

Винахід відноситься до чорної металургії, а саме до поза-пічної обробки сталі.

Відомо, що існує спосіб позапічної обробки сталі, по якому розкиснення металу в ковщі спочатку проводять силікокальцієм, а потім алюмінієм (авт.свід.СРСР №447434). Цей спосіб вибрано в якості прототипа. Спосіб має ряд суттєвих недоліків. Попереднє розкиснення металу силікокальцієм і кінцеве розкиснення алюмінієм зменшують ливарні властивості сталі в наслідок затягування стакану глиноземом  $Al_2O_3$ , який, як відомо, при температурах розливання перебуває в твердому стані і в наслідок великого вихару кальцію трансформується в алюмінати кальцію  $mCaO \cdot nAl_2O_3$  які перебувають в рідкому стані при температурах розливання. Крім того, в способі не враховується вміст сірки в металі і температура оброблюваної сталі, що може привести до утворення сульфідів кальцію, які також адсорбуються на поверхні розливних стаканів, що приводить до їх заростання.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити спосіб позапічної обробки сталі шляхом зміни послідовності обробки сталі реагентами, а також урахування вмісту сірки в металі і температури сталі в період її обробки з тим, щоб установити для конкретних умов таке співвідношення між вводимим в розплав кальцієм та вмістом алюмінію і сірки в металі, яке забезпечило би потрібне розкиснення сталі, глобуляризацію неметалевих включень і хороші ливарні властивості сталі.

Суть винаходу полягає в тому, що в способі позапічної обробки сталі, який містить в собі введення в розплав алюмінію та матеріалів, що містять у своєму складі кальцій, алюміній вводять в розплав перед введенням матеріалів, що містять в собі кальцій, а витрати матеріалів, що містять в собі кальцій, установлюють із урахуванням ступені засвоєння кальцію в залежності від засвоєння алюмінію, вмісту сірки в розплаві та температури розплаву, при цьому нижня межа вмісту кальцію в розплаві становитиме від  $[Ca] = 0,0015 + 0,01 [Al]$  до  $[Ca] = 0,0016 + 0,01 [Al]$ , а верхня межа визначатиметься від співвідношення:

від  $[Ca] = 0,0023 + 0,02 [Al] - 0,00001 (1600-t)$  до  $[Ca] = 0,036 [Al] + 0,0026$  при вмісті сірки в розплаві в інтервалі значень до 0,014%;  $[Ca] = 0,0023 + 0,02 [Al] - 0,00001 (1600-t)$  при вмісті сірки в розплаві від 0,014% до 0,017%, або в інтервалі значень від  $[Ca] = 0,0037 + 0,042 [S]$  до  $[Ca] = 0,0045 - 0,045 [S] - 0,00001 (1600-t)$  при вмісті сірки більше 0,017%, де

$[Ca]$  - кількість кальцію, розчиненого в металі, %

$[Al]$  - кількість алюмінію, розчиненого в металі, %

$[S]$  - кількість сірки, розчиненої в металі, %.

В якості матеріалів, що містять в собі кальцій, бажано використовувати силікокальцій і вводити його в розплав у вигляді порошкового дроту. Такий спосіб введення в розплав матеріалів, що містять в собі кальцій, забезпечує можливість тонкого регулювання кількості потрібного кальцію в залежності від вмісту алюмінію і сірки в металі, а також температури, при якій відбувається обробка розплаву.

Загально з прототипом суттєвою ознакою є введення в розплав алюмінію та матеріалів, що містять в собі кальцій.

Відрізняючими від прототипу суттєвими ознаками винаходу є:

- введення алюмінію в розплав перед введенням матеріалів, що містять в собі кальцій;

- установлення кількості матеріалів, що містять в собі кальцій, в перерахунку на засвоєний металом кальцій по залежностям: нижня межа від  $[Ca] = 0,0015 + 0,01 [Al]$  до  $[Ca] = 0,0016 + 0,01 [Al]$ , а верхня межа від  $[Ca] = 0,0023 + 0,02 [Al] - 0,0001 (1600-t)$  до  $[Ca] = 0,036 [Al] + 0,0026$  при вмісті сірки в розплаві в інтервалі значень до 0,014%;  $[Ca] = 0,0023 + 0,02 [Al] - 0,00001 (1600-t)$  при вмісті сірки в розплаві від 0,014% до 0,017%, або в інтервалі значень від  $[Ca] = 0,0037 + 0,042 [S]$  до  $[Ca] = 0,0045 - 0,045 [S] - 0,00001 (1600-t)$  при вмісті сірки більш 0,017%.

Приведені вище суттєві ознаки є необхідними і достатніми для всіх випадків, на які поширюється область застосування винаходу.

Альтернативними ознаками винаходу є:

- використання в якості матеріалів, що містять в собі кальцій, силікокальцію;

- введення в розплав матеріалів, що містять в собі кальцій, у вигляді порошкового дроту.

Між суттєвими ознаками і технічним результатом - підвищенням ливарних і механічних властивостей сталі - існує причинно-наслідковий зв'язок, який пояснюється наступним. Як показали дослідження, введення кальцію в попередньо розкислену алюмінієм сталь перетворює глинозем в алюмінати кальцію, які залишаються рідкими при температурах розливу сталі. При цьому вміст кальцію в системі  $CaO-Al_2O_3$  має бути в певних співвідношеннях з глиноземом. Як недолік, так і надлишок кальцію можуть перешкоджати утворенню рідких алюмінатів кальцію. При вмісті сірки в металі менш ніж 0,017% повинно витримуватись означене співвідношення між розчиненими кальцієм та алюмінієм, при чому при вмісті сірки в металі менш ніж 0,014% воно повинно бути одним, а при вмісті сірки від 0,014% до 0,017% іншим за рахунок того, що в цьому інтервалі при де-яких температурах металу вже може починатись утворення сульфіда кальцію.

