



УКРАЇНА

(19) UA (11) 64859 (13) U
(51) МПК (2011.01)
C21C 7/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ВВОДУ ПОРОШКОВОГО ДРОТУ В СТАЛЕРОЗЛИВНИЙ КІВШ

1

2

(21) u201103769

(22) 29.03.2011

(24) 25.11.2011

(46) 25.11.2011, Бюл.№ 22, 2011 р.

(72) ЗАХАРОВ МИКОЛА ІВАНОВИЧ, ТРОЦАН АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, ЧУПІКА КАРІНА МИКОЛАЇВНА, КРЕЙДЕНКО ФІРА СЕМЕНІВНА, КАРЛИКОВА ЯНА ПЕТРІВНА

(73) ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ІМ. І.М. ФРАНЦЕВИЧА НАН УКРАЇНИ

(57) Спосіб визначення швидкості вводу порошкового дроту в сталерозливний ківш з урахуванням висоти (глибини) рідкої сталі в ковші, товщини оболонки й температури розплаву, який відрізняється тим, що додатково враховують також діаметр порошкового дроту, а шукану величину визначають із виразу

$$V = \frac{KH}{1730 - T} \cdot e^{\gamma(\delta/d)T},$$

де V - оптимальна швидкість вводу дроту, м/с;

H - висота (глибина) рідкої сталі в ковші, м;

δ - товщина оболонки порошкового дроту, мм;

d - діаметр порошкового дроту, мм;

T - температура сталі в ковші, °C;

K - коефіцієнт, що враховує зміну температури оболонки в часі при вводі дроту в ківш, рівний 95-105 град./мс;

γ - коефіцієнт, визначений експериментальним шляхом і залежний від марок сталі, яка виплавляється, оболонки дроту й виду його наповнювача; e = 2,718.

Корисна модель належить до галузі металургії, а саме до позапічної обробки рідкого металу в ковші порошковим дротом.

Для розробки ефективних технологій обробки розплаву порошковими дробами необхідне прогнозування оптимальної швидкості її вводу, для якого застосовують різні математичні моделі поведінки порошкового дроту в розплавах металу.

Відомий спосіб визначення швидкості вводу порошкового дроту на основі математичної моделі поведінки порошкового дроту в металургійних розплавах, що дозволила одержати критеріальне рівняння для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі в умовах поздовжнього обтікання порошкового дроту розплавом:

$$Nu = 0,16Pe^{0,71}, \quad (1)$$

де Nu - критерій Нуссельта, $Nu = \frac{\alpha}{\lambda}$;

Pe - критерій Пеклі, $Pe = \frac{w}{v}$;

λ - теплопровідність рідкої сталі;

α - коефіцієнт тепловіддачі;

ω - швидкість потоку сталі, рівна швидкості вводу порошкового дроту.

Ця залежність справедлива для області значень $5 \cdot 10^5 < Re < 1 \cdot 10^9$, тобто для турбулентного обтікання порошкового дроту [Полозюк Олег Євгеньевич. Математическое моделирование и рациональные режимы обработки металлургических расплавов порошковой проволокой: Дис. канд. техн. наук: 05.16.02 / Приазовский гос. технический ун-т. - Мариуполь, 1997. - 198 с.].

Недоліком цього способу є те, що він дозволяє провести тільки порівняльну оцінку інтенсивності теплообміну в умовах вільної конвекції й поздовжнього обтікання стосовно до кінетики плавлення порошкового дроту, заснований на результатах тільки теоретичних досліджень і важко адаптується до конкретних умов.

Відомий спосіб визначення швидкості вводу порошкового дроту в сталерозливний ківш при розкисленні сталі відповідно до виразу:

$$V = 1,25K(T/1550)^3 H^{4/5}, \quad (2)$$

де K = 0,95-1,05 - емпіричний коефіцієнт, що залежить від товщини оболонки дроту;

H - висота (глибина) розплаву в ковші, м;

UA (11) 64859 (13) U

T - температура розплаву в ковші, °C [Пат. 2102500, Російська Федерація, МПК⁶ C21C7/06. Способ раскисления стали / Д.А. Дюдкин, Ю.И. Бать, В.М. Титиевский и др.; № 97104998/02; заявл. 07.04.1997; опубл. 20.01.1998].

Недоліком цього способу є те, що він заснований тільки на обробці експериментальних даних у конкретних умовах, а в наведеній формулі не врахована зміна температури сталеві оболонки в часі при вводі дроту в ківш, а також діаметр порошкового дроту, хоча результати досліджень свідчать про значний вплив цих факторів на швидкість вводу порошкового дроту. Зазначений спосіб недостатньо достовірний, а ефективність його застосування недостатньо висока.

Найбільш близьким по технічній суті й результату є спосіб визначення швидкості вводу порошкового дроту при позапічній обробці сталі, що визначають відповідно до виразу:

$$V_{\text{опт}} = \frac{KH}{1730 - T} (0,99 + 170\delta),$$

де H - висота (глибина) розплаву в ковші, м;

δ - товщина оболонки, м;

T - температура рідкої сталі, °C;

K - коефіцієнт, що враховує зміну температури сталеві оболонки в часі при вводі дроту в рідкий метал, K=95-105 град./мс [Пат. 23590, Україна, МПК⁶ C21C7/00. Спосіб позапічної обробки рідкої сталі/ О. О. Булянда, А. А. Курдюків, Д. А. Дюдкин та ін...; № 98031524; заявл. 26.03.1998; опубл. 02.06.1998].

Недоліком цього способу є те, що він також заснований тільки на обробці експериментальних даних у конкретних умовах і в ньому не враховується діаметр порошкового дроту, тому зазначений спосіб також недостатньо достовірний, а ефективність його застосування недостатньо висока.

