



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61428 (13) A

(51) 7 C21C7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ПОЗАПІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ

1

2

(21) 2003020957

(22) 04 02 2003

(24) 17 11 2003

(46) 17 11 2003, Бюл. № 11, 2003 р

(72) Нефедов Юрій Андрійович, Федорінчик Віктор Михайлович, Гусев Олександр Анатолійович, Піщда Валерій Іванович, Кравець Сергій Миколайович, Власова Тетяна Євгенівна

(73) НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ
УКРАЇНИ

(57) Спосіб позапічної обробки сталі, який включає обробку металу в ковші шлаком, одержаним на основі шлаків виробництва вуглецевого феромарганцю та/або силкомарганцю та вапна, який відрізняється тим, що введення розкислювачів починають після витримки металу протягом 1-10 хвилин у ковші, заповненому на 1/3 - 7/10 його висоти, одночасно з початком випуску у ківш вдруге додатково на 20-100°C перегрітого металу

Винахід віднесено до металургії чорних металів, конкретно, до способів позапічної обробки сталі в сталерозливному ковші під час випуску металу зі сталеплавильного агрегату

Відомо використання шлакоутворюючої суміші на основі шлаку силкомарганцю, доломіта і вапна, а також шлаку вуглецевого феромарганцю (аналоги А с СССР № 775144, МКИ кл. С21С, 13/00, Б.И. № 40, 1980 г., А с СССР № 1100319, МКИ, кл. С21С, 5/04, Б.И. № 24, 1981 г., ТУ 14-11-124-76 "Использование шлака углеродистого ферромарганца для обработки стали в ковше") для позапічної обробки сталі у ковші

Застосування даного технічного рішення недостатньо ефективно для рафінування сталі від сірки та фосфору із-за підвищеної температури плавлення суміші та в'язкості формуючихся шлаків

Більш близьким по технічній суті та досягнутому результату заявленому рішення є спосіб позапічної обробки сталі в ковші з використанням шлаку від виробництва силкомарганцю і/або вуглецевого феромарганцю та вапна (прототип а с СССР № 954171, МКИ, С21С, 13/00, Б.И. № 82, 1982 г. Патент 406689, Австрія, МПК 7 С21С В 3/06 РЖМ "Металлургия", №15 С 7, 2001 г.)

Недоліком відомого способу є те, що ввід твердих шлакоутворюючих матеріалів в ковш, заповнений на 1/6 - 1/4 височини, призводить до їх часткового шлакоутворення із-за недостатньої кількості тепла металу

Підвищена в'язкість формуючогося шлаку затруднює вилучення сірки та фосфору з металу і приводить до забруднення сталі неметалевими вкрапленнями

В основу винаходу поставлена задача — поліпшення якості металу та зниження його собівартості за рахунок підвищення ступеню рафінування від сірки і фосфору та зниження витрат марганцевмісних феросплавів

Поставлена задача досягається тим, що в пропонованому способі ввід розкислювачів починають після витримки металу протягом 1-10хв в ковші, заповненим на 1/3-7/10 його висоти одночасно з початком вдруге випуску додаткової на 20-100°C перегрітого металу

Зазначене технічне рішення можливо використати при виробництві різних марок сталі, для виплавки котрих використовуються технології кінцевого розкислення сталі в ковші

Спосіб позапічної обробки сталі опробований при виплавці конверторної трубної сталі марки Д. В якості шихтових матеріалів для одержання шлаку використовували механічну суміш гранульованого марганцевого шлаку та пилових відходів вапна з електрофільтрів цеху обпалювання вапна (табл 1). Шихту попередньо плавили в циклонній шлакоплавильній установці конвертерного цеху заводу ім Г.І. Петровського

Хімічний склад шихтових матеріалів, використаних в пропонованому способі і відомому надані в табл 1

(13) A

(11) 61428

(19) UA

Таблиця 1

Склад шихти, % ваг		Хімічний склад відвальних шлаків, %				
Відвальний шлак	Вално	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	S
По запропонованому способу феромарганця 90-95	5-10	12-13	33-34	37-39	3-4	0,02-0,03
Силікомарганця 90-95	5-10	16-17	47-48	1315	4-5	0,04-0,06
По запропонованому способу феромарганця		8-15	33-40	37-43		0,93-0,10
силікомарганця		10-17	46-52	16-22		1,03-1,05

Температура шлаку на випуску з циклонної шлакоплавильної установки складала 1650–1680°С при відділеній витраті шлаку 40–50кг/т обробленого металу. Шлак зливали в сталерозливний ківш і передавали під конвертер для випуску в нього металу.

