



УКРАЇНА

(19) UA (11) 26217 (13) U
(51) МПК (2006)
C21C 7/06МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ ТА ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

1

2

(21) u200704681

(22) 27.04.2007

(24) 10.09.2007

(46) 10.09.2007, Бюл. № 14, 2007 р.

(72) Троцан Анатолій Іванович, Бродецький Ігор Леонідович, Бєлов Борис Федорович, Крейденко Фіра Семенівна, Кодак Олександр Васильович, Явтушенко Павло Михайлович, Александров Валерій Дмитрович, Мельнік Сергій Григорович, Бузун Ігор Леонідович, Носоченко Ігор Олегович, Іценко Анатолій Іванович

(73) ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ІМ. І.М.ФРАНЦЕВИЧА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) 1. Спосіб підвищення якості низьколегованих і вуглецевих сталей, що включає введення присадок алюмінію й вапна на випуску в ківш, який **відрізняється** тим, що відношення маси присадок вапна й алюмінію дорівнює 4-5, а також у ківш додатково вводять плавиковий шпат у кількості 10-20 % від маси вапна.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вапно і плавиковий шпат вводять в вигляді твердої шлакової суміші при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вапно	75-80
плавиковий шпат	20-25.

Корисна модель стосується чорної металургії, а саме, способу підвищення якості сталей.

При виробництві сталі важливе значення має зниження в готовому металі рівня забруднення неметалевими включеннями (НВ), які значною мірою визначають її якість. Включення, які є концентраторами напруги, сприяють утворенню мікротріщин, що призводить до зниження механічних властивостей металу, в тому числі, циклічної міцності, холодостійкості, підвищення температури переходу сталі в крихкий стан і ряду інших. Найнебезпечнішими включеннями, що істотно впливають на механічні характеристики сталі, є гострокутні крихкі виділення і їхні рядки, що здатні ініціювати виникнення мікротріщин критичного розміру.

Відомий спосіб зниження забруднення сталі НВ шляхом введення лігатури на основі глинозему з добавками розкислювачів рідкої сталі кальцію, магнію й рідкоземельних елементів, причому в продуктах розкислення вміст глинозему повинен бути в межах 30-85%, щоб у сталі не містились включення у формі кластерів [Пат. 6120578 США, МПК 7 C21C 7/06; C21C 7/04; НПК 75/568, 2000р.].

Недоліком цього способу є висока вартість лігатури.

Найбільш близьким за технічною суттю й результатом, що досягається, є спосіб зниження забруднення низьколегованих і вуглецевих сталей

неметалевими включеннями, в якому пропонується вапно та алюміній вводити у відношенні 0,44-1,5, щоб склад продуктів взаємодії з киснем, які утворилися, відповідав області розплаву або переваги його частки в суміші на діаграмі $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ [Пути предупреждения образования коррозионно-активных неметаллических включений в стали/ Родионова И.Г., Зайцев И.Г., Бакланова О.Н. и др. // Электрометаллургия. - 2005. - №9. - С.31-38.].

Недоліком цього способу є зниження забруднення сталей тільки дрібними включеннями глобулярної форми. Разом із тим, найнебезпечніші для механічних властивостей сталей великі гострокутні крихкі виділення і їхні рядки, що здатні ініціювати виникнення мікротріщин критичного розміру, при такому співвідношенні вапна й алюмінію залишаються.

В основу корисної моделі «Спосіб підвищення якості низьколегованих і вуглецевих сталей» поставлено задачу створити спосіб, який забезпечує зниження забруднення сталей великими гострокутними крихкими виділеннями та їхніми рядками.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що в способі підвищення якості низьколегованих і вуглецевих сталей, що включає введення присадок алюмінію й вапна на випуску в ківш, відношення маси присадок вапна й алюмінію дорівнює 4-5, а також у ківш додатково вводять плавиковий шпат у кількості 10-20% від маси вапна.

(19) UA (11) 26217 (13) U

Вапно і плавиковий шпат можуть використовуватись у вигляді твердої шлакової суміші при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: вапно 75-80; плавиковий шпат 20-25.

Були проведені дослідження НВ у низьколегованих і вуглецевих сталях (ст. 10, ст. 20, сталі класу К52-К60) із використанням растрової електронної мікроскопії й мікрорентгеноспектрального аналізу. Дослідження показали, що НВ, які обумовлюють підвищений рівень забруднення сталей (більш 3,0 балів за ГОСТ 1778-70) і ідентифікуються оптико-металографічним контролем як крихкі й такі, що не деформуються, силікати насправді являють собою алюмінати кальцію рядкової та веретеноподібної форм. Перерахунок даних мікрорентгеноспектрального аналізу шляхом перетворення елементного складу у відповідні термодинамічно стійкі оксиди й обчислення співвідношення мас оксидів за допомогою подвійних діаграм стану показало, що найбільш імовірною хімічною сполукою, що утворює ці включення, є алюмінат кальцію $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$. Алюмо-кальцієві сполуки цього складу мають низьку температуру плавлення (1455°C) в порівнянні з температурою плавлення сталі (1500°C). Ці включення мають відносно великі розміри і при гарячій прокатці сильно деформуються а при охолодженні стають крихкими й розтріскуються в рядках. При цьому кожен рядок створює відповідну структурну напругу внаслідок різниці термічного розширення сталі й алюмінату кальцію цього типу $12,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ і $7,6 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Найсприятливішим неметалевим оксидним включенням для низьколегованих і вуглецевих сталей може бути алюмінат кальцію на основі $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, розміри якого відносно невеликі, а температура плавлення достатньо висока (1535°C) в порівнянні з $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ і вища температури гарячої деформації сталі. В той же час,

коефіцієнт його термічного розширення $10,0 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ близький до коефіцієнта термічного розширення сталі. Зсув рівноваги від утворення сполук із несприятливими складами вбік утворення алюмінату $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ можливий при зміні співвідношення присадок вапна й алюмінію в ківш вбік збільшення відносної витрати кальцію.

