



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18161 (13) U
(51) МПК (2006)
C21C 7/00
C21C 7/076 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ПОЗАПІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ В КОВШІ

1

(21) u200608880
(22) 09.08.2006
(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 позапечної обробки сталі в ковші, що включає випуск розплаву зі сталеплавильного агрегату в ківш, подачу в ківш у процесі випуску розплаву шлакоутворюючої суміші і продувку розплаву нейтральним газом, який **відрізняється** тим,

2

що в ківш подають шлакоутворюючу суміш наступного складу, мас. %:

металевий алюміній Al_{met}	8-18
оксид кремнію SiO_2	2-6
оксиди лужноземельних металів K_2O+Na_2O	1-3
оксид кальцію CaO	10-55
оксид алюмінію Al_2O_3 у кількості 5-6 кг/т сталі при вологості не більш 2%.	22-53

2. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що суміш подають у ківш у вигляді попередньо перемішаних компонентів однорідного фракційного складу.

Корисна модель відноситься до чорної металургії, конкретно до доменного і сталеплавильного виробництва і може бути використана для підвищення ефективності обробки розплаву заліза в металургійних процесах виробництва чавуна і сталі.

Чорна металургія є галуззю важкої промисловості, що виробляє різні чорні метали, а саме чавун, сталь, прокат, доменні феросплави, металеві порошки чорних металів та 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, досить швидко стає непридатним внаслідок агресивного впливу факторів виробництва. Для забезпечення високої якості одержуваного продукту в металургії використовують шлакоутворюючі (рафінувальні) суміші, що дозволяють очистити розплав заліза від непотрібних або шкідливих домішок. Однак найчастіше шлакоутворюючі (рафінувальні) суміші, що використовуються в даний час, внаслідок недосконалості їх хімічного і фракційного складу мають обмежену здатність до підвищення якості одержуваного продукту. При їх

застосуванні зберігаються агресивні фактори виробництва, що негативно впливає на ресурс роботи обладнання, а витрати на виробництво чавуна і сталі залишаються досить високими.

Найчастіше якість одержуваного кінцевого продукту при реалізації різних способів виробництва сталі і чавуна визначається типом шлакоутворюючої суміші, що використовується, її складом і фізико-хімічними властивостями. Розповсюдженими в даний час є способи позапечної обробки сталі в ковші, основною метою реалізації яких є зниження вмісту розчинених у металі газів, неметалічних включень і сірки. Найбільш часто при позапечній обробці сталі в ковші використовують суміші, що містять вапно і плавиковий шпат або суміші, що включають кремнієвмісні сплави. Застосовувані суміші не мають стабільної контрольованої рафінувальної здатності і не забезпечують високу чистоту сталі і скорочення витрат на виробництво сталі. Крім того, при використанні таких сумішей часто необхідне введення додаткових елементів, наприклад розкиснювачів, а високий вміст оксидів кремнію в такій суміші може привести до зниження ступеня видалення сірки. При використанні такої суміші шлаковий розплав поза плавильним агрегатом охолоджується настільки швидко, що не вдається повноцінно завершити процес рафінування металу. Нарешті, вплив окремих компонентів су-

(19) UA (11) 18161 (13) U

міші на вогнетривку футерівку металургійних агрегатів приводить до швидкого її руйнування і збільшення витрат на виробництво чавуна і сталі.

Виходячи з цього, у сучасній металургії є актуальна потреба в шлакоутворюючій рафінувальній суміші такого хімічного, мінералогічного і фракційного складу, при якому зменшується небажаний вплив компонентів суміші на вогнетривку футерівку металургійного обладнання і підвищується якість одержуваних продуктів за рахунок більш глибокого очищення розплаву заліза від небажаних домішок.

Відома шлакоутворююча суміш для обробки сталі, яка містить оксид кальцію CaO , металевий алюміній Al_{met} , оксиди лужноземельних металів $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ і оксид алюмінію Al_2O_3 [патент РФ № 2252265, 2005 р.]. Крім того, суміш додатково містить оксиди магнію, заліза, міді, титана, марганцю. Кількість компонентів у шлакоутворюючій суміші складає, мас. %:

алюміній	5-83
оксид алюмінію	2,5-75
оксид кальцію	0,5-10
оксид магнію	не більш 8
оксид заліза	не більш 15
оксид міді	не більш 2
оксид титана	не більш 7
оксид марганцю	не більш 12
оксиди натрію і калію	5-7.

Основним недоліком описаної суміші є велика кількість компонентів, що обумовлює складність готування такої суміші. Крім того, високий вміст алюмінію в суміші може привести до виникнення вибухонебезпечної ситуації як при виготовленні суміші, так і в процесі її застосування.

