



УКРАЇНА

(19) UA (11) 15082 (13) U
(51) МПК
C21C 5/34 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ УПРАВЛІННЯ ЗНЕВУГЛЕЦЮВАННЯМ СТАЛІ У КОНВЕРТЕРІ

1

2

(21) u200511780

(22) 12.12.2005

(24) 15.06.2006

(46) 15.06.2006, Бюл. № 6, 2006 р.

(72) Каплан Володимир Нусійович, Садовник Юрій
Володимирович(73) Каплан Володимир Нусійович, Садовник Юрій
Володимирович(57) Спосіб управління зневуглицюванням сталі в
конвертері, який полягає в тому, що відповідно до
математичної моделі процесу зневуглицювання
сталі в конвертері розраховують параметри про-
цесу продувки сталі в конвертері сумішшю кисню й
інертного газу, заміряють фактичні параметри
процесу зневуглицювання і формують управляючі
дії для регуляторів витрат кисню й інертного газу,
який **відрізняється** тим, що попередньо розрахо-

вують програму формування управляючих дій для
регуляторів витрат у вигляді сукупності значень
витрат кисню $F_{O_2}(t_0), F_{O_2}(t_1), F_{O_2}(t_2), \dots F_{O_2}(t_n)$ і інер-
тного газу $Fin.g.(t_0), Fin.g.(t_1), Fin.g.(t_2), \dots Fin.g.(t_n)$
відповідно до вмісту вуглецю в розплаві $C(t_0), C(t_1),$
 $C(t_2), \dots C(t_n)$ у моменти часу відповідно $t_0, t_1, t_2 \dots t_n$
від початку продувки, потім виконують програму
шляхом послідовного присвоєння для моментів
часу від t_0 до t_n відповідних значень витрат від
 $F_{O_2}(t_0), Fin.g.(t_0)$ до $F_{O_2}(t_n), Fin.g.(t_n)$, при цьому пері-
одично заміряють вміст вуглецю C_i і вибирають із
програмної сукупності значення $F_{O_2}(t_j), Fin.g.(t_j)$, що
відповідають моменту часу t_j від початку продувки,
для якого програмне значення вмісту вуглецю $C(t_j)$
відповідає заміряному C_i , і подальше виконання
програми продовжують з моменту t_j .

Корисна модель відноситься до області отри-
мання сталі в конвертерах, а саме до управління
режимом дуття в конвертері в процесі зневуглицю-
вання сталі.

Відомий спосіб управління зневуглицюванням
сталі в конвертері відповідно до патенту US
№4260415 від 07.04.81р., МПК C21C5/34, «Спосіб
зневуглицювання рідкого металу», що полягає у
тім, що зневуглицювання сталі, ведуть у три етапи:

- перший етап триває до моменту, коли частка
вуглецю в рідкій сталі зменшиться з 3,5% до 0,75%
чи менше, при цьому співвідношення кисень-
інертний газ складає 3:1, а температура рідкої
сталі складає 2600-2750°F (1427-1510°C);

- другий етап триває до моменту, коли частка
вуглецю в рідкій сталі зменшиться з 0,75% до
0,2%, а температура рідкої сталі збільшиться що-
найменше до 2900°F (1593°C), при цьому співвід-
ношення кисень-інертний газ складає 1:1;

- третій етап триває до моменту, коли частка
вуглецю в рідкій сталі зменшиться з 0,2% до 0,1% і
менше, співвідношення кисень-інертний газ скла-
дає 1:3, а температура складе 3000°F (1649°C).

Відомий спосіб управління зневуглицюванням
сталі в конвертері відповідно до патенту US
№4386957 від 07.06.83р., МПК C21C5/32, 5/34

«Спосіб виплавки немагнітної сталі», що полягає в
тому, що рідку сталь продувають в два етапи.
Спочатку використовують суміш з об'ємним спів-
відношенням кисень-азот близько 1:3, щоб знизити
частку вуглецю до 0,12%. Потім, на другому етапі,
змінюють співвідношення кисень-азот до 1:8, щоб
довести частку вуглецю до 0,05%.

