



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18173 (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) КОМПОЗИЦІЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ШЛАКОВОГО РЕЖИМУ ВИПЛАВКИ СТАЛІ

1

(21) u200609132

(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. Композиція для оптимізації шлакового ре-
жиму виплавки сталі, що включає карбід кремнію
SiC, оксиди лужноземельних металів K_2O+Na_2O і
оксид алюмінію Al_2O_3 , яка **відрізняється** тим, що
додатково містить металевий алюміній Al_{met} і ме-

2

талевий кремній Si_{met} при наступному співвідно-
шенні компонентів композиції, мас. %:

карбід кремнію SiC	5-15
оксиди лужноземельних металів K_2O+Na_2O	1-3
металевий алюміній Al_{met}	15-30
металевий кремній Si_{met}	5-15
оксид алюмінію Al_2O_3	37-74.

2. Композиція за п.1, яка **відрізняється** тим, що
має наступний фракційний склад компонентів, %:

20,0мм і менше	≥90
більше 20,0 мм	решта.

Корисна модель відноситься до чорної металургії, конкретно до сталеплавильного виробництва і може бути використана для підвищення ефективності виробництва сталі в основних плавильних агрегатах, а також підвищення ефективності позапичної обробки сталі.

Чорна металургія є галуззю важкої промисловості, яка виробляє чорні метали, а саме чавун, сталь, прокат, доменні феросплави, металеві порошки чорних металів і 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, достатньо швидко стає непридатним внаслідок агресивного впливу факторів виробництва. У зв'язку з розвитком нових галузей техніки потрібна була сталь, що має високу чистоту. Наприклад, у жароміцних сталях, що широко застосовуються в ракетобудуванні, неприпустима навіть незначна домішка свинцю або сірки. Для забезпечення високої якості одержуваного продукту в металургії використовують шлакоутворюючі матеріали, що дозволяють очистити розплав заліза від небажаних або шкідливих домішок, а також сприяють прискоренню процесів шлакоутворення і скороченню часу виплавки сталі. Однак найчастіше шлакоутворюючі матеріали, що використовуються в даний час, внаслідок недосконалості їх

хімічного і фракційного складу мають обмежену здатність підвищення якості одержуваного продукту. При їх застосуванні зберігаються агресивні фактори виробництва, що негативно впливає на ресурс роботи обладнання, а витрати на виробництво сталі залишаються досить високими. Тому часто одночасно зі шлакоутворюючими матеріалами додатково використовують композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, що у металургії являють собою матеріали, переважно мінерального походження, які сприяють утворенню шлаку, збільшенню швидкості його утворення, а також регулюванню його складу, зокрема зв'язуванню порожньої породи або руди продуктів розкислення металу.

Найбільш розповсюдженими в даний час є шлакоутворюючі матеріали, у якості яких застосовують вапно, плавиковий шпат або боксит, а також марганцевмісні речовини. Однак зазначені матеріали не є універсальними, а існуючі методи їх використання не можуть забезпечити задану стабілізацію 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, використання зазначених матеріалів не дозволяє цілком використовувати рафінувальний потенціал шлакової фази, що і приводить до підвищеної витрати вапна і плавикового шпату.

Виходячи з цього, у сучасній металургії є актуальна потреба в композиціях для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, що будуть мати

(19) UA (11) 18173 (13) U

такий хімічний і фракційний склад, при якому мінімізується агресивний вплив компонентів композиції на металургійне обладнання, і підвищується якість одержуваних продуктів за рахунок більш глибокого очищення розплаву заліза від небажаних домішок. Крім того, для цілей зниження матеріальних витрат на виробництво сталі переважним є використання однієї універсальної композиції, придатної для оптимізації шлакового режиму виплавки для різних способів виробництва сталі.

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.

Одним із широко розповсюджених способів є киснево-конверторна виплавка сталі. Звичайно в цьому способі виплавки сталі в якості шлакоутворюючого матеріалу використовують вапно, плавиковий шпат і боксит, що порціонно присаджують по ходу технологічного циклу плавки. Недоліком використання таких шлакоутворюючих матеріалів є складність визначення оптимальної кількості шлакоутворюючих матеріалів для забезпечення необхідної якості одержуваного продукту. У результаті поведінка шлакової фази в процесі засвоєння вапна стає невизначеною, що вимагає коректування складу шлаку для кожної конкретної плавки по ходу технологічного процесу, що ускладнює і сповільнює процес виплавки сталі.