Відомий спосіб позапічної обробки сталі в ковші, що включає випуск розплаву зі сталеплавильного агрегату в ківш, подачу в ківш у процесі випуску розплаву шлакоутворюючої суміші і продувку розплаву нейтральним газом [патент РФ № 2138563, 1999р.]. Крім того, у процесі випуску розплаву в ківш здійснюють також подачу феросплавів, науглецювача і розкиснювача. У якості розкиснювача використовують гранульований алюміній з витратою 0,4-2,0 кг/т металу. Шлакоутворююча суміш включає вапно і плавиковий шпат із загальною витратою 4,2-15,0 кг/т металу і співвідношенням компонентів 3,5/1-4,5/1.

Недоліком описаного способу є застосування шлакоутворюючої суміші, що включає вапно і плавиковий шпат, які змішуються між собою в процесі подачі в ківш, що не дозволяє здійснювати контроль ступеня рафінування металу. Крім того, при використанні такої суміші утворений розплав шлаку поза плавильним агрегатом охолоджується настільки швидко, що повноцінно завершити процес рафінування металу не вдається. Нарешті, вплив окремих компонентів суміші на вогнетривку футерівку металургійних агрегатів приводить до швидкого її руйнування і збільшення витрат на виробництво чавуна і сталі.

Найбільш близьким аналогом корисної моделі, що заявляється, є шлакоутворююча рафінувальна суміш для позапічної обробки сталі в ковші, що включає металевий алюміній Al_{met} оксид алюмінію

Al_2O_3 , оксид кремнію Si_2 і оксиди лужноземельних металів $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ [патент України № 50557, 2002 р.]. Крім того, суміш містить оксид магнію. Кількість компонентів у шлакоутворюючій рафінувальній суміші складає, мас. %:

алюміній Al_{met}	20-30
оксид алюмінію Al_2O_3	25-45
оксид калію K_2O	0,5
оксид натрію Na_2O	0,5
оксид кремнію і магнію	решта

При використанні цієї суміші не можливо досягти глибокого ступеня десульфурації розплаву заліза і видалення інших неметалічних включень і небажаних домішок.

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу позапічної обробки сталі в ковші, у якому за рахунок застосування шлакоутворюючої рафінувальної суміші удосконаленого складу буде забезпечене підвищення ефективності виплавки сталі.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб позапічної обробки сталі в ковші включає випуск розплаву зі сталеплавильного агрегату в ківш, подачу в ківш у процесі випуску розплаву шлакоутворюючої суміші і продувку розплаву нейтральним газом, при цьому в ківш подають шлакоутворюючу рафінувальну суміш наступного складу, мас. %:

металевий алюміній Al_{met}	8-18
оксид кремнію Si_2O	2-6
оксиди лужноземельних металів $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$	1-3
оксид кальцію CaO	10-55
оксид алюмінію Al_2O_3	18-53,

2%.

Включення до складу шлакоутворюючої рафінувальної суміші оксиду кальцію обумовлене тим, що оксид кальцію є активним компонентом, який вступає у взаємодію з розчиненою в металі сіркою, тим самим сприяє очищенню розплаву заліза від небажаних і шкідливих домішок. Крім того, оксид кальцію при виплавці високолегованих, вуглецевих і конструкційних сталей виконує роль модифікатора, який сприяє кристалізації структурних складових у здрібненій формі, що поліпшує механічні властивості металу. У присутності алюмінію оксид кальцію також сприяє зниженню вмісту неметалічних включень у сталі, наприклад її десульфурації. Зниження вмісту оксиду кальцію в суміші нижче 10% недоцільно, оскільки при цьому не забезпечується заданий ступінь десульфурації. Підвищення вмісту оксиду кальцію в суміші понад 55% також є недоцільним, оскільки приведе до підвищення температури плавлення шлаку, що утворюється, і зниженню його здатності до очищення розплаву заліза від небажаних і шкідливих домішок. Включення оксиду кальцію (вапна) дозволяє забезпечити десульфурацію, тобто видалення сірки з розплаву заліза. При цьому сіра міцно зв'язується в сульфід кальцію CaS і переходить у шлак. Такий склад суміші дозволяє забезпечити підвищення активності оксиду кальцію, що сприяє поліпшенню якісних характеристик металу за ра-

хунок більш ефективного очищення його розплаву від шкідливих домішок і неметалічних включень.