Сталь виплавляли в 60-тоному конвертері з верхнім кисневим видуванням. Температура металу перед зливом складала 1610–1640°С. Шляхом закривання дірки льотки глиняною пробкою здійснювався відсік конвертерного шлаку. Випуск металу при досягненні потрібного хімічного складу та температури призводили в ківш на шар рідкого синтетичного шлаку.

В запропонованому технічному рішенні передбачається проведення позапічної обробки металу у 2 періоди.

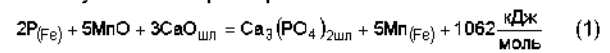
Перший (окислювальний) період закінчується при наповненні ковша металом на 1/3–7/10 його височини з послідовною витримкою збігом часу 1–10хв.

В другий (відновлювальний) період в ківш заливають останній в конвертері метал з одночасним вводом розкислювачів.

В перший період відбувається інтенсивний перерозподіл фосфору між металовою та шлаковою фазами за рахунок високого рівня окиснення у системі метал-шлак ((MnO~17% мас), тобто під-

вищений фосфоропоглинаючий здібності шлаку.

У загальному вигляді процес дефосфорації металу минає за реакцією:



Верхня мета утримання сірки та фосфору в металі, при якій відповідно з заводською технологічною інструкцією проводиться випуск плавки, складає 0,045% мас.

Виходячи з цієї обставини, верхня мета височини наповнення ківшу в перший період обмежений 7/10, тобто необхідно дефосфоровувати якомога більшу кількість металу.

При низькому утриманні фосфору в металі перед зливом (0,015%) ківш достатньо наповнити на 1/3 височини, а більшу кількість металу залишити для десульфурзації.

Згідно проведеному експерименту швидкість охолодження металу складає 1–2°С в хв.

Якщо процес дефосфорації йде з виділенням тепла (тобто реакція 1 – екзотермічна), то з метою утворення необхідних для його протікання кінетичних умов час витримки металу у ковші в залежності від кількості фосфору обмежується 1–10хв.

Більш тривала витримка металу у ковші призводить до значної втрати продуктивності сталеплавильного агрегату.

Таблиця 2

Технологічні показники окислювального періоду рафінування

№ плавки	Склад сталі						Ступінь дефосфорації	Температура металу, °С	Рівень наповнення ковша	Час витримки хв
	C	Mn	Si	S	P	$\frac{[P]}{[S]}$				
1	<u>0.49</u> 0,47	<u>0.18</u> 0,18	<u>0.17</u> 0,17	<u>0.050</u> 0,048	<u>0.012</u> 0,009	24	25	<u>1420</u> 1410	1/3(33)	1
2	<u>0.50</u> 0,51	<u>0.15</u> 0,15	<u>0.17</u> 0,17	<u>0.045</u> 0,043	<u>0.025</u> 0,015	0,55	40	<u>1420</u> 1410	19/50(0,38)	1,63
3	<u>0.52</u> 0,49	<u>0.14</u> 0,14	<u>0.18</u> 0,18	<u>0.027</u> 0,025	<u>0.031</u> 0,019	1,15	31	<u>1420</u> 1410	13/25(0,52)	4,32
4	<u>0.48</u> 0,47	<u>0.20</u> 0,20	<u>0.17</u> 0,17	<u>0.038</u> 0,037	<u>0.027</u> 0,018	0,71	39	<u>1420</u> 1410	23/50(0,46)	2,31
5	<u>0.26</u> 0,22	<u>0.23</u> 0,23	<u>0.17</u> 0,17	<u>0.025</u> 0,024	<u>0.025</u> 0,014	1,0	44	<u>1420</u> 1410	1/2(0,49)	3,63
6	<u>0.28</u> 0,31	<u>0.21</u> 0,21	<u>0.18</u> 0,18	<u>0.022</u> 0,020	<u>0.053</u> 0,031	2,41	42	<u>1420</u> 1410	7/10(0,70)	10

Примітка. Плавка 1–3 оброблялась шлаком на основі відкидних шлаків феромарганця.