Статистичний аналіз результатів обробки плавок сталей, що досліджувались, показав, що основним технологічним параметром позапічної обробки, який впливає на розмір балу забруднення сталей крихкими й такими, що не деформуються, алюмінатами кальцію є відношення мас присадок вапна до алюмінію у ківш на випуску й при їх відношенні, рівним 4-5, значно зменшуються як максимальний, так і середній максимальний бал, а також загальна щільність включень, визначених відповідно до ГОСТ 1778-70 (метод Ш6, метод К). Для поліпшення асиміляції покривними шлаками неметалевих включень у ківш, крім вапна й алюмінію, доцільно також присаджувати плавиковий шпат у кількості 10-20% від маси присадок вапна.

Приклад 1. Пропонований спосіб підвищення якості сталі був випробуваний в умовах електросталеплавильного цеху «ММЗ Істіл» (Україна) при виплавці ст. 10. Відношення мас присадок у ківш на випуску з дугової сталерозливної печі (ДСП-120) вапна й алюмінію вторинного змінювалося від 1,0 до 6,0. В ківш також присаджували плавиковий шпат у кількості 10% від маси присадок вапна.

В таблиці 1 наведені порівняльні результати забруднення крихкими й такими, що не деформуються, включеннями при різних співвідношеннях мас присадок вапна й алюмінію.

Таблиця 1

Спосіб	Відношення мас вапна до алюмінію	Частка плавок (%), що мають більше одного випадку із забрудненням зразків НВ з балом > 2,5	Щільність розподілу НВ, Вкл. /см ²
З позамежним відношенням	2,0	53,6	89,2
	3,0	23,1	50,7
З пропонованим відношенням	4,0	11,6	47,6
	5,0	5,7	27,8
З позамежним відношенням	6,0	5,5	25,5
Відомий	1,0	55,2	76,3

З наведених у таблиці 1 даних видно, що в плавках із позамежним відношенням мас вапна до алюмінію 2,0-3,0, а також відомого з відношенням 1,0, частка плавок, що мають більш одного випадку із забрудненням зразків крихкими й такими, що не деформуються, НВ, які перевищують бал 2,5, складає від 23,1 до 55,2%. Загальна щільність розподілу включень також значна й складає 50,7-89,2 вкл/см².

Плавки з пропонованими співвідношеннями 4,0-5,0 характеризуються зниженням в 2-4 рази частки плавок, що мають більш одного випадку з

забрудненістю зразків крихкими й такими, що не деформуються, НВ, що перевищують бал 2,5, і значним зниженням щільності розподілу НВ. Подальша зміна співвідношення до 6,0 (позамежне відношення) недоцільна, тому що вона не призводить до помітного поліпшення характеристик, але ускладнює існуючу технологію виробництва сталі.

Приклад 2. Пропонований спосіб підвищення якості сталі був випробуваний в умовах КЦ ВАТ МК «Азовсталь» при виплавці конверторних сталей класу К52-К60. На випуску в ківш вводилися тверда шлакова суміш (ТШС) складу 80% СаО

+20% CaF_2 і чушковий алюміній. Відношення при-
садок ТШС /А1 змінювалося від 2,5 до 7,5. В таб-
лиці 2 наведені результати аналізу вмісту НВ при

різних співвідношеннях мас вапна й алюмінію, що
вводяться.

Таблиця 2

Спосіб	Відношення мас ТШС ДО алюмінію	Відношення мас вапна до алюмінію	Крихкі НВ, бал		НВ, що не деформуються, бал	
			Середній	Максимальний	Середній	Максимальний
З позамежним відношенням	2,50	2,0	3,3	5,0	4,2	5,0
	3,75	3,0	2,7	3,5	2,9	4,0
З пропонова- ним відно- шенням	5,0	4,0	1,2	1,5	2,25	2,5
	6,25	5,0	ІД	1,0	2,16	2,0
З позамежним відношенням	7,5	6,0	1,0	1,0	2,15	2,0
Відомий	-	1,0	3,6	5,0	4,5	5,0

З наведених у таблиці 2 даних видно, що в
плавках із позамежним відношенням мас вапна до
алюмінію 2,0 і 3,0, а також відомого з відношенням
1,0, середній і максимальний бали для крихких НВ
складають 2,7-3,6 і 3,5-5,0, відповідно; для НВ, що
не деформуються, - 2,9-4,5 і 4,0-5,0. Для плавок із
пропонованим відношенням спостерігається зни-
ження на 1,5-2,5 балів забруднення сталі. Подальша
зміна співвідношення до 6,0 (позамежне від-
ношення) недоцільна, тому що вона не приводить

до помітного поліпшення характеристик, але
ускладнює існуючу технологію виробництва сталі.

Таким чином, пропонований спосіб забезпечує
на 1,5-2,5 зниження максимального й середнього
максимального балу крихких та таких, що не де-
формуються, алюмініатів кальцію, а також змен-
шення в 2 рази щільності розподілу включень і тим
самим підвищує якість металу й знижує рівень
відсортуння.