



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **128317** (13) **C2**
(51) МПК (2024.01)

C21C 5/46 (2006.01)

C21C 5/36 (2006.01)

F27D 15/00

C21C 5/32 (2006.01)

C21C 5/52 (2006.01)

C21C 5/54 (2006.01)

C21C 5/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **a 2021 05425**
(22) Дата подання заявки: **11.04.2019**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **06.06.2024**
(41) Публікація відомостей про заявку: **15.12.2021, Бюл.№ 50**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **05.06.2024, Бюл.№ 23**
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: **РСТ/JP2019/015736, 11.04.2019**

(72) Винахідник(и):
**Сасакі Наото (JP),
Мацуо Мітітака (JP),
Наїто Кенітіро (JP),
Татеісі Кійокадзу (JP),
Хірата Хіросі (JP),
Семерикін С. І. (UA),
Поляков В. Ф. (UA)**

(73) Володілець (володільці):
**НІППОН СТІЛ КОРПОРЕЙШН,
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo
1008071, Japan (JP),
З.І. НЕКРАСОВ АЙРОН & СТІЛ ІНСТІТЮТ
ОФ ЗЕ НЕЙШИОНАЛ ЕКЕДЕМІ ОФ
САЙЕНСИЗ ОФ ЮКРЕЙН,
пл. Академіка Стародубова, 1, м. Дніпро,
49050 (UA)**

(74) Представник:
**Бочаров Максим Анатолійович, реєстр.
№367**

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
JP H09227918 A, 02.09.1997
JP H073323 A, 06.01.1995
JP 2004144443 A, 20.05.2004
JP 2002174413 A, 21.06.2002
JP 2009138964 A, 25.06.2009
JP 2016108575 A, 20.06.2016
CN 103408013 A, 27.11.2013
US 5733356 A, 31.03.1998
US 5454852 A, 03.10.1995
UA 32562 C2, 15.02.2001
UA 37988 A, 15.05.2001
UA 7488 C1, 29.09.1995
UA 132087 U, 11.02.2019

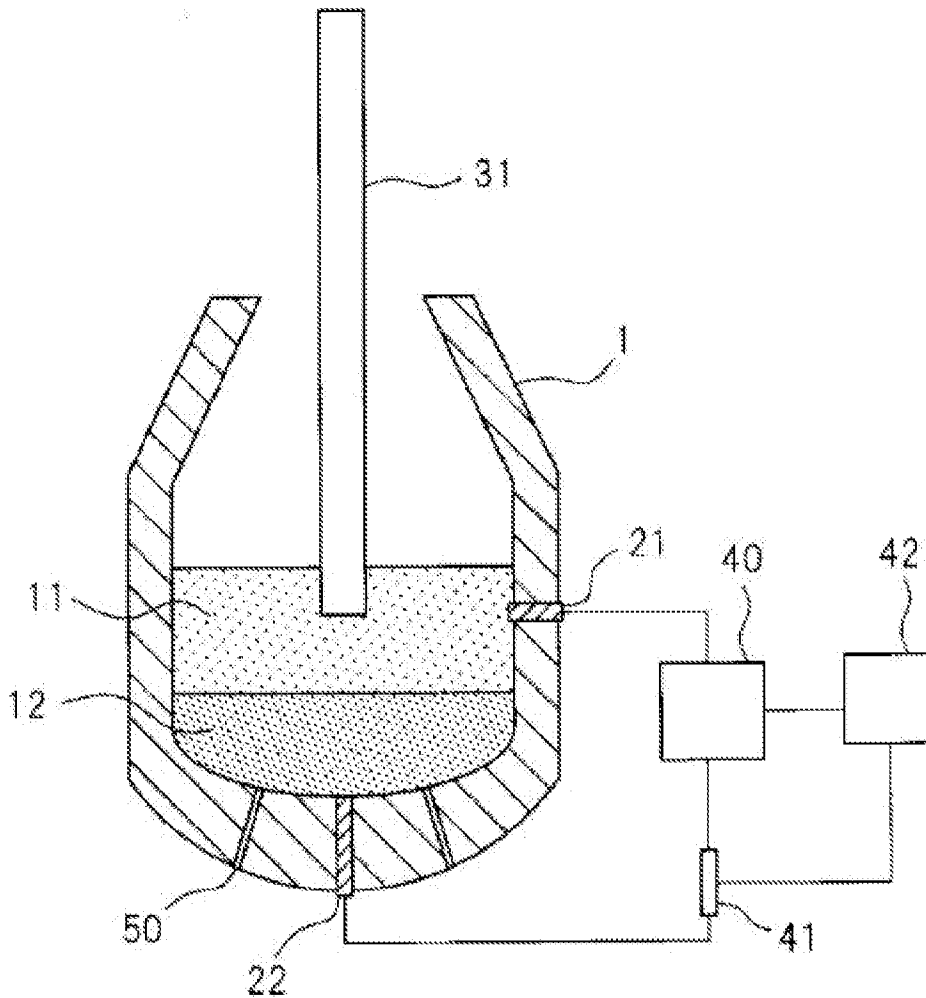
UA 128317 C2

(54) СИСТЕМА КОНВЕРТЕРНОЇ ПЕЧІ

(57) Реферат:

Система конвертерної печі містить перший електрод, виконаний з можливістю занурення його переднього кінця в шлак, що утворюється над ванною розплавленого залізного сплаву в

конвертерній печі, електрод являє собою порожнисту верхню фурму для кисневого дуття, другий електрод, виконаний з можливістю забезпечення контакту з ванною розплавленого залізного сплаву або з шлаком, пристрій електроживлення для подачі постійного струму на перший електрод і другий електрод через шлак, і пристрій керування постійним струмом, виконаний так, щоб не перевищував попередньо встановленого максимального вихідного струму.



Фиг. 1

Галузь техніки, до якої належить винахід

Цей винахід стосується системи конвертерної печі для стійкого отримання шлаку, який має знижений вміст металевого заліза і його зменшену варіацію порівняно з попереднім рівнем техніки, при рафінуванні розплавленого залізного сплаву в системі конвертерної печі.

5 Попередній рівень техніки

Вільний СаО міститься у шлаку (що далі також називається "шлак конвертерної печі"), який утворюється при рафінуванні розплавленого залізного сплаву, такого як розплавлений чавун (що далі також називається "чавун") в конвертерній печі, вільний СаО піддається реакції гідратації і розширюється, і об'ємна стабільність зменшується.

10 Крім того, хоча спосіб обробки пов'язаний зі шлаком, звичайно в шлаку міститься приблизно від 1 до 40 мас. % оксиду заліза, і зовнішній вигляд шлаку стає чорним. Коли цей шлак використовується як наповнювач для бетону і подібного, такий його зовнішній вигляд є неприйнятним.

15 Отже, використання шлаку обмежується низькосортним застосуванням, таким як матеріал для поліпшення дорожнього покриття і матеріал нижнього шару дорожнього полотна, і його важко використовувати для матеріалу верхнього шару дорожнього полотна, наповнювача бетону, кам'яної сировини і подібного.

20 Відповідно, в попередньому рівні техніки шлак вивантажується з конвертерної печі в реакційний контейнер, і в цьому контейнері до розплавленого шлаку конвертерної печі додається матеріал для риформінгу, такий як вугільна зола, для проведення риформінгу для зниження вільного СаО, і таким чином шлак використовується для матеріалу верхнього шару дорожнього полотна, наповнювача бетону і подібного, які є застосуваннями більш високого рівня.

25 Крім того, що стосується металевого заліза, в шлаку конвертерної печі у зваженому стані міститься близько декількох десятків мас. % зерноподібного заліза (корольки). Вуглець присутній у зваженому зерноподібному залізі, і коли розплавлений шлак піддається риформінгу, вуглець зерноподібного заліза вступає в реакцію з оксидом заліза у розплавленому шлаку або з газоподібним киснем для перемішування, і таким чином у розплавленому шлаку утворюються пухирці газоподібного СО, що викликає різні побічні ефекти.

30 Крім того, коли шлак повторно використовується, оскільки присутнє зерноподібне залізо, міцність шлаку змінюється через нерівномірний розподіл зерноподібного заліза, окиснювальне розширення зерноподібного заліза і подібне.

Крім того, зерноподібне залізо в шлаку є фактором втрати виходу при продуванні конвертерної печі, і, таким чином, що нижче вміст зерноподібного заліза, то більш переважно.

35 Коли кількість зерноподібного заліза в шлаку варіюється, важко відразу і прямо виміряти кількість зерноподібного заліза в шлаку. Отже, при обробці розплавленого шлаку або витяганні зерноподібного заліза з шлаку після охолодження немає іншого вибору, крім як вибрати обробку у варіанті важкої обробки, і таким чином ефективність знижується. На доповнення до цього, формування під час обробки плавленням/риформінгом також варіюється за часом обробки, і таким чином важко виконувати стабільну обробку.