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 зневуглецювання металеві ванни для кожної конкретної плавки.

В електродуговому способі виплавки сталі в якості шлакоутворюючих матеріалів найчастіше застосовуються вапно і плавиковий шпат. При використанні тільки цих матеріалів відсутня можливість ефективного регулювання процесів шлакоутворення, які значним чином впливають на загальні термодинамічні і теплообмінні процеси виплавки сталі.

При позапечній обробці сталі в сталерозливному ковші в ході випуску металу зі сталеплавильних агрегатів найчастіше використовують такі шлакоутворюючі матеріали як вапно, плавиковий шпат, а також вторинний кусковий алюміній. При такому наборі шлакоутворюючих матеріалів відсутня можливість ефективного регулювання процесів шлакоутворення, що значно впливає на загальні термодинамічні і теплообмінні процеси рафінування сталі по вмісту сірки та інших неметалічних включень.

У відомих способах позапечної обробки сталі на установках типу «ківш-піч» використовують такі шлакоутворюючі матеріали як вапно, плавиковий шпат і різні вуглецевмісні матеріали. Недоліками використання такого складу шлакоутворюючих

матеріалів є те, що до моменту розплавлювання і засвоєння вапна і плавикового шпату відсутня можливість ефективного регулювання процесів шлакоутворення, а також розкислення шлакового розплаву для формування рафінувального шлаку, що значно впливає на загальні термодинамічні і теплообмінні процеси позапечної обробки сталі на установках типу «ківш-піч».

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.

Відома композиція для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, яка використовується для реалізації способу киснево-конверторної виплавки сталі, [патент РФ №2228366, 2004р.]. Вказана композиція являє собою алюмінієвмісні відходи, а також вуглецевмісні матеріали.

Основним недоліком зазначеної композиції є те, що зазначений склад композиції не забезпечує підвищення рафінувального потенціалу розпавленої шлакової фази і прискорення активізації основних хімічних компонентів шлакового розплаву, що у свою чергу не забезпечує високої якості одержуваного продукту.

Відома композиція для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, яка використовується для реалізації способу виплавки сталі в мартенівській печі [заявка РФ на винахід №98102666, 1999р.]. Вказана композиція являє собою суміш із залізівмісної сировини, вугілля, а також вапняку і плавикового шпату в якості шлакоутворюючих матеріалів.

В даному 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.

Відома композиція для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, яка використовується для реалізації електродугового способу виплавки сталі [патент РФ №2114920, 1998р.]. У якості вказаної композиції використовують вуглецевмісний комплексний флюс на феритно-кальцієвій основі.

Використання композиції зі вказаним складом не сприяє розкисленню металевого розплаву до необхідного рівня. Також відсутня можливість забезпечення достатньо високого рівня десульфурзації сталі, що у свою чергу не дозволяє забезпечити високу якість одержуваного продукту.

Відома композиція для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі для позапічної обробки сталі [патент РФ №2138563, 1999р.]. У процесі випуску розплаву в ківш при реалізації даного способу здійснюють також подачу феросплавів, навуглицьовувача і розкиснювача. У якості розкиснювача використовують гранульований алюміній з витратою 0,4-2,0кг/т металу. Вказана композиція включає вапно і плавиковий шпат із загальною витратою 4,2-15,0кг/т металу і співвідношенням компонентів 3,5/1-4,5/1.

Основним недоліком використання вказаної композиції є відсутність можливості ефективного регулювання процесів шлакоутворення, які значним чином впливають на загальні термодинамічні і теплообмінні процеси рафінування сталі по вмісту сірки і неметалічних включень.

Відома композиція для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі для позапічної обробки сталі в установках «ківш-піч», що включає оксид алюмінію Al_2O_3 і оксиди лужноземельних металів K_2O+Na_2O [патент України №51019, 2001р.]. Композиція вводиться одночасно з вапном і плавиковим шпатом.

При використанні цієї композиції до моменту розплавлювання і засвоєння вапна і плавикового шпату відсутня можливість ефективного регулювання процесів шлакоутворення, а також розкислення шлакового розплаву для швидкого формування рафінувального шлаку, що значно впливає на загальні термодинамічні і теплообмінні процеси позапічної обробки сталі на установках типу «ківш-піч».