Металевий алюміній являє собою власне алюміній у технічно чистому виді. Алюміній розки-
слює рідкий розплав заліза, тобто видаляє кисень, а наявність оксиду алюмінію сприяє асиміляції неметалічних включень, що у свою чергу сприяє зниженню вмісту шкідливих домішок, наприклад сірки, кисню в розплаві заліза. За рахунок вибору різних співвідношень алюмінію та оксиду алюмінію можна регулювати процес шлакоутворення. Зниження вмісту алюмінію в суміші нижче 8% недоцільно, оскільки приводить до зниження здатності суміші до очищення розплаву від небажаних або шкідливих домішок. Крім того, при вмісті металевго алюмінію менш ніж 8% не досягається істотного прискорення шлакоутворення через недостатнє надходження тепла реакції окислювання алюмінію в зону активного шлакоутворення. Підвищення вмісту алюмінію в суміші понад 18% також є недоцільним, оскільки приводить до протікання процесу шлакоутворення з піротехнічним ефектом, що у свою чергу приводить до зниження рафінувальної здатності суміші. При вмісті в суміші оксиду алюмінію менш ніж 18% не забезпечується зниження в'язкості шлаку до значень, при яких відбувається істотне прискорення шлакоутворення. При вмісті в суміші оксиду алюмінію понад 53% відбувається збільшення в'язкості шлаку за рахунок його насичення тугоплавким глиноземом (Al_2O_3). Таким чином, включення до складу шлакоутворюючої рафінувальної суміші металевго алюмінію $Al_{мет}$ і оксиду алюмінію Al_2O_3 дозволяє забезпечити прискорення процесу шлакоутворення, що у свою чергу дозволяє підвищити ефективність металургійних процесів і знизити виробничі витрати.

Наявність у суміші оксиду кремнію SiO_2 у зазначених межах сприятливо позначається на рафінувальній здатності шлаку. Підвищення вмісту оксиду кремнію в суміші понад 6% приводить до збільшення в'язкості шлаку і до зниження його рафінувальної здатності.

Для підвищення рідкорухливості шлаку до складу суміші введені легкоплавкі компоненти: оксид натрію та оксид калію в кількості 1-3 мас.%. Зниження вмісту в суміші оксидів натрію і калію нижче 1% приводить до небажаного збільшення в'язкості шлаку, погіршенню умов плавлення суміші і підвищенню часу обробки розплаву заліза. Введення в суміш більш ніж 3% оксидів натрію і калію приводить до зниження температури розплаву в зоні реакції і зниженню ефективності його обробки шлакоутворюючою рафінувальною сумішшю.

Слід зазначити, що основний практичний ефект від використання шлакоутворюючої суміші такого складу полягає в підвищенні технологічної цінності вапна, що входить до складу суміші, тобто оксиду кальцію CaO , при десульфурзації металу, що забезпечується високим розріджувальним впливом на частки вапна оксиду алюмінію, а також оксидів натрію і калію.

Для виключення виникнення пожежонебезпечних ситуацій при виготовленні, збереженні і транспортуванні суміші необхідно, щоб її вологість не

перевищувала 2%. Крім того, при вологості суміші більш ніж 2% механічна міцність сформованих з неї брикетів зменшується і вони легко руйнуються в процесі збереження, транспортування та завантаження.

Переважним є підготовка компонентів суміші, при якій кожен компонент має однорідний фракційний склад. Для цього компоненти суміші піддають попередньому здрібнюванню до одержання основної фракції розміром менш ніж 20мм, після чого компоненти дозують і перемішують між собою. Така підготовка шлакоутворюючої рафінувальної суміші дозволяє підвищити її реактивну здатність у процесі нагрівання, розплавлювання і взаємодії з розплавом заліза. Крім того, однорідний фракційний склад компонентів і їх попереднє перемішування сприяє підвищенню активності як кожного окремого її компонента, так і сумарної активності компонентів у порівнянні з показниками, що досягаються при роздільному використанні компонентів шлакоутворюючої рафінувальної суміші.

Цим способом забезпечується високий рівень рафінування металевго розплаву за рахунок того, що вапно, яке входить до складу шлакоутворюючої суміші (оксид кальцію) забезпечує глибоку десульфуріацію розплаву. Це досягається за рахунок високого розріджувального впливу на частки вапна (оксиду кальцію) оксиду алюмінію та оксидів натрію і калію, а також утворення легкоплавких шлакових комплексів і асиміляцію неметалічних включень. Крім того, при подачі в ківш суміші зазначеного складу відбувається значне збільшення швидкості позапічної обробки сталі в ковші. При цьому шлакоутворююча суміш не містить компонентів, що володіють високою агресивністю до вогнетривкої футіровки металургійних агрегатів, за рахунок чого термін їх служби збільшується, а витрати на виробництво сталі - скорочуються.

