at Cobe Steel, R&D Kobe Steel Engineering Reports, Vol.55, № 2, Sept. 2005, стор. 9-17.

[Непатентний документ 2] Oyama і ін., Shift to all pellets operation at Kobe 3 blast furnace (All pellets operation at Kobe 3 blast furnace-1), Zairyo to purosusu (Materials and Processes), Vol. 15, № 1, March 1, 2005, стор. 129-130.

[Непатентний документ 3] Tekko Binran (Iron and Steel Handbook), Vol. 11, Seisen/Seiko (pig iron & steel making), edited by The Iron and Steel Institute of Japan, 3rd Edition, Maruzen Corporation, October 15, 1979, стор. 158.

[Патентний документ 1] Публікація заявки на патент Японії № 3-77853.

[Патентний документ 2] Публікація заявки на патент Японії № 3-77854.

Розкриття винаходу

Проблеми, вирішувані винаходом

Отже, цілями даного винаходу є забезпечення самофлюсувальних котунів, які поліпшують газопроникність у доменній печі, тим самим підвищуючи продуктивність, і поліпшують газопроникність шару котунів на колосниковій решітці під час виробництва котунів, що тим самим забезпечує зростання виробництва котунів, і забезпечення способом виготовлення самофлюсувальних котунів.

Засоби для вирішення проблем

Відповідно до одного аспекту даного винаходу, самофлюсувальні котуни для доменної печі характеризуються тим, що вони мають відношення по масі CaO/SiO_2 , що становить 0,8 або більше, відношення по масі MgO/SiO_2 , що становить 0,4 або більше, середній розмір частинок від 10 до 13 мм і розподіл по розмірах частинок, у якому 6 мас.% або менше котунів мають розмір частинок 4 мм або більше, але менше 8 мм, і 7 мас.% або менше котунів мають розмір частинок 15 мм або більше, але менше 20 мм.

Відповідно до іншого аспекту даного винаходу спосіб виготовлення самофлюсувальних котунів для доменної печі характеризується тим, що він містить у собі етап змішування сировинних матеріалів, що передбачає змішування вторинних сировинних матеріалів, що містять CaO і MgO , із залізною рудою таким чином, щоб відношення по масі CaO/SiO_2 досягало 0,8 або більше й відношення по масі MgO/SiO_2 досягало 0,4 або більше; етап гранулювання змішаних сировинних матеріалів у невипалені котуни, що мають заданий розподіл по розмірах частинок, і етап випалювання невипалених котунів нагріванням від 1220 до 1300°C для одержання самофлюсувальних котунів, що мають середній розмір частинок від 10 до 13 мм і розподіл по розмірах частинок, у якому 6 мас.% або менше котунів мають розмір частинок від 4 мм або більше, але менше 8 мм, 7 мас.% або менше котунів мають розмір часток 15 мм або більше, але менше 20 мм, і середній розмір частинок від 10 до 13 мм.

Переваги

Відповідно до даного винаходу за допомогою обмеження частки котунів з малим розміром і частки котунів з більшим розміром заданими величинами або менше для того, щоб забезпечити котуни з рівномірним розміром, навіть в операції, у якій інjektується велика кількість подрібненого вугілля, газопроникність у доменній печі поліпшується, і тим самим підвищується й продуктивність доменної печі, і процесу виробництва котунів газопроникність шару котунів на колосниковій решітці поліпшується, і тим самим збільшується виробництво самофлюсувальних котунів. У результаті одночасно зі збереженням ефекту зниження вартості через інжекцію великої кількості подрібненого вугілля в доменну піч, можливе також подальше зростання виробництва доменного чавуну.

Короткий опис креслень

[Фіг.1] Фіг.1 є графіком, що показує залежність між середнім розміром котунів і швидкістю прямого відновлення при тестуванні високотемпературного хімічного відновлення під навантаженням.

[Фіг.2] Фіг.2 є графіком, що показує залежність між середнім розміром котунів і швидкістю прямого

відновлення при тестуванні високотемпературного хімічного відновлення під навантаженням.

Найкращі режими для реалізації винаходу

[Структура самофлюсувальних котунів для доменної печі відповідно до даного винаходу]

Самофлюсувальні котуни для доменної печі відповідно до даного винаходу характеризуються тим, що вони мають відношення по масі CaO/SiO_2 , що становить 0,8 або більше, відношення по масі Mg/SiO_2 , що становить 0,4 або більше, середній розмір частинок від 10 до 13 мм і розподіл по розмірах, у якому 6 мас.% або менше котунів мають розмір частинок 4 мм або більше, але менше 8 мм, і 7 мас.% або менше котунів мають розмір частинок 15 мм або більше, але менше 20 мм.