40 Крім того, наприклад, Патентний документ 1 розкриває спосіб, в якому зерноподібне залізо в розплавленому шлаку, витягнутому з конвертерної печі, осаджується в реакційному контейнері, а потім піддається обробці риформінгу шлаку. Однак, навіть в цьому випадку, коли кількість зерноподібного заліза в шлаку змінюється, час осадження також змінюється, і таким чином важко виконувати стійку обробку.

45 Відповідно, в попередньому рівні техніки після вивантаження шлаку конвертерної печі в реакційний контейнер виконується обробка для відновлення металевого заліза в шлаку в реакційному контейнері. Отже, коли кількість зерноподібного заліза в шлаку змінюється, виникає проблема, яка полягає в тому, що час обробки шлаку також змінюється.

50 Водночас в останні роки, як повідомляється в непатентному документі 1, робляться наступні спроби. Тобто, коли рафінування виконується в конвертерній печі, фурма для подавання кисню використовується як один електрод, напруга прикладається між одним електродом і іншим електродом, передбаченим на дні печі, і інформація про відстань між переднім кінцем фурми і поверхнею ванни з розплавленим металом, товщину шару шлаку і подібне виходить шляхом вимірювання змін струму, напруги й опору під час продування.

55 Однак, вплив пропускання електрики на властивості розплавленого шлаку особливо не досліджувався.

Документи попереднього рівня техніки

Патентні документи

60 [Патентний документ 1] Японська нерозглянута патентна заявка, Перша публікація № 2006-

199984

Непатентні документи

[Непатентний документ 1] Current distribution characteristics in converter furnace bath when electric potential is applied to molten steel, С. I. Semuikin, V. F. Polyakov, E. V. Semkina, 2003

5 Розкриття винаходу

Проблеми, які вирішуються винаходом

10 Задачею цього винаходу є отримати шлак, який має низький вміст металевого заліза і його невелику варіацію порівняно з попереднім рівнем техніки при рафінуванні розплавленого залізного сплаву в конвертерній печі, а потім спростити обробку для відновлення заліза в шлаку при обробці шлаку риформінгом, а також запропонувати систему конвертерної печі, здатну забезпечити стабільне отримання шлаку, що має малу варіацію вмісту металевого заліза в шлаку.

Засоби для вирішення проблеми

Суть цього винаходу полягає в наступному.

15 (1) Відповідно до першого аспекту цього винаходу пропонується система конвертерної печі, яка містить: перший електрод, розташований так, що його передній кінець занурений у шлак, що утворюється над ванною розплавленого сплаву заліза в конвертерній печі; другий електрод, розташований в контакті з ванною розплавленого сплаву заліза або шлаком; пристрій електроживлення, який подає постійний струм на перший електрод і другий електрод через

20 шлак; і пристрій керування, який регулює постійний струм так, щоби він не перевищував попередньо встановленого максимального вихідного струму.

(2) У системі конвертерної печі за п. (1) пристрій електроживлення може подавати постійний струм на перший електрод і другий електрод через шлак і ванну розплавленого залізного сплаву.

25 (3) У системі конвертерної печі за п. (1) або (2) перший електрод може бути порожнистою верхньої фурмою кисневого дуття, і другий електрод може бути передбачений у днищі або в донній частині конвертерної печі.

(4) У системі конвертерної печі за будь-яким із пп. (1)-(3) пристрій керування може керувати величиною постійного струму, що подається, так, щоб вона залишалася постійною.

30 (5) У системі конвертерної печі за будь-яким із пп. (1)-(4) пристрій керування може виконувати керування таким чином, щоб відключати подавання постійного струму, коли значення опору між першим електродом і другим електродом дорівнює або менше заданого значення опору після початку продування.

35 (6) У системі конвертерної печі за будь-яким із пп. (1)-(5) швидкість спрацювання пристрою електроживлення може становити 0,1 с або менше.

(7) У системі конвертерної печі за будь-яким із пп. (1)-(6) пристрій керування може виконувати керування таким чином, щоб постійний струм становив 50 А або більше.

Корисні ефекти винаходу

40 Відповідно до системи конвертерної печі за цим винаходом металева ванна може стабільно і безпечно забезпечуватися енергією, і таким чином кількість зерноподібного заліза, що міститься в шлаку, і його варіація можуть бути зменшені. Крім того, шляхом зменшення варіації кількості зерноподібного заліза можна стійко виконувати обробку для витягання металевого заліза за допомогою магнітного сортування, що є подальшим процесом, і стабільно отримувати

45 шлак, який має знижений вміст металевого заліза порівняно з попереднім рівнем техніки. У результаті можна підвищити вихід металу в конвертерній печі і підвищити ефективність риформінгу шлаку.

Короткий опис креслень

Фіг. 1 являє собою діаграму, яка показує схему прикладу системи конвертерної печі відповідно до цього винаходу.

50 Фіг. 2А являє собою діаграму, яка показує співвідношення між середнім значенням струму і вмістом зерноподібного заліза в шлаку під час дефосфорації чавуну.

Фіг. 2В являє собою діаграму, яка показує співвідношення між середнім значенням струму і вмістом зерноподібного заліза в шлаку під час зневуглицювання.

55 Фіг. 3 являє собою діаграму, яка показує схему іншого прикладу системи конвертерної печі відповідно до цього винаходу.

Фіг. 4 являє собою діаграму, яка показує схему ще одного прикладу системи конвертерної печі відповідно до цього винаходу.

Варіанти здійснення цього винаходу

60 Автори цього винаходу досліджували спосіб зменшення вмісту зерноподібного заліза в шлаку і його варіації при рафінуванні розплавленого залізного сплаву в конвертерній печі, і

зосередилися на подаванні електрики до шлакової ванни і металевої ванни.

Потім автори цього винаходу виявили, що кількість зерноподібного заліза, яке міститься в шлаку, і його варіація зменшуються, коли під час подавання енергії прикладається певна кількість електричного заряду.

5 Далі цей винахід, створений на основі вищезгаданих фактів, буде описаний з посиланням на креслення. У цьому описі, якщо явно не вказано інше, "%" означає "мас. %", а "струм" означає "постійний струм". Крім того, струм регулюється пристроєм керування (не показаний).

10 При рафінуванні в конвертерній печі чавун із доменної печі заливається в конвертерну піч, додається шлакова сировина, яка містить СаО як основний компонент, і виконуються продування з метою видалення кремнію і/або дефосфорації та продування з метою остаточної дефосфорації, зневуглецювання і регулювання температури.

15 Фіг. 1 являє собою вигляд збоку, що показує систему 1 конвертерної печі відповідно до цього варіанта здійснення. У системі 1 конвертерної печі перший електрод 21 встановлюється так, щоб його передній кінець був занурений у шлак 11, який утворюється над ванною розплавленого залізного сплаву (в подальшому також називається "залізною ванною 12"). Зокрема, перший електрод 21 закладається і розташовується в донній частині печі так, щоб його передня кінцева секція знаходилася по висоті між верхньою поверхнею шлаку 11 і верхньою поверхнею залізної ванни 12.

Другий електрод 22 розташовується в контакті із залізною ванною 12.

20 Шляхом розміщення електродів таким чином і з'єднання електродів із пристроєм 40 електроживлення, розташованим поза конвертерною піччю, електричний ланцюг може бути сформований шлаком 11, залізною ванною 12, першим електродом 21 і другим електродом 22. Отже, під час рафінування між електродами може подаватися напруга для подавання електричного струму на шлак 11 і залізну ванну 12. Як показано на Фіг. 3, перший електрод 21

25 може також служити як порожниста верхня фурма 31 для кисневого дуття. Звичайно як продування в конвертерній печі застосовуються три наступні способи:

1) Спосіб продування попереднього рівня техніки для виконання видалення кремнію, дефосфорації і зневуглецювання,

30 2) Спосіб продування, в якому продування з метою видалення кремнію і/або дефосфорації і продування з метою остаточної дефосфорації, зневуглецювання і регулювання температури відділені один від одного, і

3) Спосіб продування, в якому видалення кремнію виконується в окремому процесі, а потім продування з метою дефосфорації і продування з метою остаточної дефосфорації, зневуглецювання і регулювання температури відділені один від одного.

35 У випадках 2) і 3), переважно, подавання живлення виконується під час одного або обох з продування з метою видалення кремнію і/або дефосфорації і продування з метою остаточної дефосфорації, зневуглецювання і регулювання температури. При продуванні в кожному з випадків 1)-3), зокрема при застосуванні електрики в кінці продування, може бути отриманий більший ефект.

40 На Фіг. 2А і 2В в 400-тонній конвертерній печі перший електрод 21 на стороні, що контактує зі шлаком 11, розташовується на донній частині печі, а другий електрод 22 на стороні, що контактує із залізною ванною 12, розташовується на днищі печі, а потім у випадку дефосфорації між електродами подається струм 350 А або менше протягом 24 с безпосередньо перед зупинкою продування, у разі зневуглецювання між електродами протягом 24 с безпосередньо

45 перед зупинкою продування подається струм не більше 350 А (УВІМК), і у випадку, коли подавання живлення на електроди не виконується (ВІМК), показані співвідношення середніх значень струму між ними, кількості зерноподібного заліза і їхні варіації в обох випадках. Результати, показані на Фіг. 2А і 2В, є результатами 3) способу продування, в якому видалення кремнію виконується в окремому процесі, а потім продування з метою дефосфорації і

50 продування з метою остаточної дефосфорації, зневуглецювання і регулювання температури відділені один від одного.

