



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18174 (13) U
(51) МПК (2006)
C21C 7/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ КИСНЕВО-КОНВЕРТОРНОЇ ВИПЛАВКИ СТАЛІ

1

(21) u200609133

(22) 18.08.2006

(24) 16.10.2006

(46) 16.10.2006, Бюл. № 10, 2006 р.

(72) Астахов Микола Миколайович, Комар Віктор
Володимирович(73) Вишняков Олексій Євгенович, Вишняков Юрій
Євгенович, Бородіна Олена Альбертівна

(57) 1. Спосіб киснево-конверторної виплавки сталі, що включає завантаження металобрухту в конвертор, заливання чавуну, порціонну присадку в конвертор з розплавом шлакоутворюючих матеріалів, продувку киснем, який відрізняється тим,

2

що разом зі шлакоутворюючими матеріалами в конвертор подають композицію для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, що включає, мас. %:

карбід кремнію SiC	5-15
оксиди лужноземельних металів	
KaO+Na ₂ O	1-3
металевий алюміній Al _{met}	15-30
металевий кремній Si _{met}	5-15
оксид алюмінію Al ₂ O ₃	37-74.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що композицію подають у кількості 4-5кг/т сталі при вологості не більше 2%.

Корисна модель відноситься до чорної металургії, конкретно до сталеплавильного виробництва і може бути використана для підвищення ефективності виробництва сталі в основних плавильних агрегатах.

Чорна металургія є галуззю важкої промисловості, яка виробляє чорні метали, а саме чавун, сталь, прокат, доменні феросплави, металеві порошки чорних металів і ін. Чорна металургія охоплює весь процес від видобутку і підготовки сировини, палива і допоміжних матеріалів до випуску прокату чорних металів і їх сплавів.

В даний час чорна металургія є однією з базових галузей промисловості багатьох країн, однак при цьому залишається досить матеріалоемним виробництвом, а обладнання, що використовується в даній галузі, достатньо швидко стає непридатним внаслідок агресивного впливу факторів виробництва. У зв'язку з розвитком нових галузей техніки потрібна була сталь, що має високу чистоту. Наприклад, у жароміцних сталях, що широко застосовуються в ракетобудуванні, неприпустима навіть незначна домішка свинцю або сірки. Для забезпечення високої якості одержуваного продукту в металургії використовують шлакоутворюючі матеріали, що дозволяють очистити розплав заліза від небажаних або шкідливих домішок, а також сприяють прискоренню процесів шлакоутворення і скороченню часу виплавки сталі. Однак найчастіше шлакоутворюючі матеріали, що використову-

ються в даний час, внаслідок недосконалості їх хімічного і фракційного складу мають обмежену здатність підвищення якості одержуваного продукту. При їх застосуванні зберігаються агресивні фактори виробництва, що негативно впливає на ресурс роботи обладнання, а витрати на виробництво сталі залишаються досить високими. Тому часто одночасно зі шлакоутворюючими матеріалами додатково використовують композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, що у металургії являють собою матеріали, переважно мінерального походження, які сприяють утворенню шлаку, збільшенню швидкості його утворення, а також регулюванню його складу, зокрема зв'язуванню порожньої породи або руди продуктів розкислення металу.

Найбільш розповсюдженими в даний час є шлакоутворюючі матеріали, у якості яких застосовують вапно, плавиковий шпат або боксит, а також марганцевмісні речовини. Однак зазначені матеріали не є універсальними, а існуючі методи їх використання не можуть забезпечити задану стабілізацію ходу виплавки сталі в будь-якому відомому способі. Їх застосування для реалізації того чи іншого способу залежить від технологічних умов протікання процесу виплавки сталі. Крім того, використання зазначених матеріалів не дозволяє цілком використовувати рафінувальний потенціал шлакової фази, що і приводить до підвищеної витрати вапна і плавикового шпату.

(13) U
18174
(11)
(19) UA

Якість одержуваного кінцевого продукту в різних процесах виробництва сталі визначається типом використовуваних шлакоутворюючих матеріалів, а також застосовуваних композицій для оптимізації шлакоутворюючого режиму виплавки сталі, їх складом і фізико-хімічними властивостями. Одним із широко розповсюджених способів є киснево-конверторна виплавка сталі. Звичайно в цьому способі виплавки сталі в якості шлакоутворюючого матеріалу використовують вапно, плавиковий шпат і боксит, що порціонно присаджують по ходу технологічного циклу плавки. Недоліком використання таких шлакоутворюючих матеріалів є складність визначення оптимальної кількості шлакоутворюючих матеріалів для забезпечення необхідної якості одержуваного продукту. У результаті поведінка шлакової фази в процесі засвоєння вапна стає невизначеною, що вимагає коректування складу шлаку для кожної конкретної плавки по ходу технологічного процесу, що ускладнює і сповільнює процес виплавки сталі. Виходячи з цього, у сучасній металургії є актуальна потреба в композиціях для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, що будуть мати такий хімічний і фракційний склад, при якому мінімізуються агресивний вплив компонентів композиції на металургійне обладнання, підвищується якість одержуваних продуктів за рахунок більш глибокого очищення розплаву заліза від небажаних домішок, а також спрощується та прискорюється процес виплавки сталі.