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.

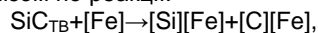
В основу корисної моделі поставлена задача створення композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, що забезпечує оптимізацію хімічного складу і підвищення ступеня використання рафінувального потенціалу шлакової фази шляхом прискорення активізації основних хімічних компонентів шлакового розплаву, а також швидкого формування активної шлакової фази з заданими властивостями.

Поставлена задача вирішується тим, що композиція для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі включає карбід кремнію SiC, металевий алюміній Al_{met} і оксид алюмінію Al_2O_3 , при цьому композиція додатково включає оксиди лужноземельних металів K_2O+Na_2O і металевий кремній Si_{met} при наступному співвідношенні компонентів композиції, мас. %:

карбід кремнію SiC	5-15
оксиди лужноземельних металів K_2O+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 сталевих ванн.

Зазначена особливість взаємодії карбіду кремнію впливає на механізм розподілу кисню між металевою і шлаковою фазами і регулює швидкість зневуглицювання металевої 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 сталевих ванн 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 металевих 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 металевих 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 металевому 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 металевому алюмінію Al_{met} і зниження рафінувального потенціалу шлакової фази. Збільшення вмісту кремнію понад 15% є недоцільним, оскільки може привести до уповільнення реакції окислювання металевому 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 законами рівноваги 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 невиправданим.

Ефективність використання зазначеної композиції для підвищення ефективності виплавки сталі при киснево-конверторній виплавці сталі, виплавці сталі в мартенівській печі, електродуговому способі виплавки сталі, при позапечній обробці сталі, у тому числі в ковші та в установках типу «ківш-піч», ілюструється наступними прикладами.

Приклад 1

Киснево-конверторна виплавка сталі.

Здійснюють завантаження металобрухту в конвертер. Одночасно з розрахунковою кількістю металобрухту в конвертер здійснюють завантаження композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі в м'якому одноразовому контейнері типу «Біг-Бег». Композиція включає, мас. %:

карбід кремнію SiC 8
оксиди лужноземельних металів 1,7
 K_2O+Na_2O
металевий алюміній Al_{met} 21
металевий кремній Si_{met} 5
оксид алюмінію Al_2O_3 64,3

Компоненти композиції, що завантажуються, мають наступний фракційний склад:

20,0мм і менше 92,5%
більш 20,0мм решта

Потім у конвертер здійснюють заливання чавуна.

Далі здійснюють продувку розплаву киснем. Подачу в конвертер шлакоутворюючих матеріалів, у якості яких використовують вапно і плавиковий шпат, здійснюють за встановленою технологією.

Кількість композиції, що вводиться, варіювали від 2,5 до 5,5кг/т сталі.

Таблиця 1

Показники використання композиції в киснево-конверторній плавці
(чисельник без використання композиції/знаменник з використанням композиції)

Витрати чавуна, кг/т сталі	Витрати композиції, кг/т сталі	Витрати вапна, кг/т сталі	Витрата плавикового шпату, кг/т сталі	Витрата навугльцювача, кг/т сталі	Тем-ра поварки, °C	Масова частка сірки в металі, %	Основність шлаку
867/859	-2,5	72,0/71,7	0,80/0,78	4,5/4,25	1612/1610	0,047/0,046	2,48/2,42
867/860	-2,8	71,7/71,5	0,79/0,75	4,2/4,0	1610/1608	0,042/0,042	2,47/2,46
866/862	-3,0	71,85/71,5	0,81/0,79	4,65/3,85	1611/1610	0,041/0,040	2,47/2,48
865/859	-4,1	71,8/71,2	0,79/0,65	4,12/2,25	1612/1605	0,044/0,040	2,51/2,58
865/862	-4,25	72,1/71,5	0,78/0,61	4,87/2,15	1615/1608	0,042/0,039	2,53/2,60
868/862	-4,5	72,0/70,6	0,79/0,60	5,11/2,65	1614/1606	0,044/0,041	2,49/2,61
870/858	-4,5	71,85/71,2	0,81/0,58	4,23/2,11	1610/1608	0,046/0,043	2,45/2,64
867/862	-4,7	71,8/70,9	0,81/0,57	4,78/2,35	1612/1608	0,043/0,040	2,48/2,60
864/859	-5,5	71,6/71,8	0,79/0,81	4,62/3,85	1616/1614	0,046/0,044	2,44/2,47
865/858	-5,5	71,8/71,8	0,78/0,79	4,98/3,97	1612/1610	0,042/0,041	2,45/2,45