У кожному випадку витягувалися 5 порцій шлаку після продування, і проби відбиралися способом відновлення для визначення загальної кількості зерноподібного заліза і величини варіації.

55 Фіг. 2А показує вплив середнього значення струму на концентрацію металевого заліза в шлаку після дефосфорації чавуну в конвертерній печі, а Фіг. 2В показує вплив на концентрацію металевого заліза в шлаку після зневуглецювальної обробки в конвертерній печі. У обох випадках, коли величина струму збільшується, вміст заліза зменшується, а варіація вмісту заліза зменшується.

60 Таблиці 1 і 2 показують статистично вміст зерноподібного заліза (в мас. %), яке міститься в

шлаку, показаному на Фіг. 2А і 2В. Як показано в Таблицях 1 і 2, можна помітити, що в міру збільшення величини струму середнє значення вмісту заліза, середньоквадратичне відхилення для зразка і відносна похибка зменшуються порівняно з випадком, коли величина струму дорівнює нулю (ВИМК). Зокрема, видно, що ефект зменшення помітний, коли величина струму становить 50 А або більше.

Тут середньоквадратичне відхилення зразка являє собою квадратний корінь зі значення дисперсії, отриманого як сума квадратів відстаней між значеннями кожного зразка і середнім значенням. Крім того, відносна похибка являє собою значення, яке отримується шляхом ділення середньоквадратичного відхилення на середнє значення. Із Таблиць 1 і 2 можна помітити, що коли величина струму становить 50 А або більше, значно зменшується не тільки середньоквадратичне відхилення зразка, а також і відносна похибка. Отже, переважно, щоб пристрій 40 електроживлення керував струмом так, щоб величина струму становила 50 А або більше.

Таблиця 1

| Величина струму | ВИМК. | <50А | 100±50А | 200±50А | 300±50А |
|---------------------------------------|-------|------|---------|---------|---------|
| Середнє значення вмісту заліза (%) | 19,0 | 18,5 | 11,0 | 7,5 | 2,9 |
| Середньоквадратичне відхилення зразка | 11,3 | 10,8 | 5,4 | 3,7 | 1,4 |
| Відносна похибка | 59 | 58 | 49 | 50 | 48 |

Таблиця 2

| Величина струму | ВИМК. | <50А | 100±50А | 200±50А | 300±50А |
|---------------------------------------|-------|------|---------|---------|---------|
| Середнє значення вмісту заліза (%) | 3,3 | 3,1 | 1,9 | 1,3 | 0,7 |
| Середньоквадратичне відхилення зразка | 2,4 | 2,2 | 0,9 | 0,6 | 0,3 |
| Відносна похибка | 73 | 72 | 48 | 48 | 46 |

Звичайно шлак після риформінгу дробиться, і металеве залізо витягується за допомогою магнітного сортування. Результати в Таблицях 1 і 2 показують, що сам вміст металевого заліза знижується за рахунок подавання електричного струму в шлак 11, варіація вмісту металевого заліза зменшується, і в результаті магнітне сортування є стабільним, і є великий ефект, що полягає в тому, що вміст металевого заліза в шлаку може бути додатково зменшений.

Незрозуміло, чому вищезазначений ефект може бути отриманий шляхом подавання електричного струму на шлак 11 під час продування, але передбачається, що це відбувається тому, що подаванням енергії на зерноподібне залізо викликаються коагуляція і укрупнення зерноподібного заліза, що залишається в шлаку, і таким чином зерноподібне залізо осідає під дією власної ваги.

Пристрій 40 електроживлення виконує керування так, щоб струм не перевищував попередньо встановленого максимального вихідного значення. Для цього керування, наприклад, блок 41 виявлення струму передбачається в середині проводу, що з'єднує пристрій 40 електроживлення з електродами, сигнал від блока 41 виявлення струму вводиться в пристрій 42 керування для визначення величини струму або опору між електродами, і вихід пристрою 40 електроживлення регулюється відповідно до величини виявленого струму.

Зокрема, оскільки значення опору в конвертерній печі дуже сильно коливається, бажано, щоб пристрій електроживлення виконував транзисторне керування, а не тиристорне керування. На доповнення до цього, завдяки конфігурації системи, діапазон і шлях протікання струму є ймовірним, і необхідно забезпечити механізм для розриву ланцюга, якщо значення вихідного струму перевищує допустиму величину подавання живлення відповідно до положення, в якому допустима величина живлення (струм) є найменшою.

Як перший електрод 21, наприклад, електрод, виконаний із вуглець-вмісної цегли, такої як цегла MgO-C, може бути розташований в донній частині конвертерної печі. Коли немає великої різниці у величині опору, наприклад, коли цегла знаходиться в контакті з електродною цеглою, що також містить вуглець, бажано розмістити цеглу для ізоляції навколо електродної цегли. На доповнення до цього, що стосується провідника ззовні печі, з'єданого, наприклад, з електродною цеглою, бажано взяти заходів для зменшення опору, такі як збільшення площі

поверхні стику між мідним провідником і цеглою і скорочення відстані від робочої поверхні цегли до переднього кінця мідного провідника, якщо це дозволяють конфігурація системи або економічні обмеження.

5 Як другий електрод 22 можна використовувати вуглець-вмісну цеглу і т.п. Переважно, другий електрод 22 розташовується в днищі або в донній частині системи 1 конвертерної печі. Коли другий електрод 22 забезпечується в донній частині печі, положення висоти другого електрода 22 може встановлюватися так, щоб він контактував із розплавленою ванною залізного сплаву або шлаком 11, як другий електрод 22', показаний на Фіг. 4. У разі прикладу, показаного на Фіг. 4, пристрій 40 електроживлення виконаний з можливістю подавання постійного струму до першого електрода 21 і другого електрода 22 тільки через шлак 11, без пропускання його через залізну ванну 12.

10 Коли перший електрод 21 розташовується в донній частині печі, перший електрод 21 переважно забезпечується на 200-400 мм вище, і більш переважно на 200-400 мм вище, основиючись на статичній поверхні розплавленого металу залізної ванни 12, що оцінюється за об'ємом конвертерної печі. Коли перший електрод 21 приєднується нижче положення, що знаходиться на 200 мм вище статичної поверхні розплавленого металу, частота коротких замикань завдяки коливанням поверхні металу є високою, частота струму, що протікає у шлак, зменшується, і таким чином ефекти зменшуються. Коли перший електрод 21 розташовується вище положення, що знаходиться на 4000 мм вище статичної поверхні розплавленого металу, частота контакту електрода з частиною шлаку зменшується, і таким чином ефекти також зменшуються.

20 Пристрій 40 електроживлення включає механізм, який вимикає подавання струму, коли струм, що протікає між першим електродом 21 і другим електродом 22, перевищує попередньо задану максимальну допустиму величину.

25 У цій системі, коли струм перевищує максимально допустиму величину, наприклад, визначається, що відповідний струм не тече в шлак через струм, що проходить через прилипли охолодь. Крім того, коли струм перевищує максимально допустиму величину, цей струм не реєструється як струм, що використовується при обробці в конвертерній печі. У результаті, коли шлак відправляється на процес подальшої обробки після рафінування в конвертерній печі, тільки значення струму в шлаку може бути додане і відправлене в характеристики шлаку як інформація про шлак у конвертерній печі. У процесі подальшої обробки обробка може виконуватися відповідно до цієї інформації про величину струму, при цьому відпадає необхідність виконувати надмірну подальшу обробку, і таким чином процес подальшої обробки стабілізується.

35 Максимально допустимий струм може бути визначений шляхом проведення експерименту і розрізнення між струмом, що протікає через шлак, і струмом, що протікає через стінку конвертерної печі, яка являє собою іншу систему, метал, що приєднався до охолоді вогнетриву, і подібне. Цей максимально допустимий струм може бути постійною величиною.

40 Одним зі способів визначення того, чи протікає струм через шлак, є спосіб, який використовує значення опору. Коли опір ланцюга між першим електродом, джерелом живлення і другим електродом визначається попередньо шляхом розрахунку або фактичного вимірювання, значення опору між електродами може бути отримане шляхом віднімання певного значення опору від опорів усіх ланцюгів, які можуть бути легко виміряні в стані під напругою під час продування.

45 Як правило, значення опору через шлак більше, ніж значення опору охолоді і подібного, і може спостерігатися як значна різниця. Оскільки конкретне значення опору змінюється залежно від товщини шлаку, положення електрода, складу і властивостей шлаку (частки рідкої фази або рівня вмісту металу або пухирців), конкретне значення опору можна визначити шляхом попереднього вимірювання під час роботи.

50 Крім того, діапазон значень струму, який протікає через шлак у конвертерній печі, може бути визначений зі зміни значення струму, який протікає в шлак, і його верхня межа може бути визначена як максимально допустимий струм. У цьому випадку, наприклад, максимально допустимий струм може бути значенням струму, отриманим шляхом додавання значення, яке в три рази перевищує зміну поточного значення, до середнього значення струму, який протікає у шлак.