В основу корисної моделі поставлена задача створити такий спосіб визначення швидкості вводу порошкового дроту в сталерозливний ківш, у якому шляхом додаткового урахування нових факторів була б збільшена вірогідність визначення швидкості вводу, і в результаті цього підвищені засвоєння компонентів наповнювача й ефективність процесу обробки дротом металургійного розплаву.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення швидкості вводу порошкового дроту в сталерозливний ківш з урахуванням висоти (глибини) рідкої сталі в ковші, товщини оболонки й температури розплаву і, відповідно до корисної моделі, додатково враховують також діаметр порошкового дроту, а шукану величину визначають із виразу

$$V = \frac{KH}{1730 - T} \cdot e^{\gamma(\delta/d)T},$$

де V - оптимальна швидкість вводу дроту, м/с;

H - висота (глибина) рідкої сталі в ковші, м;

δ - товщина оболонки порошкового дроту, мм;

d - діаметр порошкового дроту, мм;

T - температура сталі в ковші, C;

K - коефіцієнт, що враховує зміну температури оболонки в часі при вводі дроту в ківш, рівний 95-105 град./мс;

γ - коефіцієнт, визначений експериментальним шляхом і залежний від марок сталі, яка виплавляється, оболонки дроту й виду його наповнювача; $e = 2,718$.

Вибір величини швидкості вводу в розплав порошкового дроту залежить не тільки від локалізації по вертикалі, місця вивільнення легкоплавкого наповнювача порошкового дроту, що, спливаючи у вигляді крапель, розчиняється в сталі, але й ефективності засвоєння наповнювача. Якщо перші із цих процесів визначаються інтенсивністю теплообміну оболонки дроту з металом ковша, то останній залежить від інтенсивності масообміну краплі наповнювача з розплавом, що, у свою чергу, визначається розвитком міжфазної поверхні "наповнювач дроту - розплав сталі". Збільшення площі цієї поверхні досягається при фіксованій масовій витраті наповнювача порошкового дроту зменшенням розміру краплі, тобто діаметра дроту.

З огляду на вищевикладене й зручність використання експонентної форми залежності і її лінійний характер при малому показнику ступеня, можна уточнити й узагальнити емпіричну формулу (3), зробивши її напівемпіричною:

$$V = \frac{KH}{1730 - T} \cdot e^{\gamma(\delta/d)},$$

де d - діаметр порошкового дроту, м;

γ - коефіцієнт настроювання цієї залежності на конкретні умови експерименту, що залежить від марок сталі, яка виплавляється, й оболонки дроту, а також виду його наповнювача.

Пропонований спосіб визначення швидкості вводу порошкового дроту в сталерозливний ківш може використовуватися в такий спосіб.

Попередньо проводять статистичні дослідження серії плавок однієї й тієї ж марки сталі з обробкою порошковим дротом з тими самими марками сталі оболонки й видом наповнювача. Визначають швидкість вводу порошкового дроту в ківш, що відповідає максимальному засвоєнню компонентів його наповнювача при певних товщині оболонки й діаметрі, температурі розплаву й глибині наповнення їм ковша. Коефіцієнт γ визначають зі співвідношення:

$$\gamma = (d/\delta) \ln[V(1730-T)/KH].$$

При введенні силікокальцієвого (СК30) порошкового дроту діаметром 10 мм і товщиною оболонки зі сталі 08Ю $\delta=0,4$ мм у ківш зі сталлю марки 09Г2С при температурі 1600 °C і глибиною наповнення ковша 6 м, швидкість вводу дроту з максимальним засвоєнням компонентів наповнювача - 4,7 м/с. Коефіцієнт K для даної оболонки дроту дорівнює 100 град./мс. Коефіцієнт γ у цьому випадку дорівнює:

$$\gamma = \frac{10}{0,4} \cdot \ln\left[\frac{4,5(1730-1600)}{100 \cdot 6}\right] = 0,454.$$

На основі цих даних при виплавці сталі 09Г2С з обробкою порошковим дротом зі СК30 і оболонкою зі сталі 08Ю за формулою

$$V_{\text{опт}} = \frac{KH}{1730 - T} \cdot e^{\gamma(\delta/d)}$$

можна розрахувати швидкість вводу дроту для будь-яких товщин і діаметра оболонки, глибини

розплаву й температури. При зміні виду наповнювача й сталі оболонки або марки сталі, яка виплавляється, значення коефіцієнта γ визначають знову.

Приклад. У сталеплавильному агрегаті виплавляють сталь марки О9Г2С й випускають у ківш, виконуючи розкиснення й інші необхідні технологічні операції. Перед вводом порошкового дроту визначають температуру металу (1590 °С). Товщина оболонки й діаметр дроту - 0,4 і 13 мм відповідно, глибина рідкої сталі в ковші - 6 м. Значення коефіцієнта γ по попередньо проведених дослідженнях - 0,454. На основі цих даних по формулі

$$V_{\text{опт}} = \frac{KH}{1730 - T} \cdot e^{\gamma(\delta/d)} \text{ визначаємо швидкість вво-}$$

ду дроту - 4,3 м/с. За прототипом швидкість вводу дроту - 4,5 м/с. Ступінь засвоєння кальцію по способу, що заявляється, -15,3 %, за прототипом - 12,0 %.

Таким чином, враховуючи додатково діаметр порошкового дроту, по пропонованій корисній моделі можна більш точно визначити оптимальну швидкість його вводу в стальківш і підвищити ступінь засвоєння компонентів наповнювача, а це значить, що можна знизити витрати порошкового дроту, не зменшуючи при цьому ефективності позапалічної обробки сталі.