



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 58324

(13) A

(51) 7 C21C7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО ВМІСТУ ВОДНЮ ПРИ ВИПЛАВЦІ СТАЛІ

1

2

(21) 2002119404

(22) 26 11 2002

(24) 15 07 2003

(46) 15 07 2003, Бюл. №7, 2003 р.

(72) Захаров Микола Іванович, Харлашин Петро Степанович, Троцан Анатолій Іванович, Крейденко Фіра Семенівна, Мельник Сергій Григорович, Кашира Геннадій Олександрович, Коновалов Володимир Юрійович, Харлашин Петро Петрович  
(73) ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб визначення залишкового вмісту водню при виплавці сталі, що включає визначення вмісту вуглецю під час плавки, який відрізняється тим,

що шуканий розмір знаходять із виразу  

$$[H]_d = [H]_0 + 0,5 \cdot (A_0 + A_d) ([C]_0 - [C]_d)$$
де  $[H]_0$  і  $[H]_d$  - залишковий вміст водню на початку і кінці доводки, $A_0$  і  $A_d$  - значення розміру відношення вмісту водню від вмісту вуглецю на початку і кінці доводки-  $\frac{\partial[H]}{\partial[C]}$ , визначеного експериментально для конкретних марок сталі й умов виплавки, $C_0$  і  $C_d$  - вміст вуглецю на початку і кінці доводки, і при рівності розрахованого значення потрібному для даної марки сталі й умов виплавки не проводять подальшу дегазацію

Винахід відноситься до сталеплавильного виробництва і найбільше ефективно може використовуватись для оцінки необхідності проведення подальшої дегазації сталі

Підвищення якості сталі багато в чому залежить від ефективності видалення різноманітних домішок і газів, зокрема водню, із металу як по ходу плавки, так і в процесі його наступного подальшого опрацювання в ковші. Тому доцільно заздалегідь, при виплавці сталі, оцінити залишковий вміст водню в металі наприкінці періоду виплавки перед випуском, щоб вирішити питання про необхідність проведення надалі дегазації металу

Відомо, що вміст водню в сталі залежить від концентрації вуглецю і характер цієї монотонно убутної залежності підтверджується цілим рядом як експериментальних, так і теоретичних досліджень [Янке Д. Металлургические основы вакуумной обработки жидкой стали / Черные металлы, 1987 - №19 - С 3-11]

Проте у відомих засобах немає критерію, що дозволяє визначити вміст водню для конкретних марок сталі й обраного режиму роботи плавильного агрегату в залежності від концентрації вуглецю і визначення необхідності подальшої дегазації

Найбільше близьким за технічною суттю і досягаємим результатам є спосіб, у якому при одержанні високо чистої вуглецевої сталі регулюють

тривалість і інтенсивність продування за контрольними вимірами температури і вмісту вуглецю [патент ГДР 281921, МПК 5C21C5/32, 1987]

Проте відомий спосіб не забезпечує зниження енергоємності процесу, тому що його здійснення не дає надійного критерію для визначення доцільності подальшої дегазації

У основу винаходу поставлена задача розробити засіб визначення залишкового вмісту водню при виплавці сталі, у якому введення нових умов здійснення дій дозволить знизити енергоємність процесу за рахунок виключення подальшої дегазації металу

Для вирішення поставленої задачі в способі визначення залишкового вмісту водню при виплавці сталі, що включає визначення вмісту вуглецю під час плавки, відповідно до винаходу шуканий розмір знаходять із виразу

$$[H]_d = [H]_0 + 0,5 \cdot (A_0 + A_d) ([C]_0 - [C]_d)$$

де  $[H]_0$  і  $[H]_d$  - залишковий вміст водню на початку і кінці доводки, $A_0$  і  $A_d$  - значення розміру відношення вмісту водню від вмісту вуглецю на початку і кінці доводки-  $\frac{\partial[H]}{\partial[C]}$ , визначеного експериментально для конкретних марок сталі й умов виплавки, $C_0$  і  $C_d$  - вміст вуглецю на початку і кінці доводки

(13) A

(11) 58324

(19) UA

ки, і при рівності розрахованого значення потрібному для даної марки сталі й умов виплавки не поведуть подальшу дегазацію

Залишковий вміст водню в сталі залежить, як відомо, також і від інших факторів температури і складу металу і шлаків по ходу плавки, складу газової атмосфери плавильного агрегату і т.д. Проте, як показали дослідження, інтервал зміни цих параметрів для кожного фіксованого значення концентрації вуглецю складає 5-10%, що викликає невеликий розкид експериментальних даних при визначенні статистичної залежності вмісту водню від вмісту вуглецю і цими перерахованими вище факторами можна знехтувати. Тому залишковий вміст водню в готовому металі визначається, головним чином, концентрацією вуглецю.