Відома композиція для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, що включає оксид алюмінію Al_2O_3 [патент України №18705, 1997р.]. Крім оксиду алюмінію зазначена композиція включає плавиковий шпат CaF_2 , оксид кальцію (вапно) CaO , оксид кремнію SiO_2 , залізо Fe , вуглець C , сірку S , фосфор P і оксид титана TiO_2 .

Основними недоліками зазначеної композиції є відносно високий вміст фосфору, що виключає можливість її використання при виробництві тугоплавких сплавів через «забруднення» сплаву фосфором. Суміш також не забезпечує високого ступеня витягу тугоплавких елементів. Крім того, суміш містить у собі велику кількість різних компонентів, що значно підвищує її вартість і складність її виготовлення і застосування.

Відомий спосіб киснево-конверторної виплавки сталі, [патент РФ №2228366, 2004р.], який включає завантаження металобрухту в конвертор, порціонну присадку в конвертор з розплавом шлакоутворюючих матеріалів, заливання чавуна і продувку киснем. При цьому в якості шлакоутворюючих матеріалів використовують алюмінієвмісні відходи, а також вуглецевмісні матеріали.

Основним недоліком способу є те, що зазначений склад шлакоутворюючих матеріалів не забезпечує підвищення рафінувального потенціалу розплавленої шлакової фази і прискорення активізації основних хімічних компонентів шлакового розплаву, що у свою чергу не забезпечує високої якості одержуваного продукту.

Найбільш близьким аналогом композиції, що заявляється, є композиція для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, що включає карбід кремнію SiC , металевий алюміній Al_{met} і оксид алюмінію Al_2O_3 [патент України №18995, 1997р.].

Крім того, зазначена композиція містить оксид кремнію SiO_2 .

При використанні цієї композиції рівень в'язкості шлаку залишається досить високим, що у свою чергу приводить до погіршення умов плавлення композиції і зниженню ефективності шлакового режиму виплавки сталі.

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу киснево-конверторної виплавки сталі, у якому за рахунок застосування композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі буде забезпечена оптимізація хімічного складу і підвищення рафінувального потенціалу розплавленої шлакової фази, а також буде забезпечене прискорення активізації основних хімічних компонентів шлакового розплаву.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб киснево-конверторної виплавки сталі включає завантаження металобрухту в конвертор, заливання чавуна, продувку киснем, порціонну присадку в конвертор з розплавом шлакоутворюючих матеріалів, при цьому разом з металевим брухтом у конвертор подають композицію для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, що включає, мас. %:

карбід кремнію SiC	5-15
оксиди лужноземельних металів	
$KaO+Na_2O$	1-3
металевий алюміній Al_{met}	15-30
металевий кремній Si_{met}	5-15
оксид алюмінію Al_2O_3	37-74.

Присутній у композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі карбід кремнію SiC при розплавлюванні композиції взаємодіє з рідким залізом по реакції:



с асиміляцією кремнію і вуглецю розплавленим металом сталевих ванн.

Зазначена особливість взаємодії карбіду кремнію впливає на механізм розподілу кисню між металевою і шлаковою фазами і регулює швидкість зневуглицювання металевих ванн, а також блокує процес переокислювання металу в період окислювання вуглецю. Наявність карбіду кремнію в композиції створює також достатній розкиснювальний ефект. Зниження вмісту карбіду кремнію в композиції нижче 5% недоцільно, оскільки на початку окисного періоду плавки спостерігається активізація окислювання заліза до FeO . Підвищення вмісту карбіду кремнію в композиції понад 15% також є недоцільним, оскільки це приводить до блокування процесу окислювання вуглецю. Це може викликати необхідність введення додаткових окислювачів, приводить до перегріву сталевих ванн і негативно діє на футерівку печі, а також збільшує час виплавки сталі, що у свою чергу приводить до збільшення витрат на виробництво сталі.

