



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18176 (13) U
(51) МПК
C21C 5/54 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В МАРТЕНІВСЬКІЙ ПЕЧІ

1

(21) u200609135

(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 виплавки сталі в мартенівській печі,
що включає завалку металевого брухту, прогрів,
введення шлакоутворюючих матеріалів, заливан-
ня рідкого чавуну, плавлення і доведення, випуск
плавки, який **відрізняється** тим, що перед випус-

2

ком плавки в неї вводять композицію для оптимі-
зації шлакового режиму виплавки, що включає,
мас. %:

карбід кремнію SiC	5-15
оксиди лужноземельних металів	
K ₂ O+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 ком-
позицію подають у кількості 1-2 кг/т сталі при воло-
гості не більше 2 %.

Корисна модель відноситься до чорної мета-
лургії, конкретно до сталеплавильного виробницт-
ва і може бути використана для підвищення ефек-
тивності виробництва сталі в основних плавильних
агрегатах.

Чорна металургія є галуззю важкої промисло-
вості, яка виробляє чорні метали, а саме чавун,
сталь, прокат, доменні феросплави, металеві по-
рошки чорних металів і ін. Чорна металургія охоп-
лює весь процес від видобутку і підготовки сиро-
вини, палива і допоміжних матеріалів до випуску
прокату чорних металів і їх сплавів.

В даний час чорна металургія є однією з базо-
вих галузей промисловості багатьох країн, однак
при цьому залишається досить матеріалоемним
виробництвом, а обладнання, що використовуєть-
ся в даній галузі, достатньо швидко стає неприда-
тним внаслідок агресивного впливу факторів ви-
робництва. У зв'язку з розвитком нових галузей
техніки потрібна була сталь, що має високу чисто-
ту. Наприклад, у жароміцних сталях, що широко
застосовуються в ракетобудуванні, неприпустима
навіть незначна домішка свинцю або сірки. Для
забезпечення високої якості одержуваного продук-
ту в металургії використовують шлакоутворюючі
матеріали, що дозволяють очистити розплав залі-
за від небажаних або шкідливих домішок, а також
сприяють прискоренню процесів шлакоутворення і

скороченню часу виплавки сталі. Однак найчасті-
ше шлакоутворюючі матеріали, що використовую-
ються в даний час, внаслідок недосконалості їх
хімічного і фракційного складу мають обмежену
здатність підвищення якості одержуваного продук-
ту. При їх застосуванні зберігаються агресивні фа-
ктори виробництва, що негативно впливає на ре-
сурс роботи обладнання, а витрати на
виробництво сталі залишаються досить високими.
Тому часто одночасно зі шлакоутворюючими ма-
теріалами додатково використовують композиції
для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі,
що у металургії являють собою матеріали, пере-
важно мінерального походження, які сприяють
утворенню шлаку, збільшенню швидкості його
утворення, а також регулюванню його складу, зок-
рема зв'язуванню порожньої породи або руди про-
дуктів розкислення металу.

Найбільш розповсюдженими в даний час є
шлакоутворюючі матеріали, у якості яких засто-
совують вапно, плавиковий шпат або боксит, а також
марганцевмісні речовини. Однак зазначені матері-
али не є універсальними, а існуючі методи їх вико-
ристання не можуть забезпечити задану стабіліза-
цію 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, ви-

(19) UA (11) 18176 (13) U

користання зазначених матеріалів не дозволяє цілком використовувати рафінувальний потенціал шлакової фази, що і приводить до підвищеної витрати вапна і плавикового шпату.

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. При виплавці сталі в мартенівській печі найчастіше використовують вапняк, вуглецевмісні матеріали, алюмінієвий шлак, а також плавиковий шпат. Недоліками використання зазначених матеріалів також є непрогнозована поведінка металеві ванни після засвоєння матеріалу, що у свою чергу не дозволяє ефективно впливати на поведінку шлакової фази після стабілізації процесу зневуглицювання металеві ванни для кожної конкретної плавки. 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 знижуються матеріальні витрати на виробництво 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 виплавки сталі в мартенівській печі [заявка РФ на винахід №98102666, 1999р.], який включає завалку металевого брухту, прогрів, введення шлакоутворюючих матеріалів, заливання рідкого чавуна, плавлення, доведення і випуск плавки. При цьому в розплав вводять суміш із залізовмісної сировини, вугілля, а також вапняку і плавикового шпату в якості шлакоутворюючих матеріалів.