Вимоги, пропоновані даним винаходом, будуть більш докладно викладені нижче.

(Склад шлаків)

Задаванням відношення по масі CaO/SiO_2 і MgO/SiO_2 , які визначають склад шлакової складової самофлюсувальних котунів, більш високим, ніж при заданих величинах (відповідно 0,8 і 0,4) або більше, температура розм'якшення/розплавлювання котунів під час високотемпературного хімічного відновлення може підтримуватися високою, і здатність до високотемпературного хімічного відновлення може бути підвищена. Відношення по масі CaO/SiO_2 переважно становить 1,0 або більше, більш переважно 1,2 або більше й особливо переважно 1,4 або більше. Крім того, відношення по масі MgO/SiO_2 становить переважно 0,5 або більше, більш переважно 0,6 або більше й особливо переважно 0,7 або більше. Однак якщо відношення по масі CaO/SiO_2 і відношення по масі MgO/SiO_2 задаються занадто високими, то CaO і MgO компоненти важко переходять у шлаки, міцність обпалених котунів зменшується й кількості застосовуваних вапняку й доломіту, як джерел CaO і MgO , підвищуються, що приводить до зростання вартості. Тому відношення по масі Ca/SiO_2 переважно становить 2,0 або менше, більш переважно 1,8 або менше й особливо переважно 1,6 або менше, і відношення по масі MgO/SiO_2 переважно становить 1,1 або менше, більш переважно 1,0 або менше й особливо переважно 0,9 або менше.

(Розподіл по розмірах)

Якщо середній розмір у самофлюсувальних котунів надзвичайно малий, хоча при цьому здатність до хімічного відновлення й поліпшується, газопроникність зменшується в кожному шарі завантаження в доменній печі й у шарі котунів на колосниковій решітці. З іншого боку, якщо середній розмір самофлюсувальних котунів надзвичайно великий, та хоча газопроникність і поліпшується в кожному шарі завантаження в доменній печі й у шарі котунів на решітці, здатність до хімічного відновлення зменшується. Тому середній розмір самофлюсувальних котунів задається в діапазоні від 10 до 13 мм і переважно в діапазоні від 11 до 12 мм.

Крім того, навіть якщо середній розмір задовольняє вище заданим діапазоном (від 10 до 13 мм, переважно від 11 до 12 мм), якщо частка котунів з малими розмірами від 4 мм або більше й менше

8 мм, і частка котунів з більшими розмірами від 15 мм або більше й менше 20 мм будуть підвищуватися, то розподіл котунів по розмірах буде розширюватися, і котуни будуть мати більш щільне впакування, що приводить до зменшення пористості шару. Тому газопроникність зменшується в кожному шарі завантаження в доменній печі й у шарі котунів на решітці. Крім того, якщо частку котунів малих розмірів від 4 мм або більше й менше 8 мм збільшують, коли шихта, що включає котуни, завантажується в доменну піч, то котуни малих розмірів проникають у нижню частину шару шихти й зісковзують у шар коксу (посилання на Matsui et al., The subject and control against unsteady phenomena forcing functional disorder on blast furnace performance, Zairyo to purosusu (Materials and Processus), edited by The Iron and Steel Institute of Japan, Vol. 16, September 1, 2003, стор.764-767). У результаті газопроникність шару коксу зменшується й кокс деградує, коли котуни малих розмірів розплавляються в нижній частині доменної печі.

Отже, частка котунів малих розмірів від 4 мм або більше й менше 8 мм задається в 6 мас.% або менше, переважно в 4 мас.% або менше, і більш переважно в 2 мас.% або менше, і частка котунів більших розмірів від 15 мм або більше й менше 20 мм задається в 7 мас.% або менше, переважно в 5 мас.% або менше, і більш переважно в 3 мас.% або менше.

Самофлюсувальні котуни, які задовольняють як по складу шлакового компонента, так і по розподілу по розмірах, описані вище, мають відмінну здатність до високотемпературного хімічного відновлення й поліпшують газопроникність у кожному із шарів завантаження в доменній печі й у шарі котунів на решітці. Тому за допомогою використання цих котунів при підтриманні або зменшенні частки відновника в доменній печі, може бути підвищена продуктивність печі, і може бути збільшене виробництво котунів.