Металевий алюміній являє собою власне алюміній у технічно чистому виді. Алюміній розкислює рідкий розплав, тобто видаляє кисень, а наявність оксиду алюмінію сприяє як прискоренню засвоєння вапна, так і асиміляції неметалічних включень, що у свою чергу сприяє зниженню вмісту шкідливих домішок, наприклад сірки і кисню в сталі. За рахунок вибору різних співвідношень

алюмінію та оксиду алюмінію можна регулювати процес шлакоутворення. Зниження вмісту алюмінію в композиції нижче 15% недоцільно, оскільки приводить до зниження рафінувальних властивостей шлаку, тобто до зниження здатності шлаку до очищення розплаву від небажаних або шкідливих домішок. Крім того, при вмісті металевого алюмінію менш ніж 15% не досягається істотного прискорення шлакоутворення через недостатнє надходження тепла реакції окислювання алюмінію в зону активного шлакоутворення. Підвищення вмісту алюмінію в суміші понад 30% також є недоцільним, оскільки приводить до протікання процесу шлакоутворення з піротехнічним ефектом, підвищення температури шлаку в реакційній зоні, що у свою чергу приводить до тимчасового уповільнення протікання основних сталеплавильних процесів і зниженню рафінувальної здатності шлакового розплаву.

Вміст у композиції оксиду алюмінію менш ніж 37% не забезпечує зниження в'язкості шлаку до значень, при яких відбувається істотне прискорення шлакоутворення. При вмісті в суміші оксиду алюмінію понад 74% в'язкість шлаку не тільки не знижується, але навіть підвищується за рахунок насичення шлаку тугоплавким глиноземом (Al_2O_3).

Таким чином, включення до складу композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі металевого алюмінію Al_{met} і оксиду алюмінію Al_2O_3 у встановлених межах дозволяє забезпечити високу швидкість протікання реакцій шлакоутворення з одночасним підтриманням рідкорухливості шлакового розплаву в умовах тривалого періоду часу і широкого діапазону температур процесів виплавки сталі, що дозволяє забезпечити ефективність металургійних процесів і знизити виробничі витрати.

Металевий кремній Si_{met} широко застосовується в металургії як одна з основних розкиснюючих і легуючих добавок. Металевий кремній - це кремній технічної чистоти (96-99% Si), що одержується у рудовідновних електропечах відновленням кварциту вуглецевими відновниками (деревне вугілля, нафтовий кокс і ін.). Присутність у суміші металевого кремнію Si_{met} у зазначених межах дозволяє стабілізувати вплив на шлако-металевий розплав металевого алюмінію Al_{met} , за рахунок чого підвищується загальний технологічний ефект від використання композиції. Зниження вмісту кремнію нижче 5% є недоцільним, тому що приводить до прискорення реакції окислювання металевого алюмінію Al_{met} і зниження рафінувального потенціалу шлакової фази. Збільшення вмісту кремнію понад 15% є недоцільним, оскільки може привести до уповільнення реакції окислювання металевого алюмінію Al_{met} і зниження рафінувального потенціалу шлакової фази.

Для одержання рідкорухливого шлаку до складу композиції введені легкоплавкі компоненти: оксид натрію та оксид калію в кількості 1-3% мас. Зниження вмісту в композиції оксидів натрію і калію нижче 1% приводить до небажаного збільшення в'язкості шлаку, погіршенню умов плавлення композиції і зниженню ефективності шлакового режиму виплавки сталі. Введення в композицію більш 3% оксидів натрію і калію приводить до зни-

ження температури розплаву в зоні реакції і зниженню ефективності його обробки шлакоутворюючими матеріалами, що містять композицію для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі.

Для виключення виникнення пожежонебезпечних ситуацій при виготовленні, збереженні і транспортуванні композиції необхідно, щоб її вологість не перевищувала 2%.

Оптимальність зазначеного вище співвідношення компонентів у композиції була підтверджена багаторазовими експериментами, виконаними як у лабораторних, так і у виробничих умовах.

Переважним є виконання композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі з наступним фракційним складом компонентів, %:

20,0мм і менше	≥90
більш 20,0мм	решта.

Такий діапазон фракційних складів компонентів композиції пояснюється фізико-хімічними закономірностями ефективності їх використання і застосування при проведенні основних технологічних процесів виплавки сталі. Відхилення фракційного складу у бік збільшення вмісту дрібнодисперсних часток недоцільно, тому що вимагає додаткових витрат, але не дає помітного ефекту. Збільшення вмісту великодисперсних часток приводить до збільшення часу наведення шлаку, тобто також є не виправданим.

Застосування в цьому способі такої композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі дозволяє знизити витрату чавуна, збільшити витрату металевого брухту, знизити витрату вапна і плавикового шпату, які звичайно використовуються в якості шлакоутворюючих матеріалів, знизити витрату навугльцювача, забезпечити розрідження конверторного шлаку і його рідкорухливість, за рахунок чого значно підвищується ефективність шлакового режиму плавки, знизити окисненість кінцевого конверторного шлаку, досягти встановлення більш спокійного ходу плавки, зменшити імовірність викидів і виносів шлако-металевої емульсії, збільшити основність шлаку і знизити вміст у шлаку Mg і SiO_2 , збільшити вміст сірки в шлаку, що свідчить про підвищення ефективності десульфурзації металу. Крім того, зменшується виділення агресивних до футерівки конвертора сполук, що сприяє зниженню витрат на утримання обладнання.