Крім того, при вмісті сірки в металі 0,017% і більше надлишок кальцію в металі завжди приводить до утворення сульфіда кальцію, який залишається твердим при температурах розливання.

Таким чином, для забезпечення потрібних ливарних і механічних властивостей сталі необхідно введення в розплав певної кількості кальцію, що і досягається при визначенні кількості кальцію по приведеним вище співвідношенням.

Приклад 1. Виплавлена в кисневому конвертері і доведена в агрегаті доводки сталі (АДС) сталь 09Г2ФБ перед введенням порошкового дроту з матеріалами, що містять в собі кальцій, містила в собі сірки і алюмінію 0,006 і 0,040% відповідно. Температура металу в ковші перед віддачею його на машину безперервного розливання заготовок (МБРЗ) була 1580°C. Верхню і нижню межу допустимої кількості матеріалів, що містять в собі кальцій, визначали наступним чином.

По залежностям

$[Ca] = 0,0023 + 0,02 [Al] - 0,00001 (1600-t)$  та  $[Ca] = 0,036 [Al] + 0,0026$  визначали максимально допустиму кількість засвоєного металом кальцію, при якій ще не утворюються тверді алюмінати кальцію і сульфід кальцію. Верхня межа вмісту кальцію в розплаві становитиме від  $[Ca] = 0,0023 + 0,02 \times 0,040 - 0,00001 (1600-1580) = 0,0029\%$  до  $[Ca] = 0,036 \times 0,04 + 0,0026 = 0,00404$ .

В якості матеріалів, що містять кальцій, використовували силікокальцій СК-30. Максимальна кількість потрібного силікокальцію, при коефіцієнті засвоєння кальцію металом 0,09 має бути

$$\frac{0,00404}{0,09 \times 0,30} = 0,149\%, \text{ або } 1,49 \text{ кг/т}$$

Мінімально допустиму кількість засвоєного металом кальцію, при якій вже не утворюються тверді алюмінати кальцію, визначали по залежності

$[Ca] = 0,0015 + 0,1 [Al]$  та  $[Ca] = 0,0016 + 0,01 [Al]$  Мінімальна кількість потрібного силікокальцію СК-30 має бути

$$\frac{0,0019}{0,09 \times 0,30} = 0,070\%, \text{ або } 0,70 \text{ кг/т.}$$

В ківш було введено 0,95кг/т силікокальцію у вигляді порошкового дроту з силікокальцієм СК-30. Залишковий вміст кальцію в металі був 0,00256%. Температура металу в проміжному ковші була 1540°C. При швидкості розливання 0,7м/хв. метал був розлитий повністю без втрат і заростання стаканів. Якість металу по поверхневим дефектам і неметалевим включенням відповідала вимогам нормативної документації. При цьому обсяг зачищення поверхні металопродукату склав 3,2 % проти 24,3% металовиробів із сталі, роз-кисненої спочатку кусковим силікокальцієм, а потім алюмінієм (прототип).

Приклад 2. Виплавлена в кисневому конвертері і доведена на АДС сталь St52,3 перед введенням порошкового дроту містила в собі сірки і алюмінію 0,020 і 0,030% відповідно. Температура металу в ковші перед віддачею його на МБРЗ була 1585°C. Верхню і нижню межу допустимої кількості матеріалів, що містять в собі кальцій, визначали наступним чином.

По залежностям

$[Ca] = 0,0045 + 0,045 [S] - 0,00001 (1600-t)$  та  $[Ca] = 0,0037 + 0,042 [S]$  визначали максимально допустиму кількість засвоєного металом кальцію, при якій ще не утворюються тверді алюмінати кальцію. Вона становитиме від  $[Ca] = 0,0045 - 0,045 \times 0,020 - 0,00001 (1600-1585) = 0,00345\%$  до  $[Ca] = 0,0037 + 0,042 \times 0,02 = 0,00454\%$ .

Максимально допустима кількість силікокальцію при коефіцієнті засвоєння 0,09 має бути

$$\frac{0,00454}{0,09 \times 0,30} = 0,168 \%, \text{ або } 1,68 \text{ кг/т.}$$

Мінімально допустиму кількість засвоєного металом кальцію, при якій вже не утворюються тверді алюмінати кальцію, визначали по залежності

$$[Ca] = 0,0015 + 0,01 [Al] \text{ та } [Ca] = 0,0016 + 0,001 [Al]$$

Мінімально допустима кількість засвоєного металом кальцію становить від  $[Ca] = 0,0015 + 0,01 \times 0,030 = 0,0018\%$  до  $[Ca] = 0,0016 + 0,01 \times 0,030 = 0,0019\%$

Мінімальна кількість потрібного силікокальцію СК-30 має бути

$$\frac{0,0018}{0,09 \times 0,30} = 0,0067 \%, \text{ або } 0,67 \text{ кг/т.}$$

В ківш у вигляді порошкового дроту було введено 1,05кг/т сталі силікокальцію СК-30. Залишковий вміст кальцію в металі був 0,0028%. Температура металу в проміжному ковші була 1550°С. При швидкості розливання 0,74м/хв. Метал був розлитий повністю без втрат і заростання стаканів. Якість металу по поверхневим дефектам і неметалевим включенням задовільна. Обсяг зачищення поверхні металопрокату склав 4,1% поти 23,3% в прототипі.

Побічна обробка сталі по запропонованому способу дозволяє обробляти сталь алюмінієм і кальцієм при оптимальних витратах кальцію, при яких забезпечуються в комплексі технологічні і експлуатаційні вимоги.