4–6 – шлаком на основі відкидних шлаків силікомарганця.

Числівник – показники на початку окислювального періоду.

Знаменник – на кінець.

В таблиці 2 приведені основні технологічні показники окислювального періоду процесу

рафінування металу синтетичним шлаком. Обробка експериментальних даних дозволила встанови-

ти кореляційну залежність між кількістю обробленого металу (в цьому випадку — височиною наповнення ковшу - Н), часом його витримки (t) та кількістю сірки та фосфору в сталі

$$\frac{[P]}{[S]} = 7,43H^2 - 1,62H, \quad (2)$$

$$\frac{[P]}{[S]} = 0,22t + 0,2, \quad (3)$$

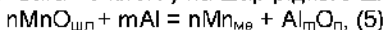
а також між височиною наповнення ковшу та часом витримки металу

$$t = 33,8H^2 - 7,4H - 0,90, \quad (4)$$

що дозволяє визначити основні технологічні параметри періодів позапичної обробки

Другий період позапичної обробки сталі характеризується процесом відновлення марганцю з оксидів та переходом його із шлаку в метал

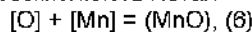
Розкислення шлаку проходить в дифузійно-осадному режимі та здійснюється шляхом присадки дрібнодробного алюмінію та термоантрацит (пит. вага - 3 кг/см³) на шар рідкого шлаку



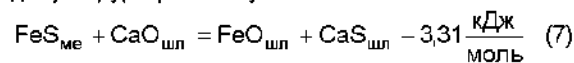
Процес відновлення марганцю зі шлаку є основною для включення механізму прямого легування

Більш важкі феросплави (FeSi, FeMn, SiMn з

пит. вага 6,54-7,0 кг/см³ прямують крізь шар шлаку та розкислюють метал



При цьому активність кисню в системі метал-шлак знижується, що відповідає початку процесу десульфурзації металу



Необхідна сіропоглинальна здібність підтримується за рахунок високого рівня оксиду кальція в шлаку ($CaO \geq 50\%$ мас.) та низького окислення шлаку ($Mn \leq 1,0\%$ мас.)

Оскільки процес десульфурзації йде з поглинанням тепла (реакція — ендотермічна) вдруге зливаемый метал повинен бути перегрітим на 20-100°C порівняно з металом, який знаходиться в ковші

Оскільки температура металу на випуску із конвертера 1610-1640°C, то перегрів вище 100°C технологічно не виправдан, а нижче 20°C не вплине на кінетичну картину переходу сірки із металу до шлаку

В таблиці 3 приведені основні технологічні показники відновлювального періоду рафінування металу