Експериментально встановлено, що найбільш оптимальний ефект при реалізації способу з використанням зазначеної композиції досягається при введенні композиції в кількості 4-5кг/т сталі при вологості не більш 2%.

Реалізація способу киснево-конверторної виплавки сталі ілюструється наступним прикладом.

Приклад. Киснево-конверторна виплавка сталі здійснюють завантаження металобрухту в конвертор. Одночасно з розрахунковою кількістю металобрухту в конвертор здійснюють завантаження композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі в м'якому одноразовому контейнері типу «Біг-Бег». Композиція включає, мас. %:

карбід кремнію SiC	8
оксиди лужноземельних металів K_2O+Na_2O	1,7
металевий алюміній Al_{met}	21

7	металевий кремній Si_{met}	5	вуна.
	оксид алюмінію Al_2O_3	64,3.	Далі здійснюють продувку розплаву киснем.
	Компоненти композиції, що завантажуються,		Подачу в конвертор шлакоутворюючих матеріалів,
	мають наступний фракційний склад:		у якості яких використовують вапно і плавиковий
	20,0мм і менше	92,5%	шпат, здійснюють за встановленою технологією.
	більш 20,0мм	решта.	Кількість композиції, що вводиться, варіювали
	Потім у конвертор здійснюють заливання ча-		від 2,5 до 5,5кг/т сталі.

Таблица 1

Показники використання композиції в киснево-конверторній плавці
(чисельник без використання композиції/знаменник з використанням композиції)

Витрати чавуна, кг/т сталі	Витрати композиції, кг/т сталі	Витрати вапна, кг/т сталі	Витрата плавикового шпату, кг/т сталі	Витрата науглецювача, кг/т сталі	Тем-ра повалки, °C	Масова частка сірки в металі, %	Основність шлаку
867/859	-/2,5	72,0/71,7	0,80/0,78	4,5/4,25	1612/1610	0,047/0,046	2,48/2,42
867/860	-/2,8	71,7/71,5	0,79/0,75	4,2/4,0	1610/1608	0,042/0,042	2,47/2,46
866/862	-/3,0	71,85/71,5	0,81/0,79	4,65/3,85	1611/1610	0,041/0,040	2,47/2,48
865/859	-/4,1	71,8/71,2	0,79/0,65	4,12/2,25	1612/1605	0,044/0,040	2,51/2,58
865/862	-/4,25	72,1/71,5	0,78/0,61	4,87/2,15	1615/1608	0,042/0,039	2,53/2,60
868/862	-/4,5	72,0/70,6	0,79/0,60	5,11/2,65	1614/1606	0,044/0,041	2,49/2,61
870/858	-/4,5	71,85/71,2	0,81/0,58	4,23/2,11	1610/1608	0,046/0,043	2,45/2,64
867/862	-/4,7	71,8/70,9	0,81/0,57	4,78/2,35	1612/1608	0,043/0,040	2,48/2,60
864/859	-/5,5	71,6/71,8	0,79/0,81	4,62/3,85	1616/1614	0,046/0,044	2,44/2,47
865/858	-/5,5	71,8/71,8	0,78/0,79	4,98/3,97	1612/1610	0,042/0,041	2,45/2,45
866/859	-/4,85	71,85/70,8	0,80/0,62	5,2/2,53	1610/1605	0,041/0,038	2,58/2,64
865/858	-/5,0	72,1/70,9	0,80/0,66	5,15/2,51	1613/1606	0,040/0,038	2,59/2,67
870/857	-/5,1	71,8/71,7	0,79/0,75	4,65/2,22	1611/1606	0,042/0,039	2,47/2,50
871/862	-/4,25	71,75/71,55	0,80/0,60	4,70/2,15	1612/1609	0,044/0,040	2,42/2,56
869/859	-/4,75	72,0/70,85	0,79/0,60	4,67/2,15	1610/1605	0,041/0,037	2,57/2,63
867/861	-/4,1	72,1/71,8	0,81/0,65	4,56/2,35	1613/1606	0,042/0,039	2,45/2,58

Аналіз отриманих даних показує, що у всіх плавках використання композиції для оптимізації шлакового режиму киснево-конверторної плавки забезпечує стабільне зниження витрати рідкого чавуна, вапна, плавикового шпату і науглецювача при хорошому рівні десульфурації металу. При цьому найбільш помітно ефект застосування композиції виявляється при завантаженні приблизно 4,0-5,0кг/т сталі.

Таким чином, корисна модель, що заявляється, за рахунок використання композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі з оптимально підібраним складом компонентів має високу ефективність виплавки сталі, підвищений рафінувальний потенціал розплавленої шлакової фази, а також прискорену активізацію основних хімічних компонентів шлакового розплаву.