В описаному способі формування рідкорухливого шлаку вимагає наступного корегування з використанням різних відомих коригувальних заходів. Крім того, використання зазначених шлакоутворюючих матеріалів не дозволяє цілком реалізувати рафінувальну здатність шлаку, приводить до великої витрати вапна і плавикового шпату, а також до високого рівня витрати палива, необхідного для виплавки сталі.

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 .

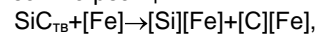
При використанні цієї композиції рівень в'язкості шлаку залишається досить високим, що у свою чергу приводить до погіршення умов плавлення композиції і зниженню ефективності шлакового режиму виплавки сталі.

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу виплавки сталі в мартенівській печі, у якому за рахунок застосування композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі буде забезпечено удосконалення доведення мартенівської виплавки, а також буде забезпечена оптимізація хімічного складу шлаку.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб виплавки сталі в мартенівській печі включає завалку металевого брухту, прогрів, введення шлакоутворюючих матеріалів, заливання рідкого чавуна, плавлення, доведення і випуск плавки, при цьому в доведення плавки на дзеркалі металу мартенівської печі подають композицію для оптимізації шлакового режиму виплавки, 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 сталеві ванни.

Зазначена особливість взаємодії карбіду кремнію впливає на механізм розподілу кисню між металеві ванною і шлаковою фазами і регулює швидкість зневуглицювання металеві ванни, 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 сталеві ванни 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 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 шлакометалевий 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 зниження 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 невідрядним.

Застосування в цьому способі композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі дозволяє помітно збільшити рафінувальну здатність мартенівського шлаку, знизити витрати плавикового шпату, який використовують у якості розріджувача, стабілізувати ступінь окисненості металу перед випуском, знизити витрати кремнієвмісних феросплавів на виплавку сталі. Також використання зазначеної композиції дозволяє скоротити витрати умовного палива, що дозволяє здійснювати реалізацію зазначеного способу і знизити тривалість рідкого періоду плавки сталі.

Експериментально встановлено, що найбільш оптимальний ефект при реалізації способу з використанням зазначеної композиції досягається при введенні композиції в кількості 1-2кг/т сталі при вологості не більш 2%.

Реалізація способу виплавки сталі в мартенівській печі ілюструється наступним прикладом.

Приклад. Виплавка сталі в мартенівській печі

Здійснюють завалку металевого брухту. Після завалки здійснюють прогрів, введення шлакоутворюючих матеріалів, у якості яких вводиться вапняк. Далі здійснюють заливання рідкого чавуна, плавлення і доведення, а також випуск плавки. Після розплавлювання металеві ванни в доведення плавки одночасно з завантаженням на дзеркало металу коригувальної добавки шлакоутворюючих матеріалів (вапна) здійснюють завантаження композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі наступного складу, мас. %:

карбід кремнію SiC	11	мають вологість близько 1,5% при наступному фракційному складі:
оксиди лужноземельних металів		
K ₂ O+Na ₂ O	2	20,0мм і менше 92,5%
металевий алюміній Al _{met}	21	більш 20,0мм решта.
металевий кремній Si _{met}	5	Кількість композиції, що завантажується, варіювали з розрахунку 0,95-2,23кг/т стали.
оксид алюмінію Al ₂ O ₃	61.	
Компоненти композиції, що завантажується,		

Таблиця 1

Показники використання композиції в доведення мартенівської плавки
(чисельник без використання композиції / знаменник з використанням композиції)

