



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18163 (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 КИСНЕВО-КОНВЕРТОРНОЇ ВИПЛАВКИ СТАЛІ

1

(21) u200608882

(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 киснево-конверторної виплавки сталі, що включає завантаження металобрухту в конвертер, заливання рідкого чавуну, порційне присадкування в конвертор з розплавом шлакоутворюючої суміші, продувку киснем, який

2

відрізняється тим, що в конвертер 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 15-25 кг/т сталі при вологості не більше 2 %.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що суміш вводять у конвертер 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 реалізації киснево-конверторної виплавки сталі по ходу технологічного циклу плавки в конвертер порційно присаджують шлакоутворюючі матеріали, у якості яких найчастіше використовують вапно і плавиковий шпат. Однак застосування шлакоутворюючої суміші з зазначеними компонентами приведе до викидів і виносів шлако-металевої емульсії. Тому в даний час є тенденція до створення такої шлакоутворюючої рафінувальної суміші, яка дозволить істотно знизити викид і винос шлако-металевої емульсії в процесі киснево-конверторної виплавки сталі, дозволить підвищити якість за рахунок більш глибокого очищення розплаву заліза від небажаних домішок. Крім того, важливим для зниження матеріальних витрат на виробництво чавуна і сталі є можливість використання однієї шлакоутворюючої суміші з оптимальним хімічним складом компонентів для різних способів і етапів виробництва чавуна і сталі.

Відома шлакоутворююча суміш, яка містить оксид кальцію CaO , металевий алюміній Al_{met} , ок-

(19) UA (11) 18163 (13) U

сиди лужноземельних металів K_2O+Na_2O 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.

Відомий спосіб киснево-конвертерної плавки, що включає завантаження металобрухту в конвертер, заливання рідкого чавуна, порціонну присадку в конвертер з розплавом шлакоутворюючої суміші [патент РФ №2228366, 2004р.]. Крім того, спосіб включає порціонне присаджування марганцевміщуючих оксидних матеріалів і вуглецевмісних матеріалів. У якості шлакоутворюючого матеріалу використовують свіжеобпалене вапно. У якості марганцевміщуючих оксидних матеріалів використовують кускову руду, концентрат, агломерат переважно фракційної сполуки 20-50мм, а в якості вуглецевмісних матеріалів застосовують кокс, вугілля, карбід кремнію, карбід кальцію або їх сполучення.

Недоліком описаного способу є використання великої кількості різних компонентів, велика витрата марганцевих феросплавів на виробництво сталі, а також недостатній ступінь десульфурзації сталі, що у свою чергу не дозволяє одержати готовий продукт високої якості.

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 K_2O+Na_2O [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 створення способу киснево-конвертерної виплавки сталі, у якому за рахунок застосування шлакоутворюючої рафінувальної суміші удосконаленого складу буде забезпечено підвищення ефективності виплавки киснево-конвертерної сталі.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб киснево-конвертерної виплавки сталі включає

завантаження металобрухту в конвертер, заливання рідкого чавуна, порціонну присадку в конвертер з розплавом шлакоутворюючої суміші і продувку киснем, при цьому в конвертер 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	18-53,
у кількості 15-25кг/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 розкислює 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% 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 $\text{Al}_{\text{мет}}$ 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 1-3мас.%. 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.

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.

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

$\leq 20,0\text{мм}$

$> 20,0\text{мм}$

≤ 90

решта.

Такий фракційний склад компонентів суміші є оптимальним з погляду фізико-хімічних закономірностей процесів їх засвоєння. Відхилення фракційного складу у бік дрібнодисперсних часток не доцільно, тому що вимагає додаткових витрат, але не дає помітного ефекту. Збільшення вмісту великодисперсних часток приводить до збільшення часу наведення шлаку, тобто також є невиправданим.

У цьому способі шлакоутворююча суміш забезпечує ефективне формування технологічного шлаку на початку кисневої продувки металевго ванни, помітне зниження викидів і виносу шлакометалевої емульсії і зниження витрат на виробництво сталі киснево-конвертерною плавкою при значному підвищенні якісних характеристик металу.

Експериментально встановлено, що найбільш оптимальний ефект при реалізації способу з використанням зазначеної шлакоутворюючої суміші досягається при витраті суміші 15-25кг/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 киснево-конвертерної виплавки сталі 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 металевго алюмінію $\text{Al}_{\text{мет}}$, оксиду кремнію SiO_2 , суміші оксидів лужноземельних металів $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ (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 сталевізі і подали на установку «ківш-піч». На поверхню розплаву послідовно присаджували 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 десульфурації 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 в установці «ківш-піч» і показники десульфурації металу					
	Масова частка компонентів шлакооб			разующей суміші, %		Ступінь десульфурації 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 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 прийнятий ступінь десульфурації 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 десульфурації.