Спосіб визначення залишкового вмісту водню був здійснений на пробах рейкової сталі в умовах БАТ «МК» Азовсталь»

Проби металу відбиралися після розплавлювання протягом усього періоду доводки з інтервалом часу порядку 5 мин із загартуванням їх у воді

Концентрація водню визначалася за допомогою приладу Бальцерс. Одночасно фіксувався і вміст вуглецю в пробі. Статистична обробка результатів аналізу 50-ти проб дозволила одержати таку залежність концентрації водню у рейковій сталі при зміні вмісту вуглецю в межах 0,7 - 2,0 %

$$[H] = 4,81[c]^2 - 19,39 + 21,62, \quad (1)$$

де  $[H]$  - концентрація залишкового вмісту водню,

$[c]$  - концентрація вуглецю

Коефіцієнт множинної кореляції вийшов рівним 0,86. При довірчій можливості 0,90 критерій Фишера виявився нижче, а критерій Ст'юдента - вище необхідних табличних значень при обраній кількості проб металу, що означає прийнятну для практики точність знайденої функціональної залежності

Зміна концентрації водню за проміжок часу  $\Delta t$  висловиться формулою

$$d[H] = \frac{d[H]}{dt} dt = \frac{d[H]}{d[c]} [C] dt \quad (2)$$

Використовуючи це співвідношення і рівність для швидкості вигорання вуглецю

$$v_c(\tau) = - \left[ \frac{C}{\tau} \right], \quad (3)$$

де  $v_c$  - швидкість вигорання вуглецю,  $\tau$  - час, точка вгорі означає диференціювання за часом,

$$\text{тобто } [c] = \frac{d}{d\tau} [c],$$

одержимо

$$d[H] = (19,39 - 9,62[c]) v_c d\tau \quad (4)$$

Таким чином, при відомому вмісті водню по розплавлюванню  $[H]_0$ , тобто задовго до кінця плавки, можна визначити його концентрацію в будь-який момент часу періоду доводки

$$[H]_\tau = [H]_0 + \int_0^\tau (19,39 - 9,62[c]) v_c d\tau, \quad (5)$$

де  $[H]_\tau$  - концентрація водню в металі в момент часу  $\tau$ ,

$[H]_0$  - концентрація водню по розплавлюванню

Встановимо зв'язок між вмістом водню наприкінці періоду доводки  $[H]_d$  і тривалістю цього періоду. З цією ціллю застосуємо вираз для середнього значення функції на заданому інтервалі часу

Оскільки  $c(\tau)$  є монотонно убутна функція часу, то можна записати

$$[\bar{c}] = \frac{[c]_0 + 0,7}{2}, \quad (6)$$

де  $[c]_0$  - вміст вуглецю по розплавлюванню,  $[\bar{c}]$  - середнє значення  $[c]$  на періоді доводки

Значення  $[c] = 0,7$  % відповідає кінцю періоду доводки для рейкових марок сталі

Отже, будемо мати

$$[H]_d = [H]_0 + (16,02 - 4,81[\bar{c}]) \bar{v}_c \tau_d, \quad (7)$$

де  $\bar{v}_c$  - середня швидкість вигорання вуглецю

на періоді доводки тривалістю  $\tau_d$ .  $[H]_d$  - значення величини  $[H]$  по завершенні періоду доводки. У окремому випадку, коли  $[c]_0 = 2$  %, знаходимо

$$[H]_d = [H]_0 + 6,40 \bar{v}_c \tau_d \quad (8)$$

Порівняння результатів визначення концентрації залишкового водню в металі по запропонованій формулі з даними експериментальних досліджень проб 3-х різноманітних плавок МК «Азовсталь» призводить до їхньої задовільної відповідності (таблиця). Як видно з таблиці, розмір помилки не перевищує 10%

Отримані співвідношення мають не тільки теоретичний інтерес, але і дозволяють прогнозувати характерний для обраного режиму роботи плавильного агрегату залишковий вміст водню стосовно до конкретних марок сталі в плавках поточного виробництва, а також коректувати можливі відхилення

Таблиця

Порівняння результатів прогнозування концентрації залишкового водню в металі наприкінці періоду доводки по розробленій методиці з даними дослідно-промислових досліджень

№ плавки	$[c]_0$	$[H]_0$ , см <sup>3</sup> /100	$A_0$ , см <sup>3</sup> /100 г, %	$A_d$ , см <sup>3</sup> /100 г, %	$[H]_d$ , см <sup>3</sup> /100 г	
					Розрах	Експеримент
3472	1,94	1,61	1,70	7,17	7,12	7,83
3479	2,00	1,87	2,42	9,56	9,72	10,22
3487	2,13	1,28	1,34	5,13	5,91	5,34

Економічний ефект даного винаходу складається в тому, що він дає можливість знизити енергоємність процесу виробництва сталі за рахунок виключення подальшої дегазації в тому випадку,

якщо оцінка розміру  $[H]_d$  за приведеною вище формулою дає значення, необхідне для даної марки сталі й умов виплавки