Витрати матеріалу, кг/т сталі	Швидкість нагрівання металу, °C/хв	Швидкість окислювання «С», %x10 ⁻² /хв	Основність шлаку	Швидкість десульфурзації, %x10 ⁻⁴ /хв	Тем-ра присадки, °C	Тем-ра випуску, °C	Тривалість доведення, хв
-1,12	1,2/1,4	0,19/0,32	1,47/1,85	1,3/2,2	1549/1534	1632/1639	70/64
-0,95	1,1/1,4	0,18/0,32	1,35/1,74	1,2/2,1	1546/1540	1640/1642	85/73
-1,25	0,8/1,5	0,16/0,34	1,42/1,68	0,95/2,0	1534/1536	1642/1644	135/72
-1,45	0,9/1,4	0,18/0,31	1,44/1,89	0,89/2,3	1536/1536	1645/1644	121/77
-1,15	1,1/1,6	0,20/0,35	1,36/1,68	1,1/2,2	1542/1534	1642/1642	90/67
-1,56	1,3/1,7	0,22/0,35	1,38/1,75	0,96/2,2	1548/1536	1644/1642	74/62
-1,57	1,1/1,4	0,18/0,31	1,34/1,68	0,95/2,3	1538/1542	1645/1644	97/73
-2,0	1,2/1,5	0,19/0,32	1,46/1,65	1,2/2,1	1539/1534	1642/1642	86/72
-1,48	1,3/1,7	0,23/0,35	1,28/1,72	1,0/2,2	1555/1545	1644/1640	68/56
-1,46	1,0/1,8	0,16/0,37	1,31/1,76	1,1/2,4	1570/1545	1644/1644	74/55
-1,52	0,9/1,6	0,15/0,35	1,36/1,65	0,96/2,1	1548/1542	1643/1642	105/63
-1,54	0,7/1,5	0,12/0,32	1,29/1,85	0,56/2,3	1564/1558	1642/1644	111/57
-1,26	1,1/1,4	0,19/0,32	1,26/1,69	0,98/2,0	1553/1542	1645/1646	84/74
-1,74	1,2/1,6	0,22/0,35	1,42/1,54	1,2/2,0	1546/1534	1644/1644	82/68
-2,23	1,3/1,7	0,24/0,36	1,46/1,67	1,3/2,1	1564/1555	1642/1645	74/53
-1,55	1,0/1,3	0,19/0,30	1,45/1,78	1,0/2,4	1552/1542	1642/1648	90/82
-1,45	0,9/1,4	0,18/0,31	1,44/1,89	0,89/2,3	1536/1536	1645/1644	121/77
-1,15	1,1/1,6	0,20/0,35	1,36/1,68	1,1/2,2	1542/1534	1642/1642	90/67
-1,46	1,0/1,8	0,16/0,37	1,31/1,76	1,1/2,4	1570/1545	1644/1644	74/55
-1,52	0,9/1,6	0,15/0,35	1,36/1,65	0,96/2,1	1548/1542	1643/1642	105/63
-1,45	0,9/1,4	0,18/0,31	1,44/1,89	0,89/2,3	1536/1536	1645/1644	121/77
-1,15	1,1/1,6	0,20/0,35	1,36/1,68	1,1/2,2	1542/1534	1642/1642	90/67
-1,56	1,3/1,7	0,22/0,35	1,38/1,75	0,96/2,2	1548/1536	1644/1642	74/62

Аналіз отриманих даних показує, що при використанні композиції для наведення (коректування) технологічного шлаку в мартенівській печі при доведенні сталі досягається значне збільшення швидкості нагрівання металевої ванни, і відбувається збільшення швидкості зниження масової частки сірки в металі, що, при виконанні усіх вимог щодо параметрів композиції та оптимальній її витраті в межах, що заявляються, забезпечує скорочення тривалості доведення плавки в мартенівській печі, поліпшення якості сталі і

зниження витрат на виробництво сталі. При цьому найбільш помітно ефект застосування композиції виявляється при завантаженні приблизно 1,0-2,0кг/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, удосконалене доведення мартенівської виплавки, а також оптимальний хімічний склад шлаку.