Приклад 26. Киснево-конверторна виплавка сталі.

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 ₂ O+Na ₂ O	2
оксид кальцію CaO	35
оксид алюмінію Al ₂ O ₃	45

У 160-тонний конвертер завантажили металобрухт, залили рідкий чавун і почали продувку киснем. На початку продувки в конвертер вводили попередньо підготовлену шлакоутворюючу рафінувальну суміш у кількості від 15 до 25 кг/т сталі. Суміш вводили в поліетиленових мішках або, після попереднього брикетування, у виді брикетів.

По ходу плавки контролювали основні параметри процесу, що порівнювали з аналогічними показниками, отриманими раніше на плавках, у яких не застосовувалася така шлакоутворююча рафінувальна суміш. Отримані результати приведені нижче в Таблиці 2.

Таблиця 2

Показники використання шлакоутворюючої рафінувальної суміші
у киснево-конверторній плавці (чисельник без присаджування суміші / знаменник із присаджуванням суміші)

Темп-ра пова- лки, °С	Тривалість продувки, хв	Масова частка вуглецю, %	Масова частка сірки, %	Масова частка фосфору, %	СаО в шлаку, %	SiO ₂ у шлаку, %	Основність шлаку
1612/1605	20/18	0,045/0,052	0,047/0,044	0,015/0,012	48,3/48,9	19,4/18,9	2,48/2,58
1610/1605	21/19	0,042/0,058	0,042/0,042	0,014/0,011	47,5/48,1	19,2/19,1	2,47/2,52
1611/1606	20/19	0,044/0,058	0,041/0,040	0,016/0,012	46,7/48,2	18,9/18,5	2,47/2,61
1612/1609	19/18	0,043/0,052	0,044/0,040	0,015/0,011	47,9/48,3	19,1/18,7	2,51/2,58
1615/1611	20/19	0,045/0,056	0,042/0,039	0,014/0,010	48,7/48,9	19,2/18,8	2,53/2,60
1614/1610	21/18	0,044/0,055	0,044/0,041	0,013/0,011	46,9/48,2	18,8/18,5	2,49/2,61
1610/1608	20/18	0,042/0,053	0,046/0,043	0,016/0,013	46,4/48,6	18,9/18,4	2,45/2,64
1612/1609	21/19	0,041/0,051	0,043/0,040	0,015/0,012	47,7/48,7	19,2/18,7	2,48/2,60
1616/1611	20/18	0,040/0,055	0,046/0,042	0,014/0,010	46,6/48,5	19,1/18,8	2,44/2,58
1612/1608	20/18	0,045/0,054	0,042/0,038	0,015/0,013	48,7/48,8	19,9/19,2	2,45/2,54
1610/1605	21/19	0,043/0,053	0,041/0,039	0,016/0,014	48,8/48,9	18,7/18,5	2,61/2,64
1613/1606	19/18	0,042/0,054	0,040/0,037	0,012/0,010	48,7/48,8	18,8/18,3	2,59/2,67
1611/1606	20/18	0,044/0,056	0,042/0,039	0,013/0,011	47,9/48,2	19,4/19,3	2,47/2,49
1612/1609	21/19	0,045/0,051	0,044/0,041	0,015/0,013	46,4/48,4	19,2/18,9	2,42/2,56
1610/1605	20/18	0,046/0,054	0,041/0,037	0,014/0,011	48,6/48,6	18,9/18,5	2,57/2,63
1613/1606	20/18	0,045/0,052	0,042/0,039	0,016/0,012	48,5/48,5	19,8/19,5	2,45/2,48

Аналіз отриманих даних показує, що при вико-
ристанні шлакоутворюючої рафінувальної суміші
для наведення технологічного шлаку в кисневому
конверторі по ходу виплавки сталі досягається
скорочення тривалості перших операцій, поліп-
шення показників по вмісту вуглецю, сірки і фос-
фору в сталі, а також якісних показників шлаку, що

забезпечує скорочення тривалості плавки в кисне-
вому конверторі і поліпшення якості сталі.

Таким чином, корисна модель, що заявляється
дозволяє підвищити ефективність киснево-
конверторної виплавки сталі, за рахунок викорис-
тання шлакоутворюючої суміші з оптимально піді-
браним складом компонентів.