

Винахід відноситься до чорної металургії, зокрема до позапічної обробки рідкої сталі в ковші порошковими реагентами.

Відомо використання для позапічної обробки рідкої сталі порошкового дроту з різними наповнювачами (сілікокальцієм, вуглецевими матеріалами та ін.). Швидкість введення порошкового дроту в ковш становить до 8,5 м/с [Труды третьего конгресса сталеплавателей (Москва 10-15 апреля 1995 г.), - М., 1996., с. 251-253].

Недоліком цього способу позапічної обробки є нерегламентований режим швидкості введення порошкового дроту в залежності від температури сталі, висоти ковша та товщини стальної оболонки, що призводить до нестабільного засвоєння елементів наповнювача.

Відомо, що існує спосіб позапічної обробки сталі в ковші порошковим дротом, в котрому швидкість введення дроту в ковш встановлюють за залежністю:

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

де $K = (0,95 - 1,05)$ - емпіричний коефіцієнт, залежний від товщини оболонки дроту, H - висота розплаву в ковші, м, T - температура розплаву в ковші, °С. [Патент РФ № 2102500, кл. С 21 С 7/00, 1997].

Недоліком вказаного способу є те, що в наведеній формулі не враховано зміну температури стальної оболонки в часі при введенні дроту в ковш, це призводить до того, що при різниці в температурах обробки рідкої сталі в 70°C (1620-1550°C) швидкість введення змінюється незначно (для ковша глибиною 6,0 м - 5,2 - 6,0 м/с). Але як вказує практика, при такому перепаді температур швидкість введення повинна змінюватись на величину порядку 2,5 м/с, інакше при низькій температурі (1550°C) та наведеній швидкості стальна оболонка буде розчинятися наверху рідкого металу, порошковий наповнювач буде вивільнятися на поверхні металу, значно погіршуючи ступінь засвоєння елементів та ефективність використання порошкового дроту.

В основу заявляемого винаходу поставлено завдання вдосконалити спосіб позапічної обробки рідкої сталі в ковші порошковим дротом в стальній оболонці шляхом встановлення швидкості введення дроту в залежності від температури і виступу шару рідкої сталі, товщини стальної оболонки та коефіцієнту, враховуючого зміну температури оболонки в часі по мірі входження дроту в ковш з рідкою сталлю, що дозволяє забезпечити стабільне вивільнення порошкового наповнювача дроту в глибині рідкого металу, значно підвищити ступінь засвоєння елементів наповнювача та знизити витрату дроту на обробку.

Суть винаходу міститься в тому, що по способу позапічної обробки рідкої сталі, що містить в собі подавання в ковш порошкового дроту в стальній оболонці і визначення перед введенням дроту температури та висоти шару рідкої сталі, швидкість введення дроту в ковш встановлюють за залежністю:

$$V = \frac{K \cdot H (0,99 + 170 \delta)}{1730 - T},$$

де H - висота шару рідкої сталі, м;

δ - товщина оболонки, м;

T - температура рідкої сталі, °С;

K - коефіцієнт, враховуючий аміну температури стальної оболонки в часі при введенні дроту в рідкий метал

$K = (95 - 105)$ град. /м.с.

Значення коефіцієнта " K " визначено на основі розрахунків теплофізичних процесів взаємодії стальної оболонки з розплавом при різній його температурі та підтверджено в дослідно-промислових умовах. Величина коефіцієнту " K " змінюється в залежності від марки сталі дроту.

Спільними з прототипом суттєвими ознаками заявляемого винаходу є такі:

- введення порошкового дроту в рідку сталь
- визначення перед введенням дроту температури та висоти шару рідкої сталі
- швидкість введення порошкового дроту, встановлювана в залежності від температури та висоти слоя рідкої сталі, товщини стальної оболонки.

Відмінними від прототипу суттєвими ознаками заявляемого винаходу є такі:

- наявність в формулі коефіцієнту, враховуючого зміну температури оболонки в часі при введенні дроту в ковш і залежного від марки сталі оболонки.

Наведені відмінні ознаки є необхідними й достатніми для всіх випадків, на котрі розповсюджується об'єм правового захисту винаходу.

