



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18165 (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 ОБРОБКИ ЧАВУНУ В ЧАВУНОВІЗНОМУ КОВШІ

1

2

(21) u200608884

(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 обробки чавуну в чавуновізному ковші, що включає готування розплаву в металургійному агрегаті, його термочасову обробку в цьому агрегаті, введення в розплавлений чавун у процесі його випуску з металургійного агрегату в ківш шлакоутворювальної суміші, наступне охолодження і випуск розплаву, який **відрізняється** тим, що в

ківш вводять шлакоутворювальну 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 1,5-2,5 кг/т чавуну при вологості не більше 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 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. При реалізації різних способів обробки чавуна в чавуновізному ковші використовують різні суміші для обробки чавуна, у тому числі, застосовують обробку магнієм. Однак для такої обробки необхідна організація додаткового відділення для рафінування чавуна, що у свою чергу вимагає великих матеріальних витрат на утримання обладнання. Використання інших способів обробки чавуна найчастіше викликає ускладнення технологічного процесу, наприклад, вимагає проведення обробки чавуна в кілька етапів, що у свою чергу обумовлює використання більшої кількості різних компонентів, підвищення витрат на виробництво чавуна і утримання обладнання. Також розповсюдженим є використання твердих шлакоутворюючих сумішей, до складу яких входять вапно і плавиковий шпат. Однак і такі суміші володіють рядом істотних недоліків, обумовлених їх хімічним, мінералогічним і фракційним складом, одним із яких є відсутність можливості

(13) U

(11) 18165

(19) UA

контролю ступеня рафінування розплаву. Крім того, 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. Виходячи з цього, у даний час є потреба у такій шлакоутворюючій рафінувальній суміші для обробки чавуна, використання якої дозволило б підвищити якість одержуваних продуктів за рахунок більш глибокого очищення розплаву заліза від небажаних домішок, спростити технологічний процес обробки і знизити витрати на виробництво чавуна і утримання обладнання.

Відома шлакоутворююча суміш, 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, 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 обробки чавуна в ковші, що включає готування розплаву в металургійному агрегаті, його термочасову обробку в цьому агрегаті, введення в розплавлений чавун у процесі його випуску з металургійного агрегату в ківш шлакоутворюючої суміші, що включає кальцієвмісні і/або алюмінієвмісні реагенти в кількості, що відповідає вмісту сірки в розплаві, а також наступне охолодження і випуск розплаву [патент РФ №2096484, 1997р.]. Спосіб характеризується також наявністю другої фази обробки, коли в розплав вводять щонайменше один знесірчувальний реагент у кількості, що відповідає вмісту сірки в розплаві. Під час третьої фази обробки в розплав вводять кальцієвмісні реагенти.

Основним недоліком описаного способу є його складність, оскільки реалізація способу вимагає здійснення декількох етапів, а також використання великої кількості реагентів.

Найбільш близьким аналогом корисної моделі, що заявляється, є шлакоутворююча рафінувальна суміш, що включає металевий алюміній Al_{met} оксид алюмінію Al_2O_3 , оксид кремнію SiO_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 десульфурації розплаву заліза і видалення інших неметалічних включень і небажаних домішок.

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

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб обробки чавуна в чавуновізному ковші включає готування розплаву в металургійному агрегаті, введення в розплавлений чавун у процесі його випуску з металургійного агрегату в ківш шлакоутворюючої суміші, наступне охолодження і випуск розплаву, при цьому в розплавлений чавун вводять шлакоутворюючу рафінувальну суміш наступного складу, ваг. %:

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 1,5-2,5кг/т чавуна 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 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 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 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 $\text{Al}_{\text{мет}}$ 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 десульфурації 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 фрак-

ційний 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, %:

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

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

У цьому способі знесірчення чавуна та асиміляція неметалічних включень здійснюється шлаковим рафінувальним розплавом, що розподіляється по всьому дзеркалу рідкого чавуна і має розвинену контактну реакційну поверхню між рідким чавуном і активними частками суміші. При цьому рафінувальний шлак, що утворюється, перешкоджає ресульфурації передільного чавуна, володіє високою теплоізоляційною здатністю, за рахунок чого знижується утворення охолодей чавуна в чавуновізних ковшах при транспортуванні його з доменного цеху в сталеплавильний цех, що дозволяє значно знизити втрати рідкого чавуна, а також дозволяє збільшити термін служби чавуновізних ковшів.