55 Крім того, може бути передбачений механізм, який вимикає струм після виявлення максимально допустимого струму і знову вмикає струм через заданий час, наприклад, 30 с або більше.

60 Як перший електрод 21 може використовуватися верхня фурма 31 для кисневого дуття, як показано на Фіг. 3. Крім того, коли верхня фурма 31 для кисневого дуття використовується як

перший електрод 21, її передній кінець може переміщуватися вгору і вниз, положення переднього кінця може переміщуватися вгору і вниз при струмі, який протікає між електродами, і можна контролювати величину струму, який протікає у шлак.

5 Коли верхня фурма 31 для кисневого дуття використовується як перший електрод 21, необхідно передбачити заходи з ізоляції для механізму, який підтримує фурму, і системи подавання/відведення кисню і охолоджуючої води. На доповнення до цього, коли є механізм для ущільнення між фурмою і отвором для вставки фурми, такої як ущільнювальний конус, також потрібні заходи з ізоляції навколо цієї частини.

10 Крім того, коли верхня фурма 31 для кисневого дуття використовується як перший електрод 21, з точки зору зносостійкості переважно, щоб щонайменше передня кінцева секція була виконана з міді.

Коли верхня фурма 31 для кисневого дуття використовується як перший електрод 21, струм може текти в шлак більш стабільно порівняно з випадком, коли використовується електрод у донній частині печі.

15 У разі електрода в донній частині печі можливо, що відкладення на стінці печі стане основним шляхом подавання енергії, і струм не буде текти до всього шлаку. Водночас, коли верхня фурма 31 для кисневого дуття використовується як перший електрод 21, опір у печі значно змінюється залежно від відносного положення фурми і шлаку на доповнення до стану шлаку. Отже, необхідно знизити положення фурми в максимально можливій мірі. Переважно, щоб фурма знаходилася в контакті зі шлаком. Однак, оскільки провідність атмосфери всередині самої печі також збільшується за рахунок парів заліза і т.п. під час продування, фурма і шлак не обов'язково повинні контактувати одне з одним.

20 Коли є певний ступінь свободи в положенні фурми, бажано керувати її положенням відповідно до величини струму або значення опору, як було описано вище. Коли положення фурми є низьким, теплове навантаження від реакційної зони і сталеві ванни є високим, і розсіяні краплі прагнуть прилипнути до фурми, що призводить до скорочення терміну її служби і збоїв у роботі.

Положення фурми можна визначити по досвіду експлуатації. Коли положення фурми підіймається, площа контакту зі шлаком зменшується або збільшується значення опору через шар газу (простір над шлаком, що містить пил і пару), і величина струму знижується для тієї ж самої напруги. Отже, бажано розташовувати фурму в положенні, що рівне або нижче положення, в якому може бути забезпечена мінімальна величина струму, порівнянна з емпірично отриманим ефектом, і що рівне або вище положення, в якому немає побоювань з приводу зменшення терміну служби фурми або збоїв у роботі.

35 Навіть коли верхня фурма 31 для кисневого дуття використовується як перший електрод, максимальний допустимий струм може бути встановлений як в тому випадку, коли перший електрод розташовується у донній частині печі.

40 Крім того, пристрій електроживлення може мати функцію керування величиною струму, що подається, так, щоб вона не перевищувала деякого значення (надалі також згадується як "керування постійним струмом"). Більш переважно, коли пристрій 40 електроживлення має функцію керування постійним струмом, яка змінює напругу відповідно до опору в печі, щоб підтримувати величину струму, що подається, постійною. Шляхом керування струмом так, щоб він залишався практично постійним під час продування, можна керувати наявністю зерноподібного заліза в шлаку так, щоб його варіація була малою.

45 При керуванні постійним струмом можна встановити верхню межу струму, щоб можна було відрізнити струм, який протікає в шлаку, і струм, який протікає в системах, відмінних від шлаку.

Крім того, наприклад, верхня межа може являти собою встановлене значення струму + варіація струму (значення середньоквадратичного відхилення). Крім того, нижня межа може бути встановлена в 0 А, так що надмірна напруга не прикладається, коли значення опору є високим завдяки властивостям шлаку.

50 Задана величина струму для керування постійним струмом може бути встановлена відповідно до співвідношення між варіацією кількості зерноподібного заліза в шлаку, що отримується за допомогою експерименту, і варіацією кількості зерноподібного заліза, допустимою в процесі подальшої обробки. Наприклад, на Фіг. 2А і 2В середньоквадратичне відхилення зразка при струмі 200 А, що тече в процесі дефосфорації, становить 3,7 %, і оскільки це значення є допустимим в процесі подальшої обробки, задана величина струму може становити 200 А.

60 Переважно пристрій 40 електроживлення включає механізм, який вимикає подавання струму, коли значення опору між першим електродом 21 і другим електродом 22 дорівнює або менше, ніж попередньо задане значення опору. Значення опору отримується шляхом введення

сигналу від блока 41 виявлення струму в пристрій 42 керування. Далі, пристрій 40 електроживлення може вмикати механізм, який зупиняє пристрій 40 електроживлення і вимикає подавання струму, коли отримане значення опору дорівнює або менше заданого значення опору протягом заданого часу після початку продування.

5 Оскільки значення опору шлаку відоме попередньо, коли воно дорівнює або менше значення опору, передбачається, що струм не тече до шлаку, а тече в систему, відмінну від шлаку. Отже, отримуючи значення опору, можна визначити, чи тече струм у шлак.

Крім того, визначення максимально допустимого струму або значення опору також сприяє стабілізації системи, як буде описано далі. Таким чином, відразу після початку продування ситуація, в якій струм стійко тече в шлаку 11, не створюється через розчинення добавок або формування. Отже, коли перший електрод 21 раптово входить у контакт зі шлаком 11, є побоювання, що опір може різко впасти, а значення струму може різко зрости. У цьому випадку є побоювання, що система може бути пошкоджена через тепловиділення залежно від величини струму. За рахунок забезпечення механізму вимкнення подавання струму можна вимкнути струм і уникнути у такому разі неприємних наслідків.

Крім того, навіть коли з конвертерної печі тече паразитний струм через деякі несправності, подавання струму може бути вимкнене, і, таким чином, система може працювати безпечно.

20 Переважно, швидкість спрацювання пристрою 40 електроживлення становить 0,1 с або менше. Як було описано вище, значення опору в печі сильно коливається від по суті ізольованого стану до мікроомів або менше, передбачаючи коротке замикання через охолоді, і цей стан змінюється за секунди.

Наприклад, відразу після початку продування не існує достатньої кількості шлаку, і атмосфера всередині печі також знаходиться в стані з низькою провідністю, по суті в ізольованому стані. Водночас, передбачаючи бажаний шлях подавання енергії через шлак, очікується, що опір буде становити приблизно 100 мОм, залежно від стану шлаку.

25 Таким чином, коли відбувається раптове утворення шлаку і подібного, значення опору може вмиг впасти від ізольованого стану до 100 мОм. Коли швидкість спрацювання вихідного контролю є повільною, ланцюг може бути розірваний, навіть якщо значення струму збільшується, і струм тече по нормальному шляху, не встигаючи за великою зміною значення опору.

Навіть коли максимальний вихідний струм встановлюється, виходячи з мінімального значення опору в нормальному діапазоні, значення опору коливається на 1-2 порядки залежно від стану шлаку або наявності або відсутності втручання газової фази, і таким чином те ж саме застосовно, коли перехід зі стану з високим значенням опору в стан з низьким значенням опору відбувається швидко.

35 Тому, щоб гарантувати стійке подавання живлення, швидкість спрацювання пристрою електроживлення повинна відповідати цим змінам стану. Відповідно до фактів, виявлених авторами цього винаходу внаслідок експериментів, значення опору в печі може коливатися з інтервалами приблизно 0,1 с. Тому бажано, щоб швидкість спрацювання джерела живлення становила 0,1 с або менше. У цьому випадку швидкість спрацювання означає, що перехід від максимального струму до мінімального і навпаки завершується протягом цього часу.

Крім того, в цій системі, нижня фурма 50 для дуття, виконана з пористої цегли, множини трубок або у вигляді колектора передбачається на днищі печі, і газ може вдуватися у ванну 12 чавуну від днища печі під час рафінування для перемішування залізної ванни 12. Кількість нижніх фурм 50 може бути така, що дорівнює 1, але переважно передбачати множину нижніх фурм 50. Фіг. 1 показує приклад, в якому нижні фурми 50 передбачаються в двох положеннях.

У цьому винаході склад шлаку, що обробляється, не обмежується яким-небудь конкретним складом. Наприклад, цей склад може мати основність 0,5 або більше і концентрацію оксиду заліза 5 % або більше.