Експериментальне встановлено, що найбільш оптимальний ефект при реалізації способу з використанням зазначеної шлакоутворюючої суміші досягається при витраті суміші 5-6 кг/т сталі.

Переважно, суміш готують попередньо шляхом гомогенізації кожного компонента за фракційним складом і перемішування компонентів між собою. За рахунок цього відбувається підвищення реактивної здатності шлакоутворюючої суміші в процесі нагрівання, розплавлювання і взаємодії компонентів суміші з металевим розплавом.

Ефективність шлакоутворюючої суміші у процесі позапічної обробки сталі в ковші ілюструється наступними прикладами.

Приклади 1-25.

Для визначення оптимального складу шлакоутворюючої суміші було проведено серію експериментів у процесі позапічної обробки сталі на установці "ківш-піч". Вважається, що склад шлакоутворюючої суміші, який виявився найбільш ефективним у цьому процесі, є універсальним і буде оптимальним і ефективним також і у інших металургійних процесах, що спрямовані на цілову нормалізацію складу металургійного продукту.

Шлакоутворюючу суміш приготували шляхом роздільного попереднього зневоднювання до вологості нижче 2% (при необхідності) і здрібнюван-

ня металевому алюмінію Al_{met} , оксиду кремнію SiO_2 , суміші оксидів лужноземельних металів K_2O+Na_2O (1:1), оксиду кальцію CaO і оксиду алюмінію Al_2O_3 до одержання такого фракційного складу кожного компонента, у якому кількість часток розміром менш ніж 20мм була не менш 90%. Після цього приготували шлакоутворюючу суміш 25 різних складів, зазначених у Таблиці 1, кожен з яких розфасували в поліетиленові мішки, зручні для використання.

Сталь марки AISI8620 піддали позапічній десульфурзації в 130-тонному ковші на установці

"ківш-піч". Після випуску металу з електропечі ківш установили на сталевіз і подали на установку "ківш-піч". На поверхню розплаву послідовно присаджували розфасовану в поліетиленові мішки шлакоутворюючу суміш, одночасно продували метал аргеном через дві пористі пробки в дніщі ковша. На всіх плавках шлакоутворюючу суміш вводили в кількості $(10 \pm 0,2)$ кг/т сталі.

Наприкінці кожної плавки вимірювали ступінь десульфурзації металу і масову частку сірки в сталі звичайними лабораторними методами. Отримані результати приведені нижче в Таблиці 1.

Таблиця 1

Приклад №	Склад шлакоутворюючої рафінувальної суміші для позапічної обробки сталі і показники десульфурзації металу					
	Масова частка компонентів шлакообразующей суміші, %					Ступінь десульфурзації металу, % (чисельник) і масова частка сірки в сталі після її обробки, %
	Металев. алюміній	Al_2O_3	K_2O+Na_2O	SiO_2	Оксид кальцію CaO	
1.	7,0	82,1	0,9	1,0	9,0	10,2/0,026
2.	8,0	79,0	1,0	2,0	10,0	18,3/0,027
3.	16,0	43,0	2,0	4,0	35,0	56,5/0,018
4.	18,0	18,0	3,0	6,0	55,0	46,3/0,012
5.	19,0	10,0	4,0	7,0	60,0	38,4/0,020
6.	7,0	82,1	0,9	1,0	9,0	9,5/0,028
7.	9,0	78,0	1,0	2,0	10,0	20,2/0,025
8.	15,0	44,0	2,0	4,0	35,0	51,8/0,015
9.	18,0	22,0	3,0	6,0	55,0	58,6/0,010
10.	19,0	10,0	3,4	6,8	58,0	43,4/0,027
11.	7,0	82,1	0,9	1,0	9,0	8,7/0,029
12.	8,0	79,0	1,0	2,0	10,0	14,3/0,028
13.	15,0	44,0	2,0	4,0	35,0	57,8/0,011
14.	18,0	18,0	3,0	6,0	55,0	61,3/0,010
15.	19,0	10,0	3,8	7,0	61,0	43,3/0,026
16.	7,0	82,1	0,9	1,0	9,0	9,8/0,027
17.	8,0	79,0	1,0	2,0	10,0	21,5/0,024
18.	16,0	53,0	2,0	4,0	35,0	55,2/0,018
19.	18,0	18,0	3,0	6,0	55,0	58,4/0,014
20.	20,0	9,0	3,4	6,6	60,0	35,6/0,020
21.	7,0	82,1	0,9	1,6	9,0	11,6/0,030
22.	8,0	79,0	1,0	2,0	10,0	18,4/0,026
23.	16,0	43,0	2,0	4,0	35,0	50,6/0,014
24.	18,0	18,0	3,0	6,0	55,0	56,4/0,012
25.	19,0	10,0	3,6	6,3	59,0	45,7/0,018