Продовження таблиці 1

866/859	-4,85	71,85/70,8	0,80/0,62	5,2/2,53	1610/1605	0,041/0,038	2,58/2,64
865/858	-5,0	72,1/70,9	0,80/0,66	5,15/2,51	1613/1606	0,040/0,038	2,59/2,67
870/857	-5,1	71,8/71,7	0,79/0,75	4,65/2,22	1611/1606	0,042/0,039	2,47/2,50
871/862	-4,25	71,75/71,55	0,80/0,60	4,70/2,15	1612/1609	0,044/0,040	2,42/2,56
869/859	-4,75	72,0/70,85	0,79/0,60	4,67/2,15	1610/1605	0,041/0,037	2,57/2,63
867/861	-4,1	72,1/71,8	0,81/0,65	4,56/2,35	1613/1606	0,042/0,039	2,45/2,58

Аналіз отриманих даних показує, що у всіх плавках використання композиції для оптимізації шлакового режиму киснево-конверторної плавки забезпечує стабільне зниження витрати рідкого чавуна, вапна, плавикового шпату і навугльцювача при хорошому рівні десульфурзації металу. При цьому найбільш помітно ефект застосування композиції виявляється при завантаженні приблизно 4,0-5,0кг/т сталі.

Приклад 2

Виплавка сталі в мартенівській печі.

Здійснюють завалку металевих брухт. 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 розплавлення металевих ванн в доведення плавки одночасно з завантаженням на дзе-

рвало металу коригувальної добавки шлакоутворюючих матеріалів (вапна) здійснюють завантаження композиції для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі наступного складу, мас. %:

карбід кремнію SiC	11
оксиди лужноземельних металів K ₂ O+Na ₂ O	2
металевий алюміній Al _{мет}	21
металевий кремній Si _{мет}	5
оксид алюмінію Al ₂ O ₃	61

Компоненти композиції, що завантажуються, мають вологість близько 1,5% при наступному фракційному складі:

20,0мм і менше	92,5%
більш 20,0мм	решта

Кількість композиції, що завантажуються, варіювали з розрахунку 0,95-2,23кг/т сталі.

Таблиця 2

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 металевих ванн, 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 ви-

робництво сталі. При цьому найбільш помітно ефект застосування композиції виявляється при завантаженні приблизно 1,0 - 2,0кг/т сталі.

Приклад 3

Виплавка сталі в електродуговій печі.

Здійснюють завалку металошхти і введення шлакоутворюючих матеріалів, в якості яких вводиться розрахункова кількість вапна і плавикового шпату. Після завалки здійснюють плавлення, після чого здійснюють окисний, а потім рафінувальний періоди плавки. При цьому, у рафінувальний пері-

од плавки на дзеркало металу в електродугову піч, разом з вапном, подають композицію для оптимізації шлакового режиму доведення сталі до необхідної температури і хімічного складу. Зазначена композиція включає, мас. %:

карбід кремнію SiC	8
оксиди лужноземельних металів	2,2
K ₂ O+Na ₂ O	
металевий алюміній Al _{мет}	25
металевий кремній Si _{мет}	5,5
оксид алюмінію Al ₂ O ₃	59,3
Компоненти композиції, що завантажуються,	

мають вологість близько 1,5% при наступному фракційному складі:

20,0мм і менше	92,5%
більш 20,0мм	решта

Після повного розплавлювання всіх компонентів шлакової суміші здійснюються наступні коригувальні заходи згідно з встановленою технологією виплавки сталі в електродугових печах. Далі здійснюють випуск розплаву в сталерозливний ківш.

Кількість композиції, що вводиться, варіювали з розрахунку від 3,12 до 5,26кг/т сталі.