[Спосіб виготовлення самофлюсувальних котунів для доменної печі відповідно до даного винаходу]

Самофлюсувальні котуни для доменної печі, що відповідають даному винаходу, можуть бути виготовлені, наприклад, способом, описаним нижче.

(Етап змішування сировинних матеріалів)

Вапняк і доломіт, як вторинні сировинні матеріали, що містять CaO і MgO , змішуються із залізною рудою (сировина для котунів), що є сировиною для одержання заліза, таким чином, щоб відношення по масі CaO/SiO_2 досягало 0,8 або більше (переважно 1,0 або більше, більш переважно 1,2 або більше й особливо переважно 1,4 або більше) і відношення по масі MgO/SiO_2 досягало 0,4 або більше (переважно 0,5 або більше, більш переважно 0,6 або більше й особливо переважно 0,7 або більше). Необхідно, щоб залізна руда й вторинні сировинні матеріали попередньо або після змішування подрібнювалися в кульовому млині або в подібному пристрої таким чином, щоб 80 мас.% або більше змішаних сировинних матеріалів мали розмір частинок 44 мкм або менше.

(Етап гранулювання)

Придатна кількість води додається в змішані сировинні матеріали, і одержана суміш гранулюється за допомогою тарілчастого гранулятора або барабанного гранулятора до невипалених котунів. Розподіл по розмірах котунів задається з урахуванням усадки, що виникає при їх випалі на наступній стадії, таким чином, щоб середній розмір трох зміщався убік більшого розміру в порівнянні з розподілом по розмірах у самофлюсувальних котунів після випалу (цільовий розподіл по розмірах, що задовольняє розподілу по розмірах, заданому даним винаходом). Слід зазначити, що усадка частинок через випалення у наступній стадії становить у середньому від близько 0,5 до 1 мм. Розподіл по розмірах котунів може бути легко заданий вибором отвору сита для дрібних частинок, що визначає нижню межу розміру (тобто 10 мм плюс зсув) і отвору для частинок більшого розміру в ситі, що визначає верхню межу розміру (тобто 13 мм плюс зсув). Частинок менш дрібного сита, що просіває, прямо вертаються в гранулятор, а частки більшого сита з отворами більшого розміру подрібнюються й вертаються в гранулятор. Тим самим можна одержати необхідний розподіл часток по розмірах без зменшення виходу сировинного матеріалу (виходу придатного). Крім того, щоб одержати розподіл по розмірах котунів після випалу, заданий даним винаходом, необхідно збільшити отвір сита, що просіває, для дрібних частинок і зменшити отвір у ситі для частинок надлишкового розміру в порівнянні із загальновідомим випадком, що неминуче збільшить кількість часток, що повертаються в гранулятор. Отже, у зв'язку з тим, що обсяг виробництва сирих котунів на грануляторі зменшується, можливо буде потрібно збільшити продуктивність гранулятора або в деяких випадках додати ще один гранулятор.

(Етап випалення)

Сирі котуни, що мають заданий розподіл по розмірах, сформовані так, як описано вище, завантажуються в піч випалу з колосниковою решіткою, як пристрій для випалення, або на рухливу колосникову решітку печі із плоскою решіткою й піддаються операціям сушіння, видалення вологи (тільки, коли це потрібно) і попереднього нагрівання за допомогою пропущення через шар котунів газу з високою температурою. Потім сирі котуни обпалюються нагріванням високотемпературним газом з температурою від 1220 до 1300°C в обертовій випалювальній печі в першому випадку, або безпосередньо на решітці, що рухається, в останньому випадку, щоб тим самим одержати самофлюсувальні котуни. Температура теплового випалу може регулюватися відповідним чином усередині

температурного діапазону, зазначеного вище, відповідно до використовуваного типу залізної руди, величиною відносини по масі CaO/SiO_2 , MgO/SiO_2 і т.д.

Що стосується одержаних самофлюсувальних котунів, то склад шлакового компонента задовольняє відношення по масі Ca/SiO_2 і відношення по масі MgO/SiO_2 , заданих даним винаходом, і у зв'язку з усадкою сирих котунів через їх випалення з високотемпературним нагріванням середній розмір злегка зміщується убік часток менших розмірів від розподілу часток по розмірах у сирих котунах, і тим самим досягається цільовий розподіл по розмірах і задовольняється розподіл частинок по розмірах, що задається даним винаходом.