Управління зневуглицюванням сталі відомих
технічних рішень складається в поетапному, ступі-
нчастому переключенні режимів продувки після
поточного періодичного визначення концентрації
вуглецю в розплаві і порівняння його з заданим і,
при необхідності, з подальшим коректуванням ча-
су продувки. На кожному етапі відомі технічні рішен-
ня забезпечують незмінне задане співвідношення
кисень - інертний газ, протягом кожного етапу.

Недоліком відомих технічних рішень є груба
двох- триступінчаста модель управління процесом
зневуглицювання сталі, яка не враховує зміну
параметрів процесу усередині кожного етапу, оскі-
льки процес зневуглицювання сталі в реальних
умовах відбувається не двох- чи трьохступінчасто,
а по більш складним багатофакторним, що безу-
пінно змінюються залежностям. Реалізація управ-
ління такими складними процесами вимагає непе-
рервної моделі управління.

(19) UA (11) 15082 (13) U

Наслідком використання відомих способів управління може бути збільшення тривалості процесу зневуглецювання сталі, збільшення витрати енергоносіїв - кисню й інертного газу. Розбіжність моделі управління з реальним процесом зневуглецювання сталі призводить до досить частої необхідності додувок для досягнення необхідного складу сталі стосовно вуглецю, а в деяких випадках і до непоправних результатів.

Крім того, істотним недоліком відомого способу є те, що на заключному етапі зневуглецювання сталі в області низьких концентрацій вуглецю в розплаві при ступінчастій продувці неминучий частковий надлишок кисню. Це призводить до інтенсивного окислювання хрому на заключних етапах зневуглецювання сталі і додаткового зниження економічних показників процесу.

Найбільш близьким по технічній сутності і результату, що досягається, є відомий спосіб керування зневуглецюванням сталі в конвертері відповідно до заявки Японії №59-38316 від 02.03.84р., МПК C21C5/30 «Спосіб виплавки хромовміщуючих сталей», який передбачає неперервне управління процесом і полягає в тому, що у відповідності до математичної моделі процесу зневуглецювання сталі в конвертері розраховують параметри процесу продувки сталі в конвертері сумішшю кисню й інертного газу, заміряють фактичні параметри процесу зневуглецювання і формують управляючі дії для регуляторів витрат кисню й інертного газу.

У процесі продувки розплаву сумішшю кисню і нейтрального газу на підставі виміру витрати і складу газів, що відходять, розраховують швидкість зневуглецювання сталі dc/dt - параметр, який використовують для наступного обчислення оптимальних, для даного миттєвого стану розплаву, витрат кисню, інертного газу і маси втраченого хрому відповідно до математичної моделі оптимізації цих параметрів.

З метою максимального зниження втрат хрому спосіб передбачає безперервну зміну відношення обсягів кисню й інертного газу у відповідності до зміни швидкості зневуглецювання сталі і, тим самим, при достатній ефективності зневуглецювання дозволяє виплавляти хромовміщуючі сталі без істотних утрат хрому. При цьому очевидно, що необхідно для кожної точки управління, тобто на протязі всього процесу зневуглецювання сталі виконати декілька циклів обчислень, щоб домогтися оптимального сполучення параметрів, що забезпечить виконання поставленої задачі. Відповідно до розрахункових параметрів формують управляючі дії для регуляторів витрати кисню й інертного газу, спрямовані на корекцію діючих на даний момент витрат кисню й інертного газу, а отже і швидкості зневуглецюванням сталі, що забезпечує мінімальне окислювання хрому в процесі продувки.

Таким чином, реальні параметри процесу управління - витрата кисню й інертного газу оперативно обчислюють і в процесі оптимізації коректують для кожного моменту процесу у відповідності з визначеним періодом (кроком) Δt . Кожен крок вимагає нових вимірів і обчислень реальної швидкості зневуглецювання сталі, нових циклів оптимізації і нових коректувань управляючих дій, а Δt

повинно бути досить малим, особливо в зоні малих значень частки вуглецю в розплаві. Чим менше Δt , тим частіше відбувається вимір і коректування управляючих дій і тим точніше буде результат - ефективне зневуглецювання сталі без істотних утрат хрому.