50 У випадку шлаку, що має основність 0,5 або більше і концентрацію оксиду заліза 5 % або більше, є побоювання, що значення опору шлаку може змінитися залежно від складу, і величина струму різко зростає, коли шлак і електрод знаходяться в контакті один з одним, і таким чином ефективно використовувати механізм регулювання струму цієї заявки.

55 Склад розплавленого залізного сплаву, що обробляється, не обмежується яким-небудь конкретним складом, але ефект поліпшується у випадку обробки розплавленого чавуну, що має концентрацію кремнію 0,25 % або менше. Причина цього полягає в тому, що в більшості випадків кількість шлаку звичайно невелика при низькій концентрації кремнію, але кількість зерноподібного заліза, що утворюється, визначається енергією (головним чином верхнім дуттям), що вводиться в піч, або ступенем зневуглицювання, і коли кількість шлаку невелика, концентрація зерноподібного заліза в шлаку є відносно високою. Отже, при виконанні обробки з

використанням системи за цим винаходом можна отримати чудовий ефект.

Крім того, також переважно використовувати систему за цим винаходом при обробці розплавленого заліза в ділянці, де концентрація вуглецю в кінцевій точці рафінування становить 2,5 % або більше. Причина цього полягає в тому, що рафінування в цій ділянці часто виконується з відносно низькою основністю і закінчується при низькій температурі, і таким чином в'язкість шлаку є високою, і кількість зерноподібного заліза, що міститься в шлаку, є великою.

Крім того, цей винахід може бути застосований до випадку, коли процеси видалення кремнію і дефосфорації виконуються в різних очисних контейнерах, до випадку, коли кожний процес виконується в окремій конвертерній печі, а також до випадку, коли обидва процеси виконуються в одній і тій же конвертерній печі.

Подавання енергії виконується в останній половині продування. Однак, ефективно виконувати подавання енергії в такому стані, коли щільність зерноподібного заліза в шлаку збільшується. З цієї причини переважно подавати струм протягом 1 хв. перед припиненням подавання кисню, тобто від 1 хв. до припинення подавання кисню до того моменту, коли подавання кисню припиняється.

Як було описано вище, відповідно до системи конвертерної печі за цим винаходом можна стабільно і безпечно подавати живлення на металеву ванну, зменшувати кількість зерноподібного заліза, що міститься в шлаку, і стабільно отримувати шлак, що має знижений вміст металевого заліза порівняно з попереднім рівнем техніки.

Хоча далі описується приклад варіанта здійснення цього винаходу, цей винахід не обмежується цим описом варіанта здійснення цього винаходу. Зрозуміло, що цей винахід також охоплює різні модифікації всередині діапазону, який може бути легко зрозумілий фахівцем в цій галузі техніки, без відступів від галузі охоплення формули винаходу.

[Приклад]

Далі один приклад способу рафінування, що використовує систему конвертерної печі за цим винаходом, буде описаний з посиланням на більш конкретні приклади. На доповнення до цього, наступний приклад є середнім результатом виконання одного прикладу або порівняльного прикладу при однакових умовах для приблизно 20 плавлень.

[Приклад 1]

Конвертерна піч з верхнім і нижнім дуттям ємністю 300 т була реконструйована, цеглини MgO-C були встановлені на днищі печі, і цеглини MgO-C були встановлені як верхні електроди на стінці печі з обох сторін цапфи вала в положенні 2000 мм від днища печі. Внутрішній діаметр печі становив 6000 мм, а глибина розплавленого заліза становила 1700 мм. Висота фурми була встановлена так, щоб відстань від поверхні розплавленого металу до переднього кінця фурми становила 3000 мм, і фурма продувалася. Дві фурми для кисневого дуття були встановлені на днищі печі.

Подавання енергії починалося в той же час, що й подавання кисню, і припинялася одночасно із закінченням подавання кисню. Використовувалося джерело живлення, яке має механізм відімкнення струму, коли струм перевищує максимально допустимий. Пристрій був налаштований так, щоб максимально допустимий струм становив 500 А. Крім того, приймаючи попередньо вимірне значення опору шлаку, напруга джерела живлення була встановлена таким чином, щоб до шлаку протікав струм величиною 250 А.

Склад чавуну включав С: 3,8-3,9 %; Si: 0,01 %, P: 0,02 %, Mn: 0,01 %, кінцевий склад включав С: 0,04 %, і температура підтримувалася близько 1650 °С.

На початку продування струм, який, як вважалось, був пов'язаний з ефектом виникнення охолоді на стінці печі, протікав для близько 40 % плавлень. Оскільки величина струму перевищувала 500 А, електроживлення було відімкнене. Після цього живлення знову вмикалося кожні 30 с і неодноразово вмикалося при струмі 500 А або більше. У всіх плавленнях з приблизно 40 % струм майже не протікав між 2 і 2,5 хв. після початку продування, і таким чином стан зберігався таким, як він був після цього.

Передбачається, щоб охолодь, яка формується на стінці печі, змішувалася з шлаком при попередньому завантаженні і залишалася нерозчиненою, або прилипла при завантаженні чавуну. Враховуючи, що вона зникла через декілька хвилин після початку продування, цілком можливо, що це був чавун. Струм більше ніж 500 А, що спостерігається після повторного увімкнення живлення протягом цього періоду, не був включений в середнє значення струму для подальшої перевірки ефекту.

На початку продування в тому випадку, коли не протікав струм, на який приблизно впливала вищезазначена охолодь, ланцюг не відмикався з самого початку, і подавання енергії продовжувалося в попередньому вигляді (струм відразу після початку не спостерігався).

Величина струму поступово збільшувалася від ділянки, де значення опору в печі було високим на початковій стадії, і струм не міг бути виявлений, і досягала 220-270 А через 3-3,5 хв. після початку продування. Після цього, хоча значення струму трохи коливалося, рівень струму зберігався, і коли переривання подавання живлення під час вимірювання температури було вимкнене, струм протікав майже стабільно протягом всього продування протягом 14-14,5 хв. і припинявся.

Після завершення кожного продування майже увесь шлак вивантажувався, і після охолодження і грубого подрібнення шлаку оцінювався вміст металевого заліза в кожному плавленні.

Середнє значення величини струму під час продування становило близько 200 А плюс/мінус 20 А, середнє значення кількості зерноподібного заліза в шлаку становило 7,0 %, і середньоквадратичне відхилення зразка, що вказує на варіацію, становило 3,4 %.

Оскільки варіація кількості зерноподібного заліза могла бути визначена таким чином, починаючи з наступного разу, величина струму, що протікає в конвертерній печі, повідомлялася процесу подальшої обробки як інформація, що вказує на властивості шлаку. У процесі подальшої обробки час обробки встановлювався на основі цієї інформації, і таким чином могла виконуватися стійка обробка.

[Приклад 2]

Конвертерна піч з верхнім і нижнім дуттям ємністю 300 т була реконструйована, цеглини MgO-C були встановлені на днищі печі, і електроживлення було з'єднане з фурмою, що служила як верхній електрод на стінці печі. Внутрішній діаметр печі становив 6000 мм, а глибина розплавленого чавуну становила 1700 мм. Висота фурми встановлювалася так, щоб відстань від поверхні розплавленого металу до переднього кінця фурми становила 3000 мм, і фурма продувалася. Дві фурми для кисневого дуття були встановлені на днищі печі.

Подавання енергії починалося в той же час, що й подавання кисню, і припинялося одночасно із закінченням подавання кисню. Використовувалося джерело живлення, що має механізм відімкнення струму, коли струм перевищує максимально допустимий. Пристрій був налаштований так, щоб максимально допустимий струм становив 500 А. Крім того, приймаючи попередньо виміряне значення опору шлаку, напруга джерела живлення було встановлена таким чином, щоб до шлаку протікав струм величиною 250 А.

Склад чавуну включав С: 3,8-3,9 %; Si: 0,01 %, P: 0,02 %, Mn: 0,01 %, кінцевий склад включав С: 0,04 %, і температура підтримувалася близько 1650 °С.

Аналогічно Прикладу 1, на початку продування струм, який вважався результатом виникнення охолоді на ізолюючій частині отвору фурми, протікав тільки для одного плавлення. Оскільки величина струму перевищувала 500 А, електроживлення було відімкнене. Після цього, коли живлення було знову увімкнене через 30 с, струм майже не протікав, і таким чином стан підтримувався таким, яким він був.

Передбачається, що охолоді формується таким чином, щоб закоротити ізолюючу частину, відразу після початку попереднього завантаження або продування плавлення, і розчинялася і видалялася теплом печі або джоулевым теплом при пропусканні струму в 500 А. Струм більше ніж 500 А, що спостерігається для цього плавлення, не включався в середнє значення, показане нижче.

Що стосується інших плавлень, оскільки вищезазначений струм не спостерігався, подавання енергії продовжувалося без розриву ланцюга. Однак, на ранній стадії (близько 2 хв.) продування струм не спостерігався. Для всіх плавлень величина струму поступово збільшувалася приблизно через 3-3,5 хв. після початку продування до 250 А. Після цього величина струму поступово зменшувалася після того, як приблизно 250 А зберігалися майже стійко протягом приблизно 2,5-3 хв., але струм знову збільшувався приблизно через 9 хв. після початку продування, і спостерігався струм приблизно 150-200 А. При виключенні переривання подавання живлення під час вимірювання температури струм протікав практично стабільно до кінця продування протягом 14-14,5 хв. Живлення вимикалося безпосередньо перед кінцем продування.