Як описано вище, використанням виробничих можливостей існуючої установки для гранулювання й, тільки, коли це потрібно, підвищенням продуктивності цього гранулятора або додаванням ще одного гранулятора, легко забезпечує виробництво самофлюсувальних котунів без зайвого підвищення вартості встаткування.

Приклади

Щоб упевнитися у вигодах використання самофлюсувальних котунів відповідно до даного винаходу в доменній печі, були просіяні й розсортовані по діапазонах розмірів частинок, як показано нижче, реальні самофлюсувальні котуни, що задовольняють склад компонентів, заданий даним винаходом. Проводилося високотемпературне тестування хімічного відновлення для котунів під навантаженням у кожному діапазоні розмірів, і вимірялася швидкість високотемпературного хімічного відновлення (яка є загальним терміном для швидкості непрямого відновлення й швидкості прямого відновлення, які будуть описані нижче) для оцінки їх здатності до високотемпературного хімічного відновлення. З використанням дійсно виміряних величин швидкостей високотемпературного відновлення для окремих діапазонів розмірів розраховувалися швидкості високотемпературного відновлення котунів, що мають різні розподіли по розмірах.

[Високотемпературне тестування хімічного відновлення під навантаженням]

Як реальні самофлюсувальні котуни заявником даного винаходу використовувалися самофлюсувальні доломітизовані котуни, виготовлені на установці гранулювання металургійного заводу Kakogawa Ironworks. Компонентний склад котунів наведений у Таблиці 1. У Таблиці 1 «Т. Fe» означає загальне залізо й стосується кількості залізовмісних компонентів, таких як Fe_2O_3 , крім Fe компонента FeO , показаного в Таблиці 1.

Таблиця 1

Самофлюсувальні доломітизовані котуни	Компоненти мас. %						Відношення по масі CaO/SiO_2	Відношення по масі MgO/SiO_2
	T. Fe	FeO	SiO	CaO	Al_2O_3	MgO		
	61,9	0,61	2,90	3,79	1,28	2,28	1,31	0,79

(Вимірювання швидкості високотемпературного хімічного відновлення для котунів у кожному з діапазонів розмірів)

Котуни просівалися з використанням сит з розмірами отворів 20 мм, 15 мм, 12 мм, 10 мм, 8 мм і 4 мм. Ці котуни спочатку не містили в собі котуни з

розміром більше 20 мм і з розміром менше 4 мм, тому що вони віддалялися ситом безпосередньо перед завантаженням у доменну піч. Спочатку проводилося високотемпературне тестування під навантаженням хімічного відновлення для котунів у кожному із просіяних діапазонів розмірів частинок: 4-8 мм, 8-10 мм, 10-12 мм, 12-15 мм і 15-20 мм. Наприклад, вираження «4-8 мм» означає «4 мм або більше й менше 8 мм».

При високотемпературному тестуванні хімічного відновлення під навантаженням, як показано в умовах тестування нижче, задана кількість зразка ущільнювалася в графітовому тиглі, через зразок пропускався газоподібний відновник під певним тиском і в умовах підвищення температури. За допомогою аналізу відхідних газів розраховувалися швидкості відновлення (швидкість непрямого відновлення) у момент часу, коли досягалася температура 1000, 1100 і 1200°C, і швидкість відновлення (швидкість прямого відновлення) між моментом часу, коли втрата тиску ущільненого шару зразка швидко збільшується, і моментом

часу, коли тестування завершується (моментом часу, коли усадка ущільненого шару зразка завершилася). Оцінювалася здатність зразка до хімічного відновлення при високій температурі на основі величин цих швидкостей хімічного відновлення.

[Умови для високотемпературного тестування хімічного відновлення під навантаженням]

Внутрішній діаметр графітового тигля: 43 мм

Кількість зразка: близько 87 г (висота ущільненого шару: близько 33,5 мм)

Тиск (навантаження): $1,0 \text{ кгс/см}^2$ ($=98,0665 \times 10^2 \text{ Па}$)

Температура: [кімнатна температура > 1000°C] $\times 10^\circ\text{C/хв}$,

[1000°C > завершення розплавлювання] (5°C/хв)

Газоподібний відновник [30% об'ємних CO+70% об'ємних N₂] $\times 7,2 \text{ нл/хв}$

Результати тестування наведені в Таблиці 2 і на Фіг.1 і 2.