Таблиця 3

Показники використання композиції в рафінувальний період електродугової плавки (чисельник без використання композиції / знаменник з використанням композиції)

Витрати композ., кг/т сталі	Витрати вапна, кг/т сталі	Швидкість нагрівання металу, °C/хв	Основність шлаку	Швидкість десульфурзації, %х10 ⁻³ хв.	Витрати меленого 65% феросиліцію, кг/т сталі	Витрати феромарганцю, кг/т сталі	Тривалість рафінувального періоду, хв.
-/3,12	17,8/17,6	4,72/4,70	2,25/2,32	1,25/1,21	3,8/3,8	5,12/5,25	30/34
-/3,95	16,2/15,8	4,68/4,75	2,32/2,56	1,18/1,16	4,0/3,9	5,25/5,35	35/35
-/5,25	15,6/14,5	4,85/5,15	2,18/2,48	0,95/1,10	4,1/3,9	5,10/5,15	45/36
-/4,45	16,2/12,5	4,95/5,25	2,56/2,78	1,15/2,23	3,8/3,5	5,75/5,05	32/30
-/4,15	17,0/13,0	5,15/5,45	2,34/2,65	1,14/2,02	3,6/3,5	5,65/5,25	30/25
-/4,56	18,2/11,8	4,75/5,70	2,14/2,82	1,23/2,12	3,7/3,6	5,35/5,10	30/28
-/4,57	17,4/12,2	4,85/5,65	2,13/2,78	1,25/2,23	3,8/3,5	5,25/5,11	30/26
-/5,00	16,8/15,3	4,95/5,45	2,15/2,64	1,12/2,21	3,5/3,5	5,12/5,23	32/25
-/4,48	15,5/13,7	5,10/5,70	2,15/2,55	1,08/2,32	3,9/3,4	5,70/5,12	34/25
-/4,46	18,3/14,5	5,15/5,85	2,17/2,65	1,16/2,24	3,7/3,5	5,35/5,18	32/28
-/3,52	17,6/17,6	4,85/4,95	2,36/2,46	1,16/1,10	3,8/3,9	5,15/5,25	34/36
-/4,54	18,9/13,6	4,75/5,45	2,31/2,75	1,16/2,13	3,5/3,2	5,35/5,35	35/26
-/5,26	21,4/17,5	4,85/5,10	2,22/2,56	1,08/1,10	3,8/3,6	5,75/5,55	40/35
-/4,74	16,4/14,5	4,70/5,45	2,24/2,74	1,12/2,20	3,7/3,1	5,65/5,55	35/26
-/4,23	16,7/15,6	5,15/5,10	2,27/2,66	1,13/2,21	3,6/3,5	5,55/5,35	32/25
-/4,55	18,6/13,7	5,20/5,70	2,18/2,87	1,20/2,24	3,7/3,0	5,14/5,25	30/27
-/4,45	19,4/14,6	4,95/5,85	2,11/2,75	1,19/2,23	3,5/3,1	5,31/5,24	36/25
-/5,15	18,7/12,5	4,75/5,15	2,45/2,54	1,21/1,25	3,9/3,9	5,28/5,11	35/29
-/4,46	19,5/12,8	4,70/5,75	2,47/2,88	1,18/2,24	4,1/3,2	5,15/5,05	34/25
-/4,52	18,6/13,1	4,85/5,85	2,35/2,67	1,06/2,21	4,0/3,5	5,35/5,15	38/30
-/4,45	17,5/12,9	5,15/5,70	2,23/2,68	1,09/2,23	3,8/3,4	5,45/5,18	40/26
-/5,15	16,8/16,4	5,20/5,15	2,18/2,75	1,21/2,12	4,2/3,9	5,14/5,08	30/31
-/4,56	17,7/12,8	4,95/5,85	2,25/2,85	1,06/2,32	3,8/3,2	5,65/5,24	38/30

Аналіз отриманих даних показує, що при використанні композиції в рафінувальний період електродугової виплавки сталі досягається збільшення швидкості нагрівання металевої ванни, а також 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 рафінувального періоду плавки в електродуговій печі, зниження витрати кремнієвмісних і марганцевмісних феросплавів, поліпшення якості сталі і зниження витрат на виробництво сталі. При цьому найбільш помітно ефект застосування композиції виявляється при завантаженні приблизно 4,5-5,0кг/т сталі.

Приклад 4

Позапічна обробка сталі.