Аналіз отриманих даних показує, що прийнятний ступінь десульфурзації металу (не нижче 46,0%) при припустимій масовій частці сірки в металі після обробки (не більш 0,018%) був досягнутий в плавках 3, 4, 8, 9, 13, 14, 18, 19, 23 і 24, при яких застосовувалися шлакоутворюючі суміші, співвідношення компонентів у яких витримувалось в оптимальних межах. У плавках 1, 2, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 20, 21, 22 і 25 застосовувалися інші шлакоутворюючі суміші, співвідношення компонентів у яких виходило за оптимальні межі та у цих плавках спостерігалися як підвищений вміст сірки в металі, так і недостатня ступінь його десульфурзації.

Приклад 26. Позапічна обробка сталі в ковші на випуску плавки

Приготували шлакоутворюючу рафінувальну суміш, як описано в Прикладах 1-25, з наступним складом, мас. %:

металевий алюміній Al_{met}	14
оксид кремнію SiO_2	4
оксиди лужноземельних металів K_2O+Na_2O	2
оксид кальцію CaO	50
оксид алюмінію Al_2O_3	30

Після закінчення виплавки сталі в сталеплавильному агрегаті її перелили в ківш відповідної ємності. Сталь марки S235J2G3 піддали позапічній обробці в 175-тонному ковші на випуску плавки. У процесі випуску розплаву в ківш подавали попередньо підготовлену шлакоутворюючу рафінувальну суміш.

Шлакоутворюючу рафінувальну суміш помістили в бункер з феросплавами або спеціалізований бункер. Під час випуску розплаву для забезпечення ефективності обробки присаджування в ківш шлакоутворюючої рафінувальної суміші робили рівномірно, починаючи при наповненні ковша металом на 1/6-1/7 висоти і закінчували при наповненні його на 1/2 висоти. Одночасно метал у ко-

вші продували за звичайною технологією нейтральним газом. На всіх плавках кількість шлакоутворюючої рафінувальної суміші установлювали такою, щоб вона була в межах 5-6 кг/т сталі.

Наприкінці кожної плавки вимірювали ступінь десульфурації металу і масову частку сірки в сталі звичайними лабораторними методами. Отримані результати приведені нижче в Таблиці 2.

Таблиця 2

Показники обробки сталі в ковші на випуску плавки

Масова частка вуглецю в металі перед випуском, %	Температура металу перед випуском, °C	Витрата суміші, кг/т	Масова частка сірки в металі перед обробкою, %	Ступінь десульфурації металу, % (чисельник) і масова частка сірки в сталі після її обробки, %
0,10	1645	5,21	0,040	20,0/0,032
0,12	1645	5,02	0,037	18,9/0,030
0,15	1647	5,15	0,048	31,2/0,033
0,17	1642	5,01	0,045	28,9/0,032
0,16	1648	5,02	0,047	38,3/0,029
0,12	1652	5,41	0,046	23,9/0,035
0,15	1645	5,02	0,045	33,3/0,030
0,13	1642	5,21	0,048	37,5/0,030
0,15	1645	5,02	0,052	42,3/0,030
0,18	1648	5,21	0,045	40,0/0,027
0,18	1646	5,05	0,050	46,0/0,027
0,16	1645	5,21	0,045	42,2/0,026
0,22	1644	5,02	0,042	23,8/0,032
0,17	1645	5,02	0,047	25,5/0,035
0,12	1642	5,46	0,048	37,5/0,030
0,13	1647	5,21	0,043	18,6/0,035
0,16	1648	5,21	0,044	27,3/0,032
0,14	1645	5,25	0,046	30,4/0,032
0,15	1642	5,23	0,050	36,0/0,032
0,17	1645	5,21	0,048	20,8/0,028
0,18	1644	5,21	0,040	25,0/0,030
0,16	1648	5,05	0,045	37,8/0,028
0,11	1644	5,21	0,050	32,0/0,034
0,09	1645	5,02	0,048	20,8/0,038
0,15	1646	5,02	0,046	26,1/0,034

Аналіз отриманих даних показує, що при використанні шлакоутворюючої рафінувальної суміші для обробки металу в ковші на випуску плавки досягається стабільне повторення очікуваного результату по ступені десульфурації металу і вмісту сірки.

Таким чином, корисна модель, що заявляється дозволяє підвищити ефективність виплавки сталі при позапічній обробці сталі в ковші за рахунок використання шлакоутворюючої суміші з оптимально підібраним складом компонентів.