Самим істотним недоліком відомого способу при його практичній реалізації є те, що для формування управляючих дій для регуляторів витрат відомий спосіб вимагає великої кількості оперативних обчислень, які виконуються на основі кожного з множини вимірів. Це дозволяє говорити про трудомісткість схеми формування управляючих дій відомого способу управління, а значить і про досить велику імовірність помилок у процесі управління, що призводить до зниження надійності керування.

Крім того, для реалізації відомого способу управління необхідне використання газоаналітичної системи, яка є дорогим і складним в експлуатації устаткуванням, що додатково збільшує трудомісткість способу і знижує надійність.

Задачею технічного рішення, що заявляється є підвищення надійності управління при одночасному зниженні трудомісткості способу управління зневуглецюванням сталі.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі управління зневуглецюванням сталі в конвертері, який полягає в тому, що відповідно до математичної моделі процесу зневуглецювання сталі в конвертері розраховують параметри процесу продувки сталі в конвертері сумішшю кисню й інертного газу, заміряють фактичні параметри процесу зневуглецювання і формують управляючі дії для регуляторів витрат кисню й інертного газу, відповідно до технічного рішення, що заявляється, розраховують програму формування управляючих дій для регуляторів витрат у виді сукупності значень витрат кисню $F_{O_2}(t_0), F_{O_2}(t_1), F_{O_2}(t_2), \dots, F_{O_2}(t_n)$ і інертного газу $F_{in.g.}(t_0), F_{in.g.}(t_1), F_{in.g.}(t_2), \dots, F_{in.g.}(t_n)$ відповідно до вмісту вуглецю в розплаві $C(t_0), C(t_1), C(t_2), \dots, C(t_n)$ у моменти часу відповідно $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$, від початку продувки, потім виконують програму шляхом послідовного присвоєння для моментів часу від t_0 до t_n відповідних значень витрат від $F_{O_2}(t_0), F_{in.g.}(t_0)$ до $F_{O_2}(t_n), F_{in.g.}(t_n)$, при цьому періодично заміряють вміст вуглецю C_i і вибирають із програмної сукупності значення $F_{O_2}(t_j), F_{in.g.}(t_j)$, що відповідають моменту часу t_j від початку продувки, для якого програмне значення вмісту вуглецю $C(t_j)$ відповідає вимірюваному C_i і подальше виконання програми продовжують з моменту t_j .

Сутність корисної моделі полягає в тім, що заздалегідь розрахована сукупність параметрів процесу - значення $F_{O_2}(t_0), F_{O_2}(t_1), F_{O_2}(t_2), \dots, F_{O_2}(t_n)$ і $F_{in.g.}(t_0), F_{in.g.}(t_1), F_{in.g.}(t_2), \dots, F_{in.g.}(t_n)$ відповідно до вмісту вуглецю в розплаві $C(t_0), C(t_1), \dots, C(t_n)$ у відповідні моменти часу $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$ є ефективною для одержання точного результату. Виконання програми для кожного моменту часу $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$ з високою імовірністю забезпечує відповідний розрахований програмний вміст вуглецю в розплаві - $C(t_0), C(t_1), C(t_2), \dots, C(t_n)$, тобто жорсткий зв'язок

усіх параметрів програми надійно забезпечує запрограмований кінцевий результат.