Здійснюють випуск розплаву зі сталеплавильного агрегату в ківш. У процесі випуску розплаву здійснюють подачу в ківш шлакоутворюючих матеріалів та металургійного вапна. При цьому одночасно з присадкою вапна на дзеркало металу здійснюють завантаження композиції для оптимізації шлакового режиму позапічної обробки сталі в кількості 1,5-3,0кг/т сталі (30-40% маси вапна). Зазначена композиція включає, мас. %:

карбід кремнію SiC	5
оксиди лужноземельних металів	1,5
K ₂ O+Na ₂ O	
металевий алюміній Al _{мет}	20
металевий кремній Si _{мет}	6
оксид алюмінію Al ₂ O ₃	6

Компоненти композиції, що завантажуються, мають вологість близько 1,5% при наступному фракційному складі:

20,0мм і менше	92,5%
більш 20,0мм	решта.

Таким чином, двокомпонентна тверда шлакоутворююча суміш, що включає металургійне вапно і композицію для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі міститься в бункер з феросплавами в першу чергу. Після наповнення сталерозливного ковша металом на 1/7-1/6 його висоти здійснюють присадку феросплавів з бункера, при цьому вапно разом із зазначеною композицією надходить у метал в останню чергу. У випадку механізованої подачі феросплавів у ківш вапно разом із зазначеною композицією подають відразу ж після присадки феросплавів по єдиному тракту. Далі здійснюють продувку розплаву нейтральним газом за встановленою технологією.

Кількість композиції, що вводиться, варіювали з розрахунку від 1,45 до 3,25кг/т сталі (30-40% маси вапна).

Таблиця 4

Показники використання композиції для позапічної обробки сталі в ковші на випуску зі сталеплавильного агрегату (чисельник без використання композиції / знаменник з використанням композиції)

Витрати композиції, кг	Витрати вапна, кг	Витрати плавик. шпату, кг	Витрати кускового алюмінію, кг	Тем-ра металу на випуску, °C	Вміст S до обробки, %	Вміст S після обробки, %	Вилучено S, %
-/145	600/600	200/-	35/-	1650/1646	0,043/0,041	0,037/0,035	0,006/0,006
-/150	600/650	200/-	35/-	1640/1642	0,040/0,032	0,035/0,024	0,005/0,008
-/200	600/600	200/-	35/-	1640/1640	0,042/0,040	0,035/0,025	0,007/0,015
-/250	600/650	200/-	35/-	1640/1645	0,040/0,032	0,035/0,028	0,005/0,004
-/200	650/600	200/-	35/-	1644/1640	0,037/0,035	0,030/0,022	0,007/0,013
-/200	600/600	200/-	40/-	1640/1642	0,042/0,041	0,035/0,028	0,007/0,012
-/250	600/650	200/-	35/-	1648/1645	0,041/0,045	0,035/0,032	0,006/0,013
-/200	650/600	200/-	40/-	1640/1642	0,040/0,040	0,034/0,034	0,006/0,006
-/250	600/700	200/-	40/-	1636/1640	0,035/0,038	0,028/0,020	0,007/0,018
-/200	600/600	200/-	35/-	1648/1645	0,034/0,036	0,030/0,029	0,004/0,007
-/200	650/600	200/-	35/-	1644/1644	0,040/0,044	0,035/0,034	0,005/0,010
-/200	600/600	200/-	35/-	1636/1640	0,036/0,038	0,030/0,030	0,006/0,008
-/200	650/600	200/-	40/-	1648/1645	0,038/0,036	0,032/0,029	0,006/0,007
-/250	600/650	200/-	35/-	1636/1640	0,040/0,040	0,035/0,030	0,005/0,010
-/200	650/600	200/-	40/-	1640/1640	0,040/0,037	0,034/0,020	0,006/0,017
-/250	600/650	200/-	40/-	1644/1642	0,041/0,046	0,035/0,033	0,006/0,013
-/250	600/700	200/-	35/-	1644/1644	0,042/0,040	0,035/0,034	0,007/0,006
-/250	650/700	200/-	35/-	1644/1640	0,035/0,040	0,030/0,024	0,005/0,016
-/250	600/650	200/-	35/-	1640/1640	0,040/0,040	0,034/0,028	0,006/0,012
-/250	650/650	200/-	40/-	1644/1644	0,041/0,038	0,035/0,034	0,006/0,004
-/250	600/650	200/-	35/-	1648/1645	0,045/0,039	0,040/0,030	0,005/0,009
-/200	650/600	200/-	40/-	1640/1640	0,040/0,042	0,035/0,034	0,005/0,008
-/200	600/600	200/-	40/-	1640/1640	0,041/0,035	0,035/0,025	0,006/0,010
-/200	600/600	200/-	35/-	1640/1642	0,040/0,036	0,035/0,027	0,005/0,009
-/250	650/700	200/-	35/-	1640/1642	0,040/0,040	0,034/0,025	0,006/0,015
-/275	650/650	200/-	35/-	1648/1645	0,041/0,040	0,033/0,024	0,008/0,016
-/300	650/700	200/-	40/-	1640/1640	0,045/0,040	0,036/0,028	0,009/0,012
-/325	600/650	200/-	35/-	1640/1642	0,043/0,041	0,037/0,034	0,006/0,007

