



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18162 (13) U
(51) МПК
C21C 5/54 (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 УСТАНОВЦІ "КІВШ-ПІЧ"

1

(21) u200608881

(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 позапічної обробки сталі в установці «ківш-піч», що включає випуск розплаву з печі в ківш, подачу в ківш у процесі випуску розплаву шлакоутворюючої суміші і продувку розплаву нейтральним газом, який **відрізняється** тим, що в

2

розплав вводять 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	22-53

у кількості 5-11кг/т сталі при вологості не більш 2%.

2. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що суміш вводять у розплав 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 ви-

робництва, 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. При позапічній обробці сталі на установці «ківш-піч» широко застосовуються шлакоутворюючі матеріали, в якості яких використовують вапно і плавиковий шпат. Однак використання такої суміші шлакоутворюючих матеріалів не забезпечує необхідний рівень десульфурзації сталі. Крім того, виникає необхідність додаткового розкислення шлакового розплаву. При використанні такої суміші шлаковий розплав поза плавильним агрегатом охолоджується настільки швидко, що не вдається повноцінно завершити процес рафінування металу. Нарешті, вплив окремих компонентів суміші на вогнетривку футерівку металургійних агрегатів приводить до швидкого її руйнування і збільшення витрат на виробництво чавуна і сталі. Тому є актуальною потреба в шлакоутворюючій рафінувальній суміші такого хімічного і фракційного складу, що забезпечить високий рівень десульфурзації сталі, а також видалення інших шкідливих або небажаних домішок.

Відома шлакоутворююча суміш, яка містить

(19) UA (11) 18162 (13) U

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, 2005р.]. 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 і 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.

Відома шлакоутворююча суміш для позапічної обробки сталі в установках «ківш-піч», що включає металевий алюміній Al_{met} оксид алюмінію Al_2O_3 , оксиди лужноземельних металів $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ і вапно [патент України №51019, 2001р.]. Крім того, суміш додатково включає плави́ковий шпат. Кількість компонентів у шлакоутворюючій суміші складає, мас. %:

алюміній Al_{met}	1,0-3,0;
оксид алюмінію Al_2O_3	1,5-5,4;
оксид калію K_2O і оксид натрію Na_2O	0,06-1,3,
плави́ковий шпат	4,0-15,0,
вапно	решта.

Недоліком описаної суміші для позапічної обробки сталі в установках «ківш-піч» є наявність у ній плави́кового шпату, що не дозволяє забезпечити необхідний рівень рафінування сталі та обмежує можливість одержання сталі високої якості. Крім того, плави́ковий шпат впливає на сталеплавильне обладнання, що приводить до збільшення витрат на виробництво сталі.

Найбільш близьким аналогом корисної моделі, що заявляється, є шлакоутворююча рафінувальна суміш, 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, 2002р.]. 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 десульфурзації розплаву заліза і видалення інших неметалічних включень і небажаних домішок.

В основу корисної моделі поставлена задача є створення способу позапічної обробки сталі в установці «ківш-піч», у якому за рахунок застосування шлакоутворюючої рафінувальної суміші

удосконаленого складу буде забезпечене підвищення ефективності позапічної обробки сталі в установках типу «ківш-піч».

Наступна поставлена задача вирішується тим, що спосіб позапічної обробки сталі в установці «ківш-піч» включає випуск розплаву з печі в ківш, подачу в ківш у процесі випуску розплаву шлакоутворюючої суміші і продувку розплаву нейтральним газом, при цьому в ківш подають шлакоутворюючу суміш наступного складу, мас. %:

металевий алюміній Al_{met}	8-18
оксид кремнію SiO_2	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,
у кількості 5-11 кг/т сталі при вологості не більш 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 десульфурзації. Зниження вмісту оксиду кальцію в суміші нижче 10% недоцільно, оскільки при цьому не забезпечується заданий ступінь десульфурзації. 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 десульфуріацію, 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 рахунок більш ефективного очищення його розплаву від шкідливих домішок і неметалічних включень.

Металевий алюміній являє собою власне алюміній у технічно чистому виді. Алюміній розкиплює 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 металевих 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% та-

кож 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 металевого алюмінію Al_{met} 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 1-3мас.%. 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.

Переважає 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.

Переважає виконання шлакоутворюючої рафінувальної суміші з наступним фракційним складом компонентів, %:

$\leq 20,0\text{мм}$	≤ 90
$> 20,0\text{мм}$	решта.

Такий фракційний склад компонентів суміші є оптимальним з погляду фізико-хімічних закономірностей процесів їх засвоєння. Відхилення фракційного складу убик 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.

У цьому способі процес розплавлювання твердих шлакоутворюючих матеріалів і процес розкислення шлакового розплаву, що утворюється, відбуваються одночасно, що дозволяє знизити тривалість позапічної обробки сталі і питому витрату електроенергії. Крім того, такий хімічний і фракційний склад суміші забезпечує одержання сталі високої якості.

Експериментально встановлено, що найбільш оптимальний ефект при реалізації способу з використанням зазначеної шлакоутворюючої суміші досягається при витраті суміші 5-11кг/т сталі.

Переважає, 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 на установці «ківш-піч» ілюструється наступними прикладами.

Приклади 1-25. Позапічна обробка сталі на установці «ківш-піч»

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 цільову нормалізацію складу металургійного продукту.

Шлакоутворюючу суміш приготували шляхом роздільного попереднього зневоднювання до вологості нижче 2% (при необхідності) і здрібнювання металевого 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, кожному з яких розфасували в поліетиленові мішки, зручні для завантаження в установку «ківш-піч».

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 розплавлу послідовно при-
саджували розфасовану в поліетиленові мішки
шлакоутворюючу суміш, одночасно продували
метал аргонном через дві пористі пробки в днищі
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 стал в установці «ківш-піч» і показники десульфурзації металу					
	Масова частка компонентів шлакооб			разующей суміші, %		Ступінь десульфурзації металу, % (чисельник) і масова частка сірки в сталі після її обробки, %
	Металев. алюміній	Al ₂ O ₃	K ₂ O+Na ₂ O	SiO ₂	Оксид ка- льцію 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 прийнят-
ний ступінь десульфурзації металу (не нижче
46,0%) при припустимій масовій частці сірки в ме-
талі після обробки (не більш 0,018%) був досягну-
тий 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 ком-

понентів у яких виходило за оптимальні межі та у
цих плавках спостерігалися як підвищений вміст
сірки в металі, так і недостатня ступінь його десу-
льфурзації.

Таким чином, корисна модель, що заявляється
дозволяє підвищити ефективність виплавки сталі
при позапічній обробці сталі на установках «ківш-
піч» за рахунок використання шлакоутворюючої
суміші з оптимально підібраним складом compone-
нтів.