Між сукупністю суттєвих ознак заявляемого винаходу та досягаємим технічним результатом є причинно-наслідковий зв'язок. При занурюванні дроту в стальній оболонці, маючому температуру докільця (навколишнього середовища), в рідку сталь та межі між дротом та розплавом, спостерігається великий температурний градієнт. Від розплаву різко віднімається тепло й на дроті конденсується шар сталі. Потім оболонка дроту і наповнювач прогрівається, намерзлий шар сталі та оболонка дроту розплавляються, а порошковий наповнювач переходить в розплав.

Для отримання оптимальних результатів розплавлення оболонки та вивільнення наповнювача повинно проходити при руху дроту вниз безпосередньо біля днища ковша. Час розплавлення оболонки визначається її товщиною та зміною температури, пов'язаною з температурою розплаву. Місце вивільнення наповнювача після розплавлення оболонки визначається висотою розплаву і швидкістю введення дроту. Розрахункове співвідношення цих параметрів в кожному конкретному випадку повинно забезпечувати досягнення накресленої мети. При низькій температурі розплаву й невідповідній завищеній швидкості введення, дрот досягає днища ковша, змінює свою траєкторію та рухається угору під впливом виштовхуючої сили. Вивільнення наповнювача відбувається запізно, біля поверхні рідкої ванни, знижується час взаємодії реагенту з розплавом та його засвоєння металом. При високій температурі розплаву й невідповідній низькій швидкості введення розплавлення оболонки відбувається раніше, при руху дроту в верхніх шарах рідкого металу, також не забезпечуючи оптимальний час взаємодії наповнювача-реагента з розплавом, і в одному і в другому випадках відхилення спостерігається неоднорідність складу металу по висоті ковша.

Заявляємий спосіб позапічної обробки використовується таким чином.

В сталеплавильному агрегаті виплавляють сталь потрібної марки й випускають в ківш, виконуючи розкислення та інші необхідні технологічні операції. Перед введенням порошкового дроту визначають температуру металу. Товщина оболонки дроту та висота наливу металу в ківші, як правило, відомі раніше. На основі цих даних за формулою

$$V = \frac{K \cdot H (0,99 + 170 \delta)}{1730 - T}$$

розраховують швидкість введення дроту і з цією швидкістю вводять дрот з різними наповнювачами в ківш. До того ж, при постійній висоті наливу ковша на конкретній установці доведення сталі та товщини оболонки дроту можливо скласти таблицю по швидкості введення дроту в залежності від температури розплаву. Наприклад, при позапічній обробці 350 тн сталерозливального ковша з висотою наливу металу 6,0 м використовується порошковий дріт з товщиною оболонки зі сталі 08Ю $\delta = 0,4$ мм з наповненням сілікокальцієм та вуглецевим матеріалом. Значення коефіцієнту "К" дорівнює 100. Температура обробки для різних марок сталі може коливатись в межах (1550 - 1620)°С. Відповідно, швидкість введення дроту повинна складати:

Температура, °С	1550	1560	1570	1580	1590	1600	1610	162
Швидкість, м/с								
за заявою	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,9	5,3	5,8
за прототипом	5,2	5,3	5,4	5,5	5,7	5,8	5,9	6,0

При дотриманні вказаного режиму швидкості введення конкретного дроту в сталевій оболонці з наповненням сілікокальцієм марки СК30 в конкретний ківш (350 - тн, Н -6,0 м) було досягнуто повне розплавлення оболонки й вивільнення порошкового наповнювача в нижніх шарах металу, що призвело до значного підвищення ступеня засвоєння елементів наповнювача та ефективності його використання. Так, при температурі обробки 1590°С швидкість введення дроту $\varnothing 13$ мм становила 4,5 м/с (за заявою) та 5,7 м/с (за прототипом). В першому випадку ступінь засвоєння кальцію склала 12,0%, а другому - 8,0%.

Для забезпечення вмісту кальцію в готовому металі на рівні 0,0015% в першому випадку витрати сілікокальцію складають 0,42 кг/т, дроту 0,81 кг/т, в другому випадку -0,56 кг/т і 1,08 кг/т відповідно.

З наведених даних видно, що максимальний позитивний ефект, який міститься в підвищенні й забезпеченні стабільно високого рівня засвоєння елементів наповнювача порошкового дроту та зниженні витрат порошкового дроту на обробку, досягається в повній мірі тільки у випадку збігу всіх ознак заявляемого способу позапічної обробки рідкої сталі з оптимальними величинами, які є об'єктом винаходу.