Аналіз отриманих даних показує, що при використанні композиції в складі шлакоутворюючої суміші для позапічної обробки сталі в ковші на випуску плавки зі сталеплавильного агрегату досягається значне, у порівнянні з традиційними шлакоутворюючими сумішами, збільшення ступеня десульфурзації металу. Включення до складу шлакоутворюючої суміші заявленої композиції, за інших рівних умов позапічної обробки сталі в сталерозливному ковші, сприятливо впливає на зниження масової частки сірки в металі, що, при виконанні усіх вимог щодо параметрів композиції і оптимальній її витраті в межах, що заявляються, забезпечує зниження витрати плавикового шпату і кускового алюмінію, поліпшення якості сталі і зниження витрат на виробництво сталі. При цьому найбільш помітно ефект застосування композиції виявляється при завантаженні приблизно 1,5 - 3,0кг/т сталі (30 - 40% маси вапна).

Приклад 5. Позапічна обробка сталі на установках типу «ківш-піч».

Здійснюють випуск розплаву з печі в ківш, після чого здійснюють подачу в ківш у процесі випуску розплаву шлакоутворюючих матеріалів. Надалі,

після доставки ковша з металом на установку для позапічної обробки сталі одночасно з присадкою вапна на дзеркало металу вручну (чи механізованим способом) здійснюють завантаження композиції для оптимізації шлакового режиму позапічної обробки сталі в кількості 1,5-3,0кг/т сталі. При цьому зазначена композиція включає, мас. %:

карбід кремнію SiC 8
оксиди лужноземельних металів 1,7
 K_2O+Na_2O

металевий алюміній Al_{met} 22
металевий кремній Si_{met} 5,8
оксид алюмінію Al_2O_3 62,5

Компоненти композиції, що завантажуються, мають наступний фракційний склад:

20,0мм і менше 92,5%
більш 20,0мм решта.

Після повного розплавлення всіх компонентів шлакової суміші здійснюються подальші коригувальні заходи згідно встановленої технології позапічної обробки сталі на установках типу «ківш-піч».

Кількість композиції, що подається, варіювали з розрахунку 1,5-3,0кг/т сталі.

Таблиця 5

Показники використання композиції для позапічної обробки сталі
на установці типу «ківш-піч» (чисельник без використання композиції/знаменник з використанням композиції)