Таблиця 2

Розмір котунів (мм)	Діапазон	4-8	8-10	10-12	12-15	15-20
	Середній розмір	6	9	11	13,5	17,5
Швидкість непрямого відновлення (%)	1000°C	52	44	40	33,8	25
	1100°C	68	56	53	46	38
	1200°C	75	70	65	60	54
Швидкість прямого відновлення (%)		12	18,6	25	31,4	41,1

Як очевидно з Таблиці 2 і Фіг.1 і 2, у міру збільшення розміру котунів, швидкість непрямого хімічного відновлення зменшується, а швидкість прямого хімічного відновлення, відповідно, збільшується.

Причиною для оцінки продуктивності доменної печі на основі швидкості непрямого хімічного відновлення й швидкості прямого хімічного відновлення є наступна. Сировинні матеріали (котуни, випалена руда й подібного), завантажені з верхньої частини доменної печі, опускаються усередину доменної печі й одночасно відновлюються безпосередньо за допомогою газоподібного CO, що утвориться в нижній частині доменної печі. Хімічне відновлення під час цього періоду називається непрямым відновленням. Якщо частка непрямого відновлення в загальному відновленні може бути зменшена, то пряма реакція між частково розплавленою шихтою й коксом зменшується. Пряма реакція виражається рівнянням $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ - $\Delta\text{ккал}$, і вона є ендотермічною реакцією. Хімічне відновлення по такій реакції називається прямим хімічним відновленням. Коли частка прямого відновлення збільшується через збільшення кількості споживаного коксу й розмірчасткового коксу в доменній печі, і подібного, робота доменної печі стає нестабільною. Тому підвищення швидкості непрямого відновлення є важливим оцінним критерієм для поліпшення характеристик роботи доменної печі.

(Орієнтований розрахунок швидкостей високотемпературного хімічного відновлення для котунів, що мають різні розподіли по розмірах)

Припускаючи різні розподіли котунів, були одержані швидкості високотемпературного хімічного відновлення (швидкість непрямого відновлення й швидкість прямого відновлення) для котунів, що мають кожний з розподілів по розмірах, за допомогою розрахунку на основі реально обмірюваних величин окремих діапазонів розмірів, описаних вище, без реального проведення тестування високотемпературного відновлення під навантаженням. Зокрема швидкості високотемпературного хімічного відновлення (швидкість непрямого відновлення й швидкість прямого відновлення) для котунів, що мають кожне з передбачуваних розподілів по розмірах, були одержані за допомогою середньозважених реально обмірюваних величин швидкостей високотемпературного хімічного відновлення (швидкості непрямого відновлення й швидкості прямого відновлення) для кожного з окремих діапазонів розмірів на основі масових відсотків котунів в окремих діапазонах розмірів кожного з передбачуваних розподілів по розмірах.

Результати розрахунку показані в Таблиці 3. Як описано вище, тому що котуни з розміром менше 4 мм (- 4 мм) були вилучені попереднім просіванням і не завантажувалися в доменну піч, то в таблиці, що виключає котуни з розміром частинок менше 4 мм (- 4 мм), гранули з іншими діапазонами розмірів частинок урахувалися для розрахунку швидкостей високотемпературного хімічного відновлення (швидкості непрямого відновлення й швидкості прямого відновлення). Крім того середній розмір котунів є величиною, одержаною із середніх розмірів (представницьких розмірів) в окре-

мих діапазонах розмірів за допомогою усереднення розмірів котунів окремих діапазонів розмірів у масових відсотках.