Середнє значення величини струму під час продування становило близько 100 А плюс/мінус 10 А, середнє значення кількості зерноподібного заліза в шлаку становило 6,2 %, і середньоквадратичне відхилення зразка, що вказує на варіацію, становило 2,3 %.

Аналогічно Прикладу 1, середнє значення (в цьому випадку близько 100 А) струму, що нормально протікає, повідомлялося процесу подальшої обробки як інформація про шлак. У процесі подальшої обробки час обробки встановлювався на основі цієї інформації, і таким чином могла виконуватися стійка обробка.

(Порівняльний приклад)

Конвертерна піч із верхнім і нижнім дуттям ємністю 300 т була реконструйована, цеглини MgO-C були встановлені на днищі печі, і цеглини MgO-C були встановлені як верхні електроди на стінці печі з обох сторін цапфи вала в положенні 2000 мм від днища печі. Внутрішній діаметр печі становив 6000 мм, а глибина розплавленого заліза становила 1700 мм. Висота фурми встановлювалася так, щоб відстань від поверхні розплавленого металу до переднього кінця фурми становила 3000 мм, і фурма продувалася. Дві фурми для кисневого дуття були встановлені на днищі печі.

Подавання енергії починалося в той же час, що й подавання кисню, і припинялося одночасно із закінченням подавання кисню. Використовувалося джерело живлення, яке має механізм відімкнення струму, коли струм перевищує максимально допустимий. Пристрій був налаштований так, щоб максимально допустимий струм становив 500 А. Крім того, з урахуванням значення опору шлаку, в конвертерній печі був встановлений струм 200 А.

Склад чавуну включав С: 3,8-3,9 %; Si: 0,01 %, P: 0,02 %, Mn: 0,01 %, кінцевий склад включав С: 0,04 %, і температура підтримувалася близько 1650 °С. Подавання енергії починалося в той же час, що й подавання кисню, і припинялося одночасно із закінченням подавання кисню.

Крім того, приймаючи попередньо виміряне значення опору шлаку, напруга джерела живлення було встановлена таким чином, щоб до шлаку протікав струм величиною 250 А. Використовувалося джерело живлення, що не має механізму відімкнення струму, коли струм перевищує максимально допустимий.

Аналогічно Прикладу 1, для 45 % плавень протікав струм, який, як вважалося, був пов'язаний з ефектом виникнення охолоді на стінці печі на початку продування. Хоча величина струму перевищувала 500 А, подавання живлення і продування продовжувалися без вимкнення живлення.

У цих плавленнях струм зменшувався приблизно через 2 хв. після початку продування, і ставав таким, що дорівнює приблизно 250 А, приблизно через 3 хв. Виходячи зі зміни значення опору, передбачалося, що подавання енергії виконувалося охолоддю протягом початкової стадії близько 2 хв., і потім подавання енергії виконувалося через шлак. Більш пізніше середнє значення струму також включало величину струму більше ніж 500 А під час цього періоду.

У 55 % плавень, що залишилися, вищезазначений струм не спостерігався, але величина струму поступово збільшувалася приблизно через 3-3,5 хв. після початку продування, і досягала 250 А. Після цього для всіх плавень величина струму поступово зменшувалася після того, як приблизно 250 А зберігалися майже стійко протягом приблизно 2,5-3 хв., але струм знову збільшувався приблизно через 9 хв. після початку продування, і спостерігався струм приблизно 150-200 А. Цей струм тік майже стійко до кінця продування протягом 14-14,5 хв., виключаючи переривання подавання живлення під час вимірювання температури. Живлення вимикалося безпосередньо перед кінцем продування.

Середнє значення струму під час продування перевищувало 300 А для початкового подавання живлення і становило приблизно 250 А для плавлення, в якому первинне подавання живлення не спостерігалася. Середнє значення кількості зерноподібного заліза в шлаку становило 7,2 %, а середньоквадратичне відхилення зразка, що вказує на варіацію, становило 3,3 %. Однак, коли плавлення, що має середнє значення струму більше ніж 300 А, і плавлення, що має середнє значення струму 250А, порівнювалися одне з одним, між ними не було виявлено жодної різниці в ефектах.

Водночас, для попереднього плавлення, що має середнє значення струму більше ніж 300 А, це середнє значення передавалося процесу подальшої обробки як воно є, і таким чином швидкість обробки магнітного розділення зменшилася, і в результаті ефективність витягання корольків погіршилася.

На доповнення до цього, внаслідок продовження подавання живлення більше ніж 500 А протягом 2 хв. або довше на початковій стадії, коли внутрішня частина печі спостерігалася після вивантаження, було підтверджено, що зношування цеглин стінки печі нижче електрода було аномально збільшеним. При оцінці середньої швидкості зношування для декількох десятків плавень, включаючи це плавлення, було виявлено, що воно відповідає збільшенню приблизно на 10 %. Вважається, що вогнетрив був сильно зношений через джоулеве тепло, що виділяється при проходженні великого струму через охолодь.

[Приклад 3]

Конвертерна піч з верхнім і нижнім дуттям ємністю 300 т була реконструйована, цеглини MgO-C були встановлені на днищі печі, і цеглини MgO-C були встановлені як верхні електроди на стінці печі в положенні 2000 мм від днища печі. Внутрішній діаметр печі становив 6000 мм, а глибина розплавленого заліза становила 1700 мм. Висота фурми встановлювалася так, щоб

відстань від поверхні розплавленого металу до переднього кінця фурми становила 3000 мм, і фурма продувалася. Дві фурми для кисневого дуття були встановлені на днищі печі.

5 Подавання енергії починалося в той же час, що й подавання кисню, і припинялося одночасно із закінченням подавання кисню. Використовувалося електроживлення, що має механізм керування для підтримання постійної величини струму. Його швидкість спрацювання становила 0,5 с. Значення постійної величини струму було встановлене таким, що дорівнює 300 А, а допустимий діапазон був встановлений таким, що дорівнює +50 А - 300 А.

Склад чавуну включав С: 3,8-3,9 %; Si: 0,01 %, P: 0,02 %, Mn: 0,01 %, кінцевий склад включав С: 0,04 %, і температура підтримувалася близько 1650 °С.

10 На початку продування струм, який, як вважалося, був пов'язаний з ефектом прилипання охолоді до стінки печі, протікав для близько 40 % плавлень. Оскільки величина струму перевищувала 350А, електроживлення було відімкнене. Після цього живлення знову вмикалося кожні 30 с і неодноразово відмикалося при струмі 500 А або більше. Для всіх плавлень з приблизно 40 % струм майже не протікав між 2 і 2,5 хв. після початку продування, і таким чином стан зберігався таким, як він був після цього.

15 Струм більше ніж 500 А, що спостерігається після повторного увімкнення живлення протягом цього періоду, не був включений у середнє значення струму для подальшої перевірки ефекту.

20 На початку продування в тому випадку, коли струм, на який могла негативно вплинути охолоді, не протікав, ланцюг не відмикався з самого початку, і подавання енергії продовжувалося в колишньому вигляді (струм відразу після початку не спостерігався). Навіть коли струм не спостерігався, нижня межа керування постійною величиною струму була встановлена такою, що дорівнює 0 А, і таким чином величина струму, що зберігається як вона є, мала високе значення опору в печі на початковій стадії, поступово збільшувалася від ділянки, де струм виявити не вдалося, і досягала 300 А через 3-3,5 хв. після початку продування. Після цього величина струму практично не коливається завдяки керуванню виходом блока електроживлення, і коли переривання подавання живлення під час вимірювання температури було виключене, струм величиною приблизно 300 А тік практично стійко протягом всього продування протягом 14-14,5 хв., і закінчувався.

30 Середнє значення величини струму під час продування становило близько 240 А плюс/мінус 20 А, середнє значення кількості зерноподібного заліза в шлаку становило 2,6 %, і середньоквадратичне відхилення зразка, що вказує на варіацію, становило 1,4 %.

35 Оскільки варіація кількості зерноподібного заліза могла бути визначена таким чином, починаючи з наступного разу, величина струму, що протікає в конвертерній печі, повідомлялася процесу подальшої обробки як інформація, що вказує на властивості шлаку. У процесі подальшої обробки час обробки встановлювався на основі цієї інформації, і таким чином могла виконуватися стійка обробка.

[Приклад 4]

40 Конвертерна піч з верхнім і нижнім дуттям ємністю 300 т була реконструйована, цеглини MgO-C були встановлені на днищі печі, і цеглини MgO-C були встановлені як верхні електроди на стінці печі в положенні 2000 мм від днища печі. Внутрішній діаметр печі становив 6000 мм, а глибина розплавленого заліза становила 1700 мм. Висота фурми встановлювалася так, щоб відстань від поверхні розплавленого металу до переднього кінця фурми становила 3000 мм, і фурма продувалася. Дві фурми для кисневого дуття були встановлені на днищі печі.