Таблиця 3

№ плавки	Технологічні показники відновлювального періоду процесу рафінування						Температура металу °C	Ступінь десульфурзації	Приріст за рахунок прямого відновлення	Витрати розкислювачів і легуваних, кг/т				Зниження витрат марганцевих феросплавів, %
	Склад сталі, %									Термоантрацит	Алюміній	Феросиліцій	Силікомарганець	
	C	Mn	Si	S	P	O								
1	<u>4.49</u> 0.47	<u>0.18</u> 0.80	<u>0.17</u> 0.24	<u>0.048</u> 0.027	<u>0.009</u> 0.012	<u>0.013</u> 0.009	<u>1610</u> 1620	43	0,21	0,2	0,55	5,8	7,8	30
2	<u>0.50</u> 0.51	<u>0.15</u> 0.79	<u>0.17</u> 0.26	<u>0.043</u> 0.028	<u>0.015</u> 0.019	<u>0.012</u> 0.008	<u>1600</u> 1620	35	0,19	0,2	0,53	5,5	8,4	30
3	<u>0.49</u> 0.50	<u>0.14</u> 0.86	<u>0.18</u> 0.23	<u>0.025</u> 0.020	<u>0.019</u> 0.007	<u>0.011</u> 0.007	<u>1610</u> 1620	20	0,21	0,3	0,57	4,2	9,3	29
4	<u>0.47</u> 0.49	<u>0.20</u> 0.81	<u>0.17</u> 0.23	<u>0.037</u> 0.019	<u>0.018</u> 0.018	<u>0.012</u> 0.004	<u>1600</u> 1620	49	0,19	0,2	0,61	7,9	8,0	31
5	<u>0.46</u> 0.48	<u>0.23</u> 0.92	<u>0.17</u> 0.24	<u>0.024</u> 0.016	<u>0.014</u> 0.016	<u>0.013</u> 0.008	<u>1610</u> 1620	33	0,20	0,2	0,51	6,2	9,0	29,5
6	<u>0.45</u> 0.47	<u>0.21</u> 0.90	<u>0.18</u> 0.22	<u>0.028</u> 0.019	<u>0.031</u> 0.032	<u>0.012</u> 0.009	<u>1600</u> 1620	31	0,22	0,3	0,52	6,4	8,4	31

Примітка Числвник — показники спочатку відновлювального періоду
Знаменник — в кінці

Увідомому способі (а с № 954171) нерозкислений метал випускали із печі до ковша після наповнення його на 1/8-1/4 височини, вводили шлак феромарганцю або силікомарганцю з розрахунку 10-12кг/т, потім на струмінь металу подавали вап-

но 7-10кг/т) Після присадки вапна у ківш вводили розкислювачі (силікомарганець)

Хімічний склад використаних матеріалів та результати досліджень приведені в табл. 4

Таблиця 4

Технологічні показники позапичної обробки сталі по відомому способу

№ плавки	Рівень наповнення ковша	Температура металу на випуску, °C	К-ть сірки в металі, %		К-ть фосфора в металі, %		Ступінь, %		Приріст марганцю за рахунок прямого відновлення
			до обробки	після обробки	до обробки	після обробки	десульфурация	дефосфорация	
7	1/4	1600	0,032	0,031	0,025	0,023	3,12	8,0	0,090

№ плав-ки	Рівень наповнення ковша	Температура металу на випуску, °С	К-ть сірки в металі, %		К-ть фосфору в металі, %		Ступінь, %		Приріст марганцю за рахунок прямого відновлення
			до обробки	після обробки	до обробки	після обробки	десульфуріяція	дефосфорування	
8	1/6	1610	0,029	0,028	0,020	0,019	3,45	5,0	0,105
9-10	1/5	1610	0,036	0,035	0,028	0,027	2,80	7,140	0,112
	1/4	1620	0,032	0,028	0,028	0,028			0,100

Аналіз результатів промислових випробувань запропонованого способу показує, що кінцева кількість сірки та фосфору в металі не перевищує 0,045% (ступінь дефосфорування — 31-44%, десульфуріяції — 20-44%). За відомим способом десульфуріяції та дефосфорування практично не спостерігалось. За рахунок прямого легування марганцем, відновленим із шлаку, забезпечується зниження витрат основних феросплавів до 29-31% (за відомим способом — 22-27%).

Зазначені відзнаки забезпечують запропонованому технічному рівню відповідні критерії винаходу — новизна, яка полягає в тому, що позапична обробка сталі проводиться в 2 періоди з визначною витримкою металу у ковші, що дозволяє роз-

ділити і ефективно провести процеси десульфуріяції та дефосфорування сталі та включити механізм прямого легування марганцем, відновленим із шлаку. Таким чином ці відміни відповідають критерію винаходу — позитивний ефект.

Ознаками, задовольняючими критерію суттєву відзнаку, необхідно вважати височину наповнення ковша (тобто кількість металу у перший та другий періоди), час витримки та температуру удруге зливаемого металу.

Застосування запропонованого способу дозволить знизити собівартість металу на 10-20 грн/т за рахунок зниження витрат феросплавів.