Витрати композиції, кг/т сталі	Витрати вапна, кг/т сталі	Витрати плавикового шпату, кг/т сталі	Основність шлаку	Швидкість нагрівання металу, °C/хв..	Швидкість десульфурації, %х10 ⁻⁴ /хв.	Масова частка в шлаку Fe+Mn, %	Тривалість позапічної обробки, хв.
-2,12	14,8/11,6	0,12/-	2,55/2,62	3,72/3,70	4,25/5,21	2,8/1,8	45/36
-1,95	12,2/11,8	0,15/-	2,62/2,66	3,68/3,75	4,18/5,16	2,0/1,9	47/38
-2,25	15,6/10,5	0,20/-	2,48/2,68	3,85/4,15	3,95/5,10	3,1/1,9	52/36
-2,45	14,2/11,5	0,18/-	2,56/2,78	3,95/4,25	4,15/5,23	2,8/1,5	50/40
-2,15	13,0/11,0	0,11/-	2,64/2,65	3,15/3,45	4,14/5,02	2,6/1,5	45/35
-2,56	14,2/10,8	0,16/-	2,64/2,82	3,75/3,70	4,23/5,12	2,7/1,6	46/48
-2,97	13,4/10,2	0,24/-	2,53/2,78	3,85/3,65	4,25/5,23	2,8/1,5	46/36
-3,00	12,8/9,8	0,24/-	2,55/2,8	3,90/3,60	4,18/5,22	2,9/1,5	45/35
-2,0	14,8/11,3	0,24/-	2,65/2,64	3,95/3,45	4,12/5,21	2,5/1,5	52/35
-1,48	13,5/10,7	0,15/-	2,75/2,65	3,10/3,70	4,08/5,32	2,9/1,4	48/45
-2,46	14,3/9,5	0,12/-	2,67/2,65	3,15/3,85	4,16/5,24	2,7/1,5	50/48
-1,52	14,6/10,6	0,11/-	2,66/2,66	3,85/3,95	4,16/5,10	2,8/1,9	51/46
-1,54	15,9/10,6	0,14/-	2,51/2,75	3,75/3,45	4,16/5,13	2,5/1,2	52/46
-2,26	14,4/9,5	0,15/-	2,52/2,56	3,85/3,10	4,08/5,10	2,8/1,6	50/45
-1,74	13,4/10,5	0,10/-	2,64/2,74	3,70/3,45	4,12/5,20	2,7/1,1	48/46
-2,23	14,7/10,6	0,25/-	2,67/2,66	3,15/4,10	4,13/5,21	2,6/1,5	50/45
-1,55	12,6/10,7	0,16/-	2,68/2,87	3,20/3,70	4,20/5,24	2,7/1,0	48/47
-2,45	13,4/9,6	0,11/-	2,61/2,75	3,95/3,85	4,19/5,23	2,5/1,1	46/45
-2,15	14,7/10,5	0,14/-	2,55/2,64	3,75/4,15	4,21/5,25	2,9/1,9	45/39
-2,46	15,5/10,8	0,15/-	2,67/2,78	3,70/3,75	4,18/5,24	3,1/1,2	44/35
-1,52	16,6/13,1	0,24/-	2,65/2,67	3,85/3,85	4,06/5,21	2,0/1,5	48/40
-1,45	14,5/12,9	0,16/-	2,63/2,68	3,15/3,70	4,09/5,23	2,8/1,4	50/46
-2,15	13,8/12,4	0,17/-	2,68/2,75	3,20/4,15	4,21/5,12	3,2/1,9	48/41
-1,56	14,7/12,8	0,24/-	2,65/2,85	3,95/3,85	4,06/5,32	2,8/1,2	50/40

Аналіз отриманих даних показує, що при використанні композиції в складі шлакоутворюючих матеріалів для позапічної обробки сталі на установці типу «ківш-піч» досягається значне, у порівнянні з традиційними шлакоутворюючими сумішами, збільшення ступеня десульфурації металу. Використання в складі шлакоутворюючих матеріалів заявленої композиції, за інших рівних умов позапічної обробки сталі на установці типу «ківш-піч», сприятливо впливає на зниження масової частки сірки в металі, що, при виконанні усіх вимог щодо параметрів композиції і оптимальній її витраті в межах, що заявляються, забезпечує виключення застосування плавикового шпату, скорочення тривалості обробки, поліпшення якості сталі і зниження витрат на виробництво сталі. При цьому найбільш помітно ефект застосування компо-

зиції виявляється при завантаженні приблизно 1,5-3,0кг/т сталі.

Таким чином, композиція для оптимізації шлакового режиму виплавки сталі, що заявляється, забезпечує оптимізацію хімічного складу і підвищення рафінувального потенціалу шлакової фази за рахунок прискорення активізації основних хімічних компонентів шлакового розплаву, а також більш швидкого формування активної шлакової фази з заданими властивостями.

Крім того, корисна модель дозволяє підвищити ефективність виплавки сталі при киснево-конверторній виплавці сталі, виплавці сталі в мартенівській печі, електродуговому способі виплавки сталі, при позапічній обробці сталі, у тому числі в ковші та в установках типу «ківш-піч».