45 Подавання енергії починалося в той же час, що й подавання кисню, і припинялося одночасно із закінченням подавання кисню. Як джерело електроживлення, використовувалося джерело Прикладу 3, і був доданий механізм для обчислення значення опору ланцюга. Верхня межа значення опору була встановлена такою, що дорівнює 1 Ом, а нижня межа значення опору була встановлена такою, що дорівнює 0,05 Ом. Потім струм підтримувався таким, що дорівнює 300 А, у вказаному діапазоні значень опору.

50 Коли розрахункове значення опору виходило за верхню і нижню межі опору, напруга, що прикладається до ланцюга, зменшувалася до 5 В. Коли значення опору знаходилося в діапазоні 0,05-1 Ом, міг текти постійний струм.

55 Склад чавуну включав С: 3,8-3,9 %; Si: 0,01 %, P: 0,02 %, Mn: 0,01 %, кінцевий склад включав С: 0,04 %, і температура підтримувалася близько 1650 °С.

60 На початку продування спостерігалось зменшення значення опору, що, як вважалося, було пов'язано з ефектом прилипання охолоді до стінки печі. Оскільки значення опору становило 0,05 Ом або менше, струм в 300 А не застосовувався. Після цього, коли значення опору безперервно відстежувалося, стан 0,05 Ом або менше зникав, але відразу після цього опір перевищував 1 Ом, і таким чином струм в 300 А не протікав.

Потім, через 3-3,5 хв. після початку продування значення опору стало 1 Ом або менше і 0,05 Ом або більше, і таким чином, величина струму була встановлена такою, що дорівнює 300 А. Продування протягом 14-14,5 хв. було завершено, і подавання живлення було припинене безпосередньо перед закінченням продування.

5 При продуванні середнє значення величини струму становило близько 240 А в діапазоні плюс/мінус 20 А, середнє значення кількості зерноподібного заліза в шлаку становило 2,7 %, і середньоквадратичне відхилення зразка, що вказує на варіацію, становило 1,3 %.

Оскільки варіація кількості зерноподібного заліза могла бути визначена таким чином, починаючи з наступного разу, величина струму, що протікає в конвертерній печі, повідомлялася процесу подальшої обробки як інформація, що вказує на властивості шлаку. У процесі подальшої обробки час обробки встановлювався на основі цієї інформації, і таким чином могла виконуватися стійка обробка.

[Приклад 5]

15 За тих же умов, що і в Прикладі 4, пристрій електроживлення був замінений на пристрій, що має швидкість спрацювання 1 мс. Що стосується умов продування і подавання живлення, спостерігалися ті ж результати, що і в Прикладі 4.

Однак, оскільки швидкість спрацювання була поліпшена, величина струму майже не коливалася, і середнє значення величини струму становило близько 240 А в діапазоні плюс/мінус 5 А. На доповнення до цього, середня ширина величини струму більше залежала від часу початку подавання живлення (коли опір в печі знаходився в допустимому діапазоні), ніж від коливань вихідної потужності під час подавання живлення.

20 Середнє значення кількості зерноподібного заліза в шлаку становило 2,4 %, а середньоквадратичне відхилення зразка, що вказує на варіацію, становило 1,2 %.

Оскільки варіація кількості зерноподібного заліза могла бути визначена таким чином, починаючи з наступного разу, величина струму, що протікає в конвертерній печі, повідомлялася процесу подальшої обробки як інформація, що вказує на властивості шлаку. У процесі подальшої обробки час обробки встановлювався на основі цієї інформації, і таким чином могла виконуватися стійка обробка.

30 При використанні системи конвертерної печі за цим винаходом струм може стійко пройти через шлак і межу шлак/ванна чавуну. У результаті кількість зерноподібного заліза в шлаку і його варіація можуть бути зменшені, і подальша обробка шлаку може виконуватися стійко.

Промислова застосовність

Відповідно до системи конвертерної печі за цим винаходом подавання енергії може виконуватися стійко і безпечно, і кількість зерноподібного заліза, що міститься в шлаку, може бути зменшена. Крім того, можна стійко отримувати шлак, що має зменшений вміст металевого заліза порівняно з попереднім рівнем техніки, і таким чином, вихід заліза може бути поліпшений, і ефективність подальшого риформінгу шлаку може бути поліпшена. У результаті можна отримувати шлак, що використовується не тільки як матеріал для поліпшення дорожнього покриття і матеріалу нижнього шару дорожнього полотна, але також і для матеріалу верхнього шару дорожнього полотна, наповнювача бетону, кам'яної сировини і т. п., і таким чином цей винахід має велику промислову застосовність.

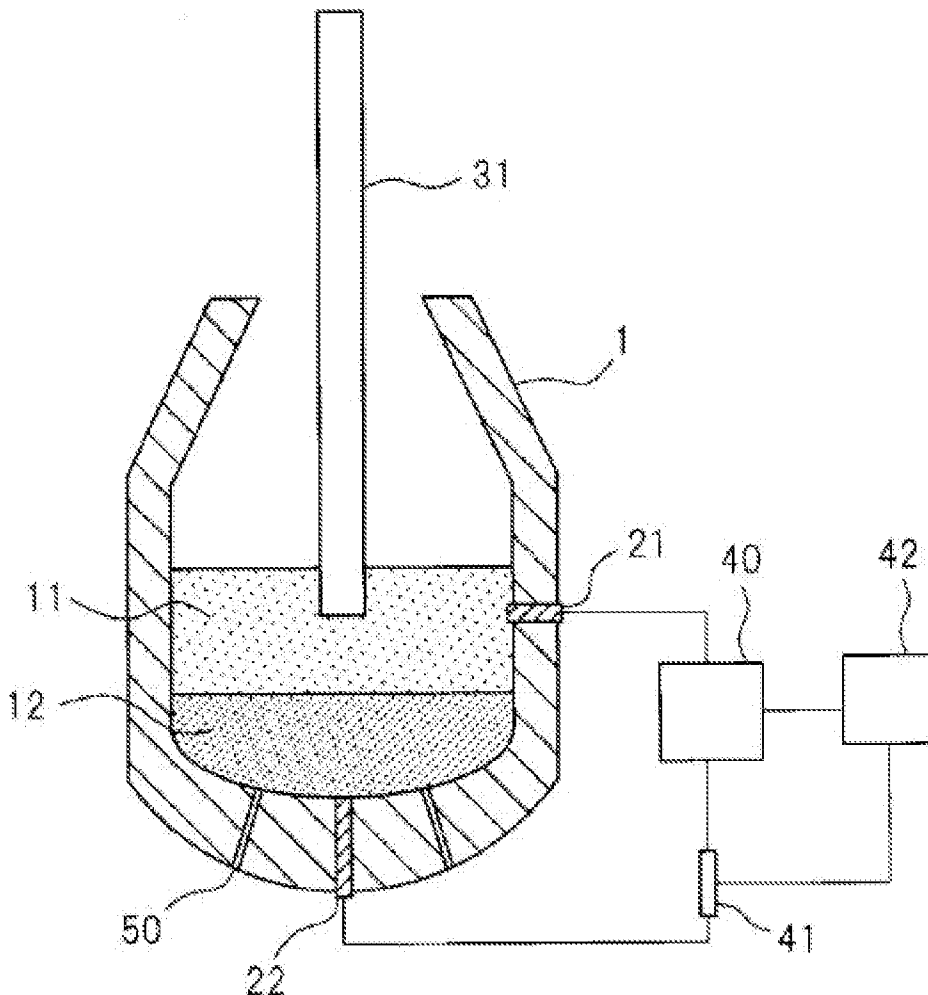
Короткий опис посилальних позначень

1 – система конвертерної печі
 11 – шлак
 45 12 – залізна ванна
 21 – перший електрод
 22 – другий електрод
 31 – верхня фурма для кисневого дуття
 40 – пристрій електроживлення
 50 41 – блок виявлення струму
 42 – пристрій керування
 50 – нижня фурма для дуття

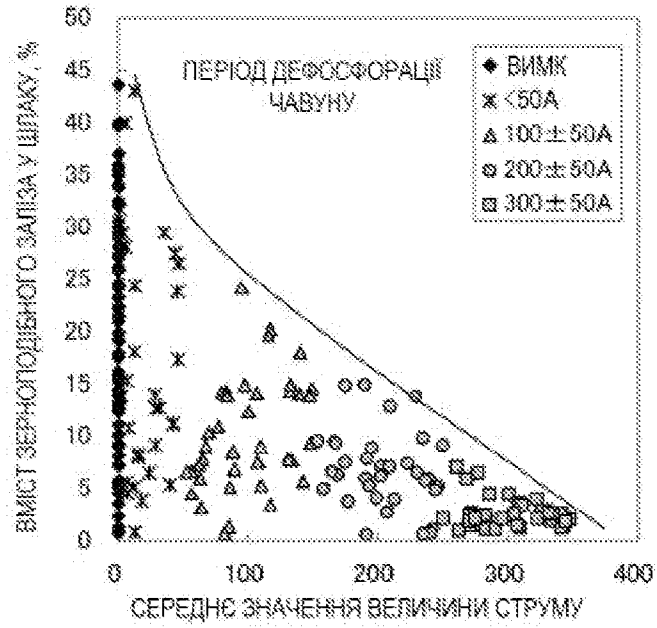
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