Використання суміші з таким складом дозволяє одержати в чавуновізному ковші шлаковий розплав, що забезпечує здійснення процесів рафінування металів. Крім того, наявність у суміші оксидів лужноземельних металів $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ приводить до зниження температури ліквідусу у вапняно-сілікатних шлаках і до підвищення рідкорухливості шлаку і його активності, що значно прискорює процес одержання кінцевого продукту.

Експериментально встановлено, що найбільш оптимальний ефект при реалізації способу з використанням зазначеної шлакоутворюючої суміші досягається при витраті суміші 1,5-2,5кг/т чавуна.

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 обробки чавуна в чавуновізному ковші ілюст-

рується 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, кожен 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 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 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 в установці "ківш-піч" 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. Обробка чавуна в чавуновізному ковші.

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

металевий алюміній Al_{met}	16
оксид кремнію SiO_2	6
оксиди лужноземельних металів K_2O+Na_2O	2
оксид кальцію CaO	25
оксид алюмінію Al_2O_3	50
У металургійному агрегаті здійснювали приго-	

тування розплаву і термочасову обробку розплаву. Під час випуску доменної плавки в чавуновізний ківш під струмину металу присаджували шлакоутворюючу рафінувальну суміш у межах від 1,5 до 2,5 кг/т чавуна.

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 обробки чавуна в чавуновізному ковші під час випуску доменної плавки				
Масова частка сірки в чавуні в льотки ДП, %	Температура чавуна перед присаджуванням суміші, °C	Витрата суміші, кг/т	Масова частка сірки в чавуні по міксері без присаджування суміші (чисельник) і з присаджуванням суміші, %	Ступінь ресульфурзації чавуна без присаджування суміші (чисельник) і з присаджуванням суміші, %
0,029	1465	1,55	0,040/0,032	0,011/0,003
0,035	1465	1,62	0,046/0,040	0,011/0,005
0,025	1467	1,56	0,037/0,030	0,012/0,005
0,032	1462	1,75	0,042/0,035	0,010/0,003
0,028	1465	2,11	0,040/0,032	0,012/0,004
0,032	1468	2,15	0,045/0,036	0,013/0,004
0,045	1455	1,85	0,058/0,048	0,013/0,003
0,032	1468	1,58	0,045/0,035	0,013/0,003
0,036	1465	1,64	0,044/0,040	0,012/0,004
0,032	1460	1,52	0,042/0,038	0,010/0,006
0,028	1468	1,57	0,034/0,029	0,006/0,001
0,030	1455	1,62	0,038/0,032	0,008/0,002
0,038	1460	2,24	0,046/0,042	0,008/0,004
0,025	1475	1,84	0,034/0,032	0,009/0,007
0,029	1465	1,58	0,035/0,031	0,006/0,002
0,032	1460	1,74	0,042/0,038	0,010/0,006
0,030	1468	1,75	0,042/0,036	0,012/0,006
0,030	1466	1,82	0,041/0,036	0,011/0,006
0,031	1462	1,57	0,046/0,038	0,015/0,007
0,028	1468	2,04	0,035/0,032	0,007/0,004
0,032	1465	1,56	0,042/0,038	0,010/0,006
0,035	1465	2,22	0,046/0,042	0,011/0,007
0,027	1475	1,58	0,036/0,032	0,009/0,005
0,046	1445	2,34	0,052/0,042	0,006/-0,004
0,032	1455	1,72	0,046/0,034	0,016/0,002

Аналіз отриманих даних показує, що при обробці чавуна в чавуновізному ковші з використанням шлакоутворюючої рафінувальної суміші зменшується ступінь ресульфурзації сірки в чавун, що забезпечує поліпшення якості чавуна і підвищує ефективність виплавки чавуна.

Таким чином, корисна модель, що заявляється дозволяє підвищити ефективність виплавки чавуна за рахунок обробки чавуна в чавуновізному ковші за рахунок використання шлакоутворюючої суміші з оптимально підібраним складом компонентів.