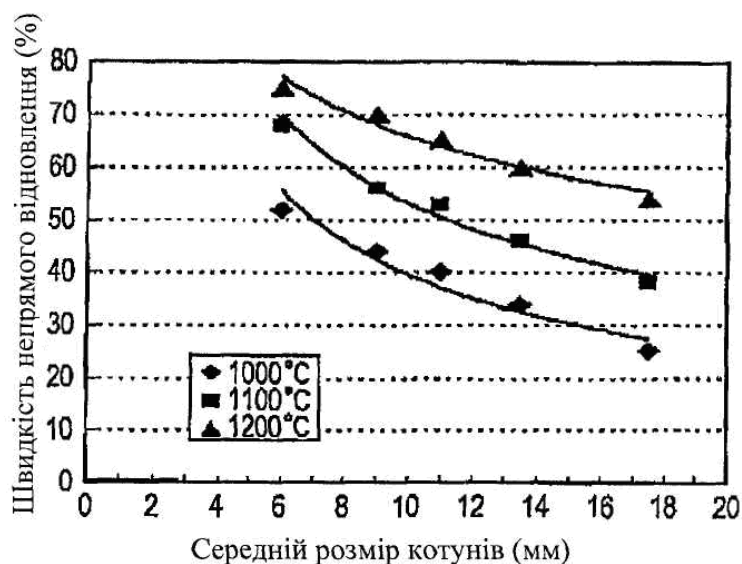
Як очевидно з Таблиці 3, у порівнянні з порівняльними прикладами № 1 і № 2, у яких, хоча середній розмір перебуває в межах, заданих даним винаходом, частинки (котунів) у діапазоні розмірів 4 мм або більше й менше 8 мм (4-8 мм) і в діапазоні розмірів 15 мм або більше й менше 20 мм (15-20 мм) перевершують частинки (котунів) у діапазонах, заданих сьогоденням винаходом у прикладі за винаходом, у якому середній розмір і частинки (котунів) у діапазоні розмірів 4 мм або більше й менше 8 мм (4-8 мм) і в діапазоні розмірів 15 мм або більше й менше 20 мм (15-20 мм) перебува-

ють у межах діапазонів, заданих даним винаходом, при цьому швидкість непрямого відновлення вище на близько 1-2% при будь-якій температурі від 1000 до 1200°C, і швидкість прямого відновлення на близько 3% менше.

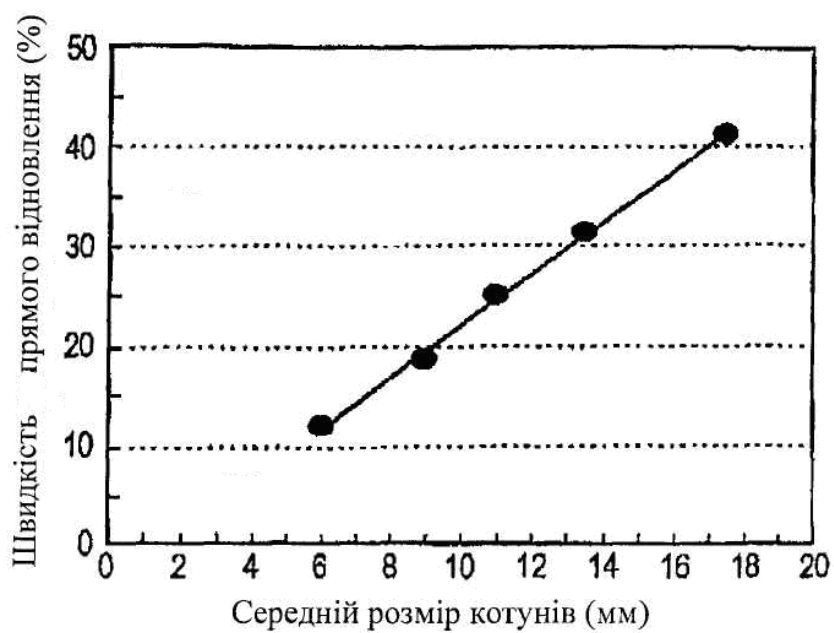
Ці результати підтверджують, що не тільки за допомогою задоволення компонентного складу, заданого відомим рівнем техніки (Патентні документи 1 і 2), але також і за допомогою завдання розподілу по розмірах, установленого даним винаходом, можна певним чином поліпшити здатність до високотемпературного хімічного відновлення самофлюсувальних котунів.

Таблиця 3

№	Діапазони розмірів частинок (середні)	Розподіл котунів (мас.%) по розмірах						Середній розмір (мм)	Швидкість непрямого відновлення (%)			Швидкість прямого відновлення (%)
		-4 мм (2 мм)	4-8 мм (6 мм)	8-10 мм (9 мм)	10-12 мм (11 мм)	12-15 мм (13,5 мм)	15-20 мм (17,5 мм)		1000°C	1100°C	1200°C	
1	Порівняльний приклад	2,7	6,5	8,1	25,2	46,3	11,2	12,16	36,5	50,9	64,8	29,9
2	Порівняльний приклад	2,1	6,1	8,6	24,4	46,7	12,1	12,29	36,3	51,3	65,3	30,3
3	Приклад за винаходом	0,1	1,4	17,2	47,7	31,3	2,2	11,50	38,5	53,0	66,5	27,3



Фіг. 1



Фіг. 2