55 1. Система конвертерної печі, яка містить:
 перший електрод, виконаний з можливістю занурення його переднього кінця в шлак, що утворюється над ванною розплавленого залізного сплаву в конвертерній печі;
 другий електрод, виконаний з можливістю забезпечення контакту з ванною розплавленого
 60 залізного сплаву або з шлаком;

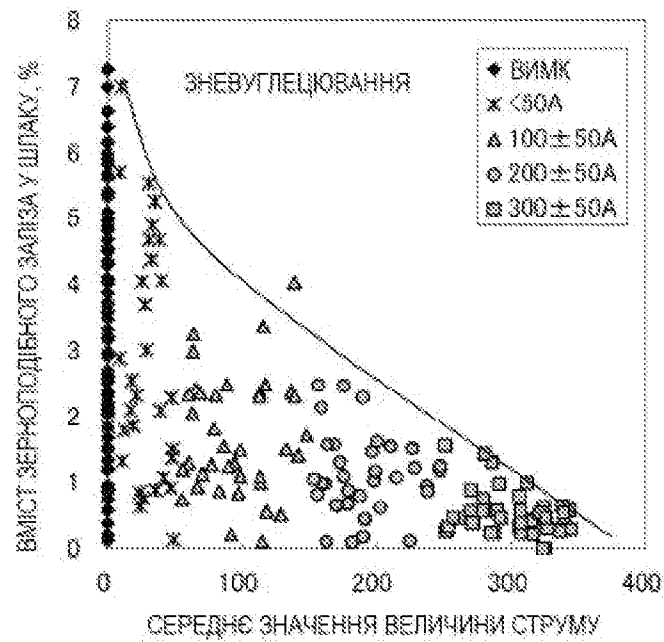
- пристрій електроживлення для подачі постійного струму на перший електрод і другий електрод через шлак; і
- пристрій керування постійним струмом, виконаний з можливістю керування постійним струмом без перевищення попередньо встановленого максимального вихідного значення, яка
- 5 **відрізняється** тим, що перший електрод являє собою порожнисту верхню фурму для кисневого дуття.
2. Система за п. 1, в якій пристрій електроживлення виконаний з можливістю подачі постійного струму на перший електрод і другий електрод через шлак і ванну розплавленого залізного сплаву.
- 10 3. Система за п. 1 або 2, в якій другий електрод розташований в днищі або донній частині конвертерної печі.
4. Система за будь-яким із пп. 1-3, в якій пристрій керування постійним струмом забезпечує постійну величину постійного струму.
5. Система за будь-яким із пп. 1-4, в якій пристрій керування постійним струмом виконаний з
- 15 можливістю відключення подачі постійного струму при досягненні значення опору між першим електродом і другим електродом, яке дорівнює або менше заданого значення опору після початку продування.
6. Система за будь-яким із пп. 1-5, в якій пристрій електроживлення має швидкість спрацювання 0,1 с або менше.
- 20 7. Система за будь-яким із пп. 1-6, в якій пристрій керування постійним струмом забезпечує величину постійного струму 50 А або більше.



Фіг. 1



Фіг. 2А



Фіг. 2В

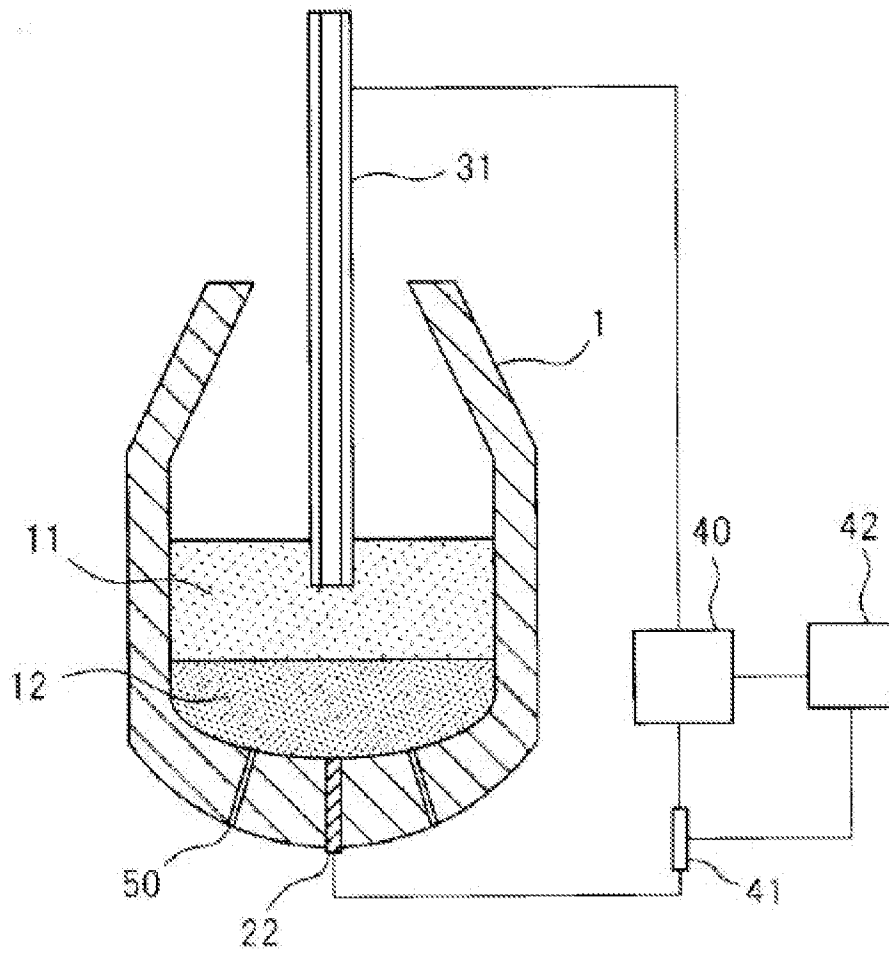


Fig. 3

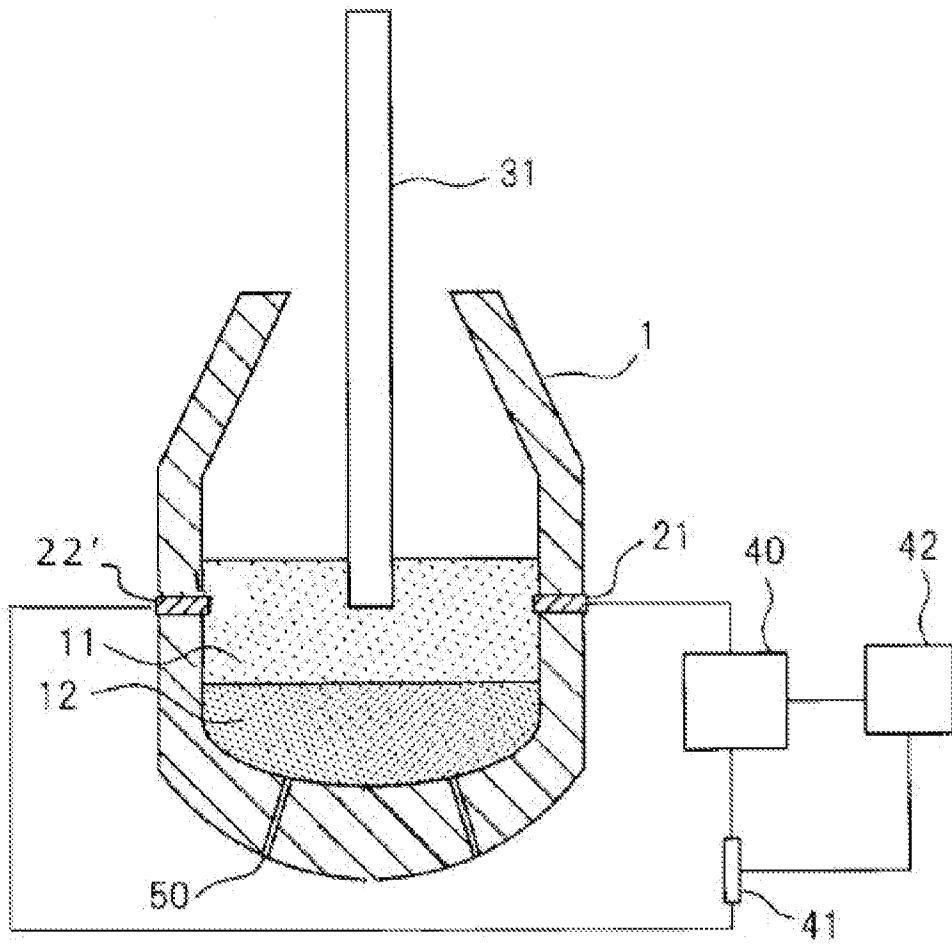


Fig. 4