Можливі відхилення від штатного виконання програми - послідовного присвоєння для моментів часу від t_0 до t_n відповідних значень витрат від $F_{O_2}(t_0)$, $F_{in.r.}(t_0)$ до $F_{O_2}(t_n)$, $F_{in.r.}(t_n)$ - коректуються на основі періодичних контрольних вимірів вмісту вуглецю в розплаві. Відбувається це таким чином. В момент часу, коли виконують контрольний вимір вмісту вуглецю в розплаві і фактичний вміст вуглецю дорівнює C_i , то значення управляючих дій $F_{O_2}(t_i)$ і $F_{in.r.}(t_i)$ для подальшого управління зневуглецюванням сталі в розплаві вибирають із програмної розрахованої сукупності значень управляючих впливів таким чином, щоб відповідний розрахунковий вміст вуглецю в розплаві $C(t_i)$ дорівнювало заміряному вмісту C_i . Управління процесом продовжується відповідно з моменту часу t_i і тут можливі три варіанти подальшого розвитку подій. Процес може повернутися назад, якщо відбулося уповільнення реального процесу зневуглецювання сталі і на момент t_i не досягнутий програмний результат, в цьому випадку виконання якогось фрагмента програми повторюється. Процес може «перескочити» через фрагмент програми у випадку, якщо реальний процес зневуглецювання сталі обігнав розрахунковий. Накінець, процес може залишитися в тому ж моменті часу, коли заміряний вміст C_i відповідає програмному $C(t_i)$, тобто момент $t_i=t_i$.

Таким чином відбувається автоматична точна корекція процесу без оперативного обчислення параметрів управління при кожному контрольному вимірі. При цьому з високою імовірністю забезпечується заданий кінцевий результат якості розплаву при невеликій кількості контрольних вимірів, тобто технічне рішення способу керування зневуглецюванням сталі, що заявляється, є більш надійним і простим, менш трудомістким, у порівнянні з прототипом, оскільки не потребує оперативних обчислень параметрів управління для кожного моменту часу процесу. Процес управління може бути здійснено як у ручному режимі так і з допомогою комп'ютера.

На фіг. зображено алгоритм способу управління зневуглецюванням сталі в конвертері.

Зміст позначених блоків:

1 - У відповідності з математичною моделлю, формування сукупності значень витрат кисню -

$F_{O_2}(t_0)$, $F_{O_2}(t_1)$, $F_{O_2}(t_2)$, ... $F_{O_2}(t_n)$, інертного газу - $F_{in.r.}(t_0)$, $F_{in.r.}(t_1)$, $F_{in.r.}(t_2)$, ... $F_{in.r.}(t_n)$, згідно розрахованому вмісту вуглецю в розплаві $C(t_0)$, $C(t_1)$, $C(t_2)$, ... $C(t_n)$ для моментів часу t_0 , t_1 , t_2 , ... t_n .

2 - Початок роботи, "пуск".

3 - Формування управляючих дій для регуляторів витрат кисню й інертного газу на основі значень витрат з сформованої сукупності (блок 1) для відповідного моменту часу t_i , (на момент "пуску" $t_i=t_0$, при передачі управління з блоку 9 $t_i=t_j$).

4 - Блок виконання керуючих дій регуляторами витрат кисню й інертного газу.

5 - Аналіз: $t_i=t_n$? "так" - перехід до блоку 6, "ні" - перехід до блоку 7.

6 - Блок "кінець роботи".

7 - Блок формування послідовного переходу до слідуемого моменту часу, $t_i=t_{i+1}$.

8 - Аналіз: наявність заміряного C_i ? "так" - перехід до блоку 9, "ні" - перехід до блоку 3.

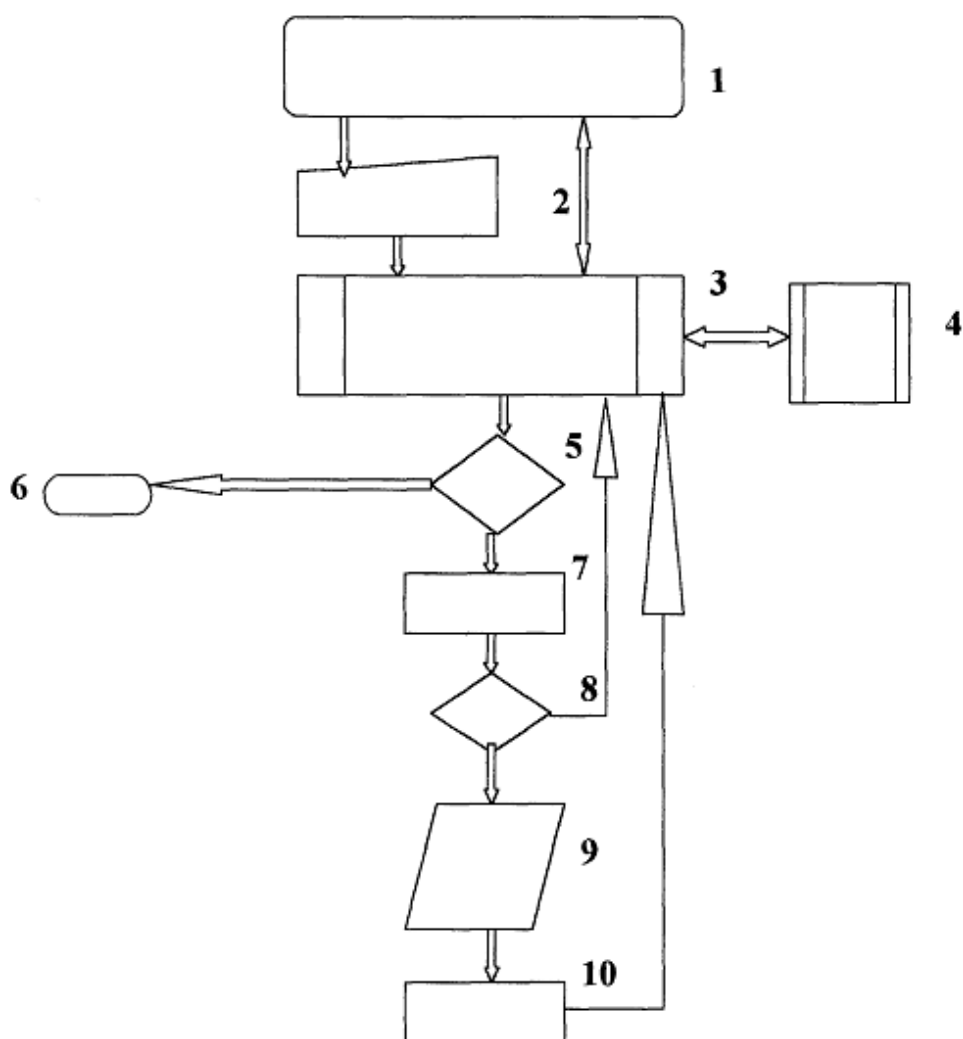
9 - Блок пошуку у сформованій сукупності значення $C(t_j)$, яке дорівнює заміряному C_i .

10 - Блок передачі управління у відповідності значення $C(t_j)$ на момент t_j .

Реалізація способу полягає в наступному:

По визначенні для кожного процесу залежностям розраховують для кожного моменту часу: t_0 , t_1 , t_2 , ... t_n значення вмісту вуглецю в розплаві $C(t_0)$, $C(t_1)$, $C(t_2)$, ... $C(t_n)$ і відповідні миттєві значення витрат кисню $F_{O_2}(t_0)$, $F_{O_2}(t_1)$, $F_{O_2}(t_2)$, ... $F_{O_2}(t_n)$ і інертного газу $F_{in.r.}(t_0)$, $F_{in.r.}(t_1)$, $F_{in.r.}(t_2)$, ... $F_{in.r.}(t_n)$. Ця сукупність є програмою керування по параметру контролю, яким є заміряний вміст вуглецю в розплаві. Контроль за виконанням процесу полягає в періодичному вимірі вмісту вуглецю у розплаві. У момент часу контролю вимірюють вміст вуглецю в розплаві C_i і знаходять у програмній сукупності значень $C(t_j)=C_i$. Керування передається в точку t_j з відповідним цьому моменту значеннями витрат $F_{O_2}(t_j)$ і $F_{in.r.}(t_j)$. При цьому забезпечуються автоматична корекція процесу зневуглецюванням сталі без оперативного обчислення параметрів керування.

Таким чином, технічне рішення, що заявляється, способу керування зневуглецюванням сталі в конвертері дозволяє вирішити поставлену задачу - підвищити надійність керування при одночасному зниженні трудомісткості